

# ANALISIS MODEL AKUISISI DATA TERHADAP PIRANTI ANALOG TO DIGITAL (ADC)

*Eddy Nurraharjo*

**Abstract** - Konsep pengembangan teknik pendeteksian besaran elektronis atau fisis dengan pemrograman bahasa tingkat tinggi (dalam kesempatan ini penggunaan Borland Delphi) untuk piranti lunak senantiasa mengacu pada perantara sistem pengamatan akuisisi data dalam operasi kendali terpadu terapan digital mikro sebagai pengubah bentuk data secara visual dari sebuah sensor atau transducer sebagai mata rantai paling ujung bagi sistem kendali. Penggunaan file perantaranya yaitu hwinterface.ocx serta inpout32.dll menjadi penentu sekaligus mediator bagi pemrogramannya. Untuk itu pada kesempatan penulisan kali ini kami tim penulis akan melakukan analisis Model Akuisisi Data Terhadap Piranti Analog to Digital Converter (ADC) 0804. ADC0804 dengan menggunakan Borland Delphi, yang menjadi dasar pemikiran karena keunikannya dalam memberikan keluaran 8 bit data olahan dan kemampuannya dalam mode *free running*, sehingga diharapkan mampu mendeteksi lebih jauh besaran elektronis maupun fisis yang akan diamati dan memberikan data awal olahan yang akurat dan presisi..

*Keywords* — ADC, akuisisi data

## 1. PENDAHULUAN

Dunia perkembangan teknologi elektronika khususnya dalam pengembangan teknologi kendali mikro, yang dikemas dalam sebuah keping rangkaian terpadu, mengakibatkan mikrokontroler sebagai pemberi warna unik dalam sistem otomasi dan memiliki keunggulan tersendiri dibandingkan dengan teknologi sekelasnya. Perkembangan ini didukung pula oleh tingkat kebutuhan bagi industri untuk menggantikan sistem analog yang dimilikinya dengan sistem yang dianggapnya baru guna memberikan perbaikan atas kekurangan sistem analog. Produsen mikrokontroler pun telah bermunculan serta berupaya meningkatkan produksi hingga terdapat beberapa perusahaan seperti ATMEL, HITACHI, dan lain sebagainya.

Sistem digital tak dapat sepenuhnya lepas dari sistem analog, hal ini dibuktikan dengan penggunaan aplikasi elektronika dengan konsumsi daya yang besar dan bersifat periodik masih menggunakan

komponen-komponen klasik seperti transistor. Namun dengan berbagai kekurangan atas sistem elektronika analog ini mengakibatkan peranan sistem digital menjadi sangat relevan dan memiliki kedudukan yang tidak dapat diabaikan dalam sistem analog. Dalam sebuah sistem digital, sistem ini mampu menangani kinerja dari ribuan bahkan hingga jutaan transistor yang memiliki sistem dengan prinsip yang lebih baik dan stabil.

Kaitannya dengan sistem analog yang lebih diperankan dalam sebuah sensor ataupun transducer sebagai mata rantai paling ujung dalam suatu sistem kendali memiliki karakteristik yang unik mulai dari proses pembuatan hingga menjadikannya sebagai komponen jadi atas suatu perangkat elektronis terpadu yang canggih. Pendeteksian besaran elektronis maupun fisis mutlak diperlukan dan diperhatikan sebagai susunan data terpadu yang diharapkan mampu memberikan data awal olahan dalam suatu proses deteksi akurat dan presisi. Pemodelan yang terpadu dan sistematis dengan dasar matematis mampu memberikan data siap olah untuk selanjutnya diproses oleh komputer sebagai data olahan lebih lanjut. Perolehan data dalam bentuk digital ini memerlukan suatu "mata" yang sanggup melihat dan mengamati perubahan yang sebenarnya terjadi.

Untuk itu dalam hal ini diperlukan sistem akuisisi data yang akurat dalam suatu sistem kendali terpadu, keunggulan atas sistem terpadu menjadi lebih "cerdas" diawali dengan akuisisi data analog dari sisi pengaturan sistemnya. Kunci utama dalam pemrosesan ini tidak lepas dari karakteristik unik dari unit pengubah atau pengkonversi besaran analog menjadi besaran digital.

Masalah yang mungkin timbul adalah tidak semua sistem analog klasik mampu ditangani dengan sistem digital modern, atau dengan kata lain sistem digital hanya terbatas untuk pengganti sistem analog tertentu saja karena perbedaan kedua sifat dan perilaku terhadap sistem utamanya. Berbagai faktor non teknis pun masih memerlukan pertimbangan tersendiri bagi pengguna produk digital tersebut.

Mata rantai yang tak lepas dari sistem kendali adalah rangkaian sensor, dimana rangkaian ini menjadi ujung tombak penentu awal terhadap suatu eksekusi program at:

bagi perancang sistem kendali. Namun demikian sensor itu sendiri tidak dengan serta merta dapat langsung berkomunikasi dengan mikrokontroler melainkan dengan bantuan seperangkat antarmuka yang akan menjembatani besaran listrik yang dihasilkan dari sensor untuk dikondisikan terhadap terminal masukan sistem kendali mikro (*signal conditioning*). Penyesuaian ini diperlukan beberapa trik dan tips tersendiri sehingga linieritas sistem dapat terwujud diiringi dengan pendekatan idealnya terhadap perubahan masukan.

Berdasarkan pada laju perkembangan teknologi elektronika dan terbukanya peluang untuk rekayasa sistem aplikatif mikrokontroler, maka penulis memberikan bobot pandangan tersendiri terhadap beberapa permasalahan yang menyangkut hal pengaturan antarmuka dalam sebuah diantaranya adalah diperlukannya sebuah elemen sistem yaitu serangkaian komponen elektronika dalam wujud antarmuka universal. Beberapa permasalahan yang tidak kalah pentingnya dalam rancang bangun sistem kendali mikrokontroler adalah pada rangkaian penyesuaian sinyal yang dihasilkan dari sensor atau biasa disebut rangkaian pengkondisi sinyal (*signal conditioning circuit*), disamping teknik konversi terhadap besaran analog menjadi besaran digital. Hal ini diperlukan guna memberikan pendekatan terbaik terhadap perubahan data sesuai dengan variabel yang diperlukan oleh sistem kendali dalam memberikan keputusan akhir atau eksekusi program.

## 2. PEMBAHASAN DAN ANALISA

### a. Dasar Pemrograman Instrumentasi Sistem

Sebuah proses industri yang besar pasti akan memerlukan suatu kondisi atau persyaratan khusus seperti ketelitian, kestabilan dalam jangka waktu tertentu, suatu nilai tertentu pula serta perbandingan yang tetap terhadap suatu keluaran dan keterlibatan suatu besaran terhadap fungsi pada besaran lainnya. Dalam hal ini jelas diperlukan tidak hanya dalam hal pengukuran saja akan tetapi juga memerlukan suatu pengontrolan agar syarat-syarat tersebut dapat terpenuhi. Karena alasan inilah diperkenalkan suatu sistem pengontrolan, sistem kontrol, teknik pengaturan atau sistem kendali.

#### 1) Sistem Akuisisi Data Terminal Komputer

Pemindai awal suatu sistem kendali memiliki rangkaian terdepan sekaligus sebagai elemen pengukuran atas suatu keadaan atau kondisi fisis yang akan diamati. Elemen ini nantinya berperan untuk memberikan konversi awal terhadap perubahan yang diamati menjadi suatu besaran atau nilai-nilai yang akan digunakan atau akan dianalisa hingga dapat dikondisikan sebagai besaran masukan bagi sistem kendali terprogram untuk menentukan keputusan atau eksekusi terhadap tindakan yang

diperlukan untuk memenuhi kondisi yang diinginkan dari sistem secara keseluruhannya.

Beberapa teknik pengenalan besaran fisis telah dikembangkan dan diterapkan dalam dunia industri sebagai lingkungan penggunaannya secara umum. Transducer atau sensor memposisikan diri dalam perannya seperti pendeteksian suhu, cahaya, kecepatan, tekanan, gerak dan lain sebagainya. Contoh dalam keseharian kita adalah pada alat pemutus-penghubung arus yang dipasang pada instalasi listrik rumah. Alat ini dikenal dengan nama sekering. Selanjutnya dalam perkembangannya menggunakan jenis logam (bimetal) yang disebut *circuit breaker* (CB). Jika sekering bimetal ini diberikan arus yang berlebih, maka akan memutuskan hubungan kontak melalui saklar atau sekering tersebut. Hal ini disebabkan adanya aliran arus listrik berlebih yang mengakibatkan panas yang berlebihan pula sehingga seolah-olah akan seperti saklar yang terbuka. Dalam hal ini yang terjadi adalah pengukuran terhadap aliran arus, membandingkan terhadap kapasitas maksimumnya serta kemudian melakukan koreksi dengan cara pemutusan arus. Hal ini terjadi secara otomatis. Sifat bahan terhadap perubahan fisis mampu menjadikan bukti akan suatu sistem pengendalian yang praktis dan ekonomis, seperti contoh di atas.

Namun beberapa permasalahan timbul dalam menganalisa sistem manual atau sistem klasik ini adalah mungkin disebabkan oleh hal hal berikut yang diantaranya erat kaitannya dengan :

1. ketepatan nilai pengukuran
2. kemampuan pengendalian dengan melibatkan sejumlah besaran variabel yang lain secara bersamaan
3. ketelitian terhadap eksekusi kejadian
4. penempatan operator
5. waktu atau kecepatan yang diperlukan untuk solusi cepatnya
6. dan lain sebagainya

Dengan beberapa permasalahan penting tersebut, maka dengan sendirinya proses sistem akan menjadi sulit dikendalikan walaupun dengan bantuan operator. Dalam hal-hal seperti inilah yaitu ketepatan (presisi) tertentu memerlukan konsep pengontrolan secara otomatis.

Perkembangan dunia elektronika dalam kaitannya dengan sistem pengaturan atau lebih dikenal dengan sistem kendali terpadu memiliki peranan yang sangat strategis sebagai unit bantu utama bagi sistem mekanis dan elektrik yang berkembang lebih dahulu. Pengaturan klasik yang juga merupakan sistem kendali analog dengan operasi manual dan bantuan mutlak manusia. Manusia yang dalam hal ini berfungsi sebagai operator sekaligus

keterbatasan tertentu hingga kemungkinan terjadi kesalahan pengambilan data dan pengambilan keputusan dapat terjadi. Kesalahan ini mungkin tidak terlalu diperhatikan bagi sistem yang memiliki toleransi terhadap kesalahan yang besar, namun akan lain halnya dengan sistem yang memerlukan integritas dan kestabilan serta keakurasian yang tinggi sehingga diperlukan sistem piranti yang mampu mengeliminasi kesalahan operator. Walaupun demikian elemen operator (*human*) disini masih mutlak diperlukan sebagai elemen pengawasan tertinggi dan menentukan operasi terhadap 'kebijakan' sistem.

Sistem kendali klasik sebagai pendahulu sistem kendali modern masih menjanjikan sistem yang cukup stabil. Beberapa unit dalam suatu sistem industri tidak lepas dari penggunaannya.

### b. Pengantar Sistem Akuisisi Data

Salah satu komponen penting dalam sistem akuisisi data adalah pengubah besaran analog ke digital atau disebut juga ADC (Analog to Digital Converter). Pengubah ini akan mengubah besaran-besaran analog menjadi bilangan-bilangan digital sehingga bisa diproses dengan komputer. Peranan pengubah ini menjadi semakin penting karena sekarang sudah bisa didapatkan komputer-komputer yang "real time". Perubahan-perubahan satuan fisis bisa dengan cepat ditanggapi oleh mikrokontroler.

Contoh aplikasi ADC ini bisa kita lihat misalnya pada voltmeter digital, *sampling* suara dengan komputer, sehingga suara dapat disimpan secara digital dalam disket, dan kamera digital. Konsep pengubah analog ke digital ini adalah *sampling* (mengambil contoh dalam waktu tertentu) kemudian mewakilinya dengan bilangan digital dengan batas yang sudah diberikan.

#### 1) Parameter ADC

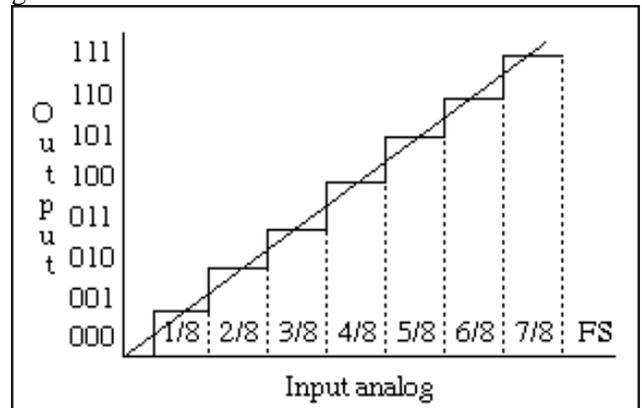
Kuantitas penting dalam ADC adalah rentang tegangan terkecil yang tidak dapat mengubah hasil konversi. Rentang tegangan ini sering disebut dengan *Minimal Representable Voltage* (MRV) atau LSB.

$$MRV = LSB = FS / 2^n$$

dimana LSB menunjukkan nilai analog dari suatu *Least Significant Bit* (LSB), dan FS (*Full Scale*) adalah nilai maksimum dari tegangan referensi. Karena semua tegangan dalam jangkauan ini diwakili oleh bilangan biner yang sama, maka akan terdapat ketidakpastian konversi sebesar  $\pm$  LSB untuk setiap pengubahan. Masalah ini dapat dikurangi dengan menambah jumlah bit pada output pengubah.

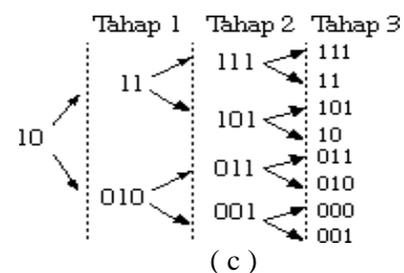
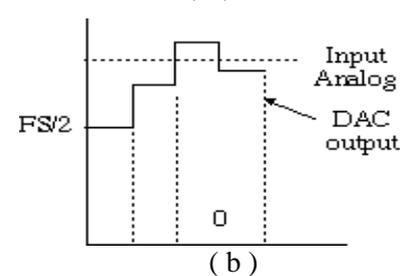
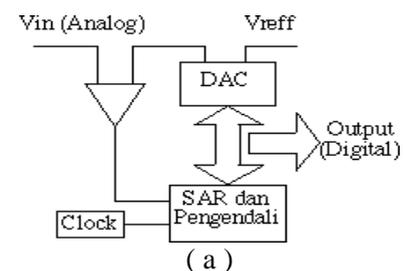
Output maksimum suatu ADC tidak berada pada nilai FS akan tetapi pada  $7/8$  FS. Misalkan sebuah ADC 3 bit ideal, akan mempunyai LSB sebesar  $1/8$  FS. Jangkauan input akan

dikuantisasi pada delapan tingkat dari 0 sampai  $7/8$  kali FS. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Jangkauan Input ADC

Terdapat berbagai cara mengubah sinyal analog ke digital, dalam pekerjaan ini dipakai metode pendekatan berturutan atau *successive approximation*. Karena ADC dengan jenis ini sudah banyak di pasaran dalam bentuk *chip* sehingga mempermudah pemakaian. Metode ini didasari pada pendekatan sinyal input dengan kode biner dan kemudian berturut-turut memperbaiki pendekatan ini untuk setiap bit pada kode sampai didapatkan pendekatan yang paling baik. Untuk menyimpan kode biner pada setiap tahapan dalam proses digunakan *Successive Approximation Register* (SAR).



Gambar 2. Konversi ADC 3 bit

Penjelasan gambar di atas adalah diagram langkah pengubahan untuk 3 bit SA-ADC. Konversi diawali dari *most significant bit* (MSB) diset tinggi, ini identik dengan memperkirakan nilai input adalah FS. Komparator akan membandingkan output DAC dengan tegangan input dan memerintahkan pengendali untuk mematikan MSB jika perkiraan mula-mula ternyata lebih besar dari tegangan input. Pada periode clock selanjutnya pengendali menyalakan MSB berikutnya, kemudian kembali membandingkan output dari DAC dengan sinyal input. Proses ini terus diulang sampai pada LSB. Setelah sampai pada tahap ini nilai konversi yang berada pada SAR adalah pendekatan yang terbaik dari sinyal input. Dalam proses ini diambil asumsi bahwa sinyal input konstan selama konversi.

## 2) Tinjauan Model Pengubah Analog ke Digital

### a) Resolusi

Resolusi dari suatu pengkonversian menandakan jumlah nilai diskrit yang dapat dihasilkan dari proses pengkonversian, yang biasanya dinyatakan dalam bit. Sebagai contoh, sebuah ADC yang mengkodekan sebuah masukan sinyal analog menjadi 256 nilai diskrit, sehingga resolusi dari 8 bitnya adalah  $2^8 = 256$ .

### b) Tipe respon/tanggapan sistem.

Pada umumnya, kebanyakan ADC adalah linier, sehingga dapat diartikan bahwa ADC dirancang untuk menghasilkan nilai fungsi keluaran yang linier dan proposional. Namun dalam beberapa tipe ADC juga memiliki sifat yang logaritmis, sehingga umumnya digunakan dalam sistem telekomunikasi dimana amplitudo dari sinyal keluaran memiliki rentang nilai yang cukup besar. ADC logaritmis akan mengkompresi sinyal masukan menjadi sejumlah bit-bit yang lebih sedikit dibandingkan dengan ADC linier dengan karakteristik masukan yang memiliki rentang masukan dan resolusi yang sama.

### c) Akurasi.

Keakuratan tergantung pengaruh kesalahan saat proses pengkonversian. Seandainya sebuah ADC tidak mengalami kerusakan, maka kesalahan yang muncul akan memiliki 2 kemungkinan kesalahan yaitu kesalahan kuantisasi dan ketidaklinieran (terhadap ADC linier). Kesalahan yang terjadi saat pengukuran pada nilai LSB juga dimungkinkan dan kesalahan salah satu LSB adalah  $1/256$  dari rentang penuh sinyalnya (full signal range), atau kira-kira 0,4 persen. Kesalahan kuantisasi akan mempengaruhi batasan resolusi dari ADC, dan hal ini tidak dapat dihindari pada hampir semua tipe ADC. Magnitudo dari kesalahan kuantisasi pada proses pengambilan secara cepat (sampling) muncul antara nilai nol hingga setengah nilai LSBnya. Semua ADC disebabkan oleh bentuk

yang tidak sempurna, yang menyebabkan keluarannya menyimpang dari sebuah fungsi linier. (atau pada beberapa fungsi yang lain ADC yang non linier) dari masukannya. Kesalahan ini dapat mempengaruhi kalibrasi sistem yang dapat mengganggu proses pengujian nilai sinyal. Parameter yang dikenal dalam linieritas sistem ADC adalah integral non linieritas dan diferensial non integral.

### d) Pengambilan data secara cepat (sampling rate).

Sinyal analog memiliki karakteristik yang senantiasa berulang terhadap waktu dan biasanya diperlukan ADC untuk mengkonversinya menjadi sederetan nilai digital, serta diperlukannya suatu pendefinisian nilai rata-rata dari nilai digital yang timbul akibat dan pengkonversian sinyal analog yang diambil sebelumnya (sampling). Nilai rata-rata ini merupakan nilai rata-rata pengambilan data tersebut (sampling rate) dari proses pengkonversian. Hampir semua ADC memiliki kriteria beban dari nilai kesalahan atas ketidaklinieran nilai fisis yang mengganggu, yang menyebabkan nilai keluaran yang menyimpang dari sebuah fungsi yang linier terhadap keluarannya. Hal ini kadang disebabkan oleh kesalahan kalibrasi dalam pengukuran masukan. Dasar pemikirannya adalah sebuah sinyal yang kontinyu memiliki beragam keterbatasan pita sinyal (bandlimited) yang dapat diambil contoh sinyalnya sampled) (termasuk interval waktu sinyal (T), waktu pengambilan contoh (sampling time) yang diukur dan kemudian disimpan). Kemudian sinyal asli akan dihasilkan dalam sebuah nilai diskrit sinyal berdasarkan rumus interpolasi sinyal. Keakuratan menjadi terbatas sehubungan dengan kesalahan kuantisasi sinyal. Bagaimanapun kekurangan ini terjadi jika rata-rata pengambilan contoh sinyal ini lebih tinggi dari dua kali frekuensi sinyal aslinya. Untuk itu perlu kiranya menggunakan teorema Shannon-Nyquist. Saat pengkonversian ADC tidak segera dilakukan terhadap perubahan sinyal masukan, nilai masukan harus ditahan dengan jeda waktu tertentu yang akan menghasilkan bentuk pengkonversian tertentu (disebut juga waktu pengkonversian). Sebuah rangkaian masukan biasanya disebut dengan sample and hold, dengan menggunakan kapasitor untuk menyimpan tegangan analog masukan dan menggunakan saklar elektronik atau gerbang untuk memutus hubungan kapasitor masukan. Beberapa ADC merupakan rangkaian terpadu yang memiliki sub *sample and hold* di dalamnya.

### e) Alias.

Semua ADC bekerja dengan pedoman pengambilan data masukannya pada awal waktu terpisah. Keluaran

gambaran yang tidak sempurna\_ terhadap perilaku masukannya. Tidak ada dasar pemikiran pengetahuan, terhadap keadaan pada keluaran, apa yang terjadi pada masukan dalam sekejap/satu saat tertentu terhadap proses pengambilan data awal dan yang berikutnya. Jika masukan yang diketahui untuk diubah sedemikian rupa dengan membandingkannya pada tingkatan nilai pengambilan data, kemudian masukan itu dapat dianggap sebagai nilai data sinyal atau isyarat antara dua data dalam sekejap/saat tertentu. Bagaimanapun sinyal atau isyarat masukan berubah sangat cepat dan dibandingkan dengan tingkatan pengambilan data, sehingga nilai asumsi ini dapat menjadi tidak valid. Jika nilai digital yang dihasilkan oleh ADC adalah (pada beberapa langkah kemudiannya di (dalam) system) mengkonversi kembali ke nilai-nilai analog oleh suatu digital ke konverter analog atau DAC, dan jika hal ini diinginkan pada keluaran sehubungan dengan keluaran DAC merupakan suatu penunjukan data yang sesuai dengan sinyal atau isyarat yang sebenarnya pada masukan datanya. Jika isyarat masukan berubah lebih cepat daripada tingkat nilai rata-rata pengambilan data sample yang ada, kemudian hal ini dapat diabaikan, dan isyarat palsu ini disebut sebagai sinyal alias yang akan dihasilkan pada keluaran DAC itu. Masalah inilah yang disebut alias. Untuk mencegah hal itu, masukan ADC hendaknya difilter atau disaring :lebih dahulu untuk menghindari perubahan yang lebih cepat dibandingkan dengan bila rata-rata pengambilan sample sinyal masukannya. Filter ini dikenal dengan filter anti alias yang sering digunakan dalam pemrosesan sistem ADC.

### c. Struktur Analog to Digital Converter.

Prinsip untuk memberikan implementasi terhadap ADC secara elektronika pada umumnya memiliki empat kemungkinan model strukturnya yaitu :

#### 1) FLASH ADC atau konversi ADC secara langsung.

Memiliki sebuah komparator/pembanding terhadap nilai awal untuk tiap-tiap tegangan yang terkode dalam suatu besaran dan batasan tertentu. Kecepatan komparator ini terhadap sebuah rangkaian logika merupakan kecepatan untuk menghasilkan kode tertentu dari besaran tegangan pada batasan tertentu. Pengkonversian secara langsung pada umumnya memiliki kecepatan yang tinggi, tetapi biasanya hanya memiliki resolusi maksimal 8 bit (256 komparator). ADC tipe ini memiliki bentuk yang besar dengan kapasitansi masukan yang tinggi, serta mampu mengurangi atau menekan pengaruhnya pada hasil pada nilai keluarannya (dengan mengeluarkan sebuah urutan kode berderet). Biasanya penggunaan ADC ini pada

pemrosesan sinyal video atau pemrosesan sinyal dengan kecepatan tinggi.

#### 2) Pendekatan-succesive ADC,

Menggunakan sebuah komparator untuk mengkonversi tegangan, walaupun kadang penyelesaiannya hingga ke batasan terakhir sebuah sinyal tegangan. Sebagai contoh, pembandingan pertama mungkin akan segera memutuskan nilai MSB dari keluaran, dan selanjutnya akan membandingkan dengan memutuskan hasil pada MSB berikutnya pada keluaran, dan seterusnya. Hal ini biasa disebut dengan bobot pengkonversian. ADC untuk tipe ini memiliki kecepatan konversi yang tinggi, dan memiliki resolusi yang baik dan batasan yang cukup luas. ADC ini lebih kompleks dari beberapa desain tipe ADC yang lainnya.

#### 3) ADC terkode delta

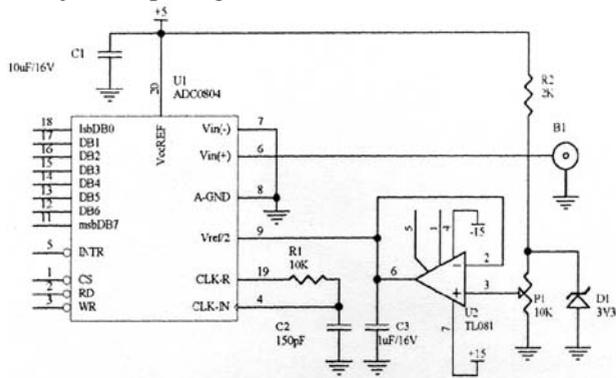
Memiliki pencacah naik dan turun yang dibutuhkan untuk pengkonversian data digital ke analog (DAC). Sinyal masukan dan DAC masing-masing akan dialihkan kepada sebuah komparator / pembanding. Komparator ini akan mengendalikan pencacah. Rangkaian ini biasanya menggunakan umpan balik negatif dari komparator guna mengatur pencacahan hingga keluaran DAC cukup sesuai dengan sinyal masukan. Sederetan angka akan dibaca dari pencacah tersebut. Pengkonversian delta memiliki batasan yang cukup besar, dan memiliki resolusi yang tinggi, tetapi waktu pengkonversiannya tergantung pada tingkat sinyal masukan yang sering juga memiliki tingkat kesalahan yang tinggi. Pengkonversian delta merupakan pilihan terbaik saat digunakan untuk membaca sinyal sesungguhnya. Kebanyakan sinyal dari sistem secara fisis tidak mengalami perubahan yang mencolok. Beberapa pengkonversian mengkombinasikan delta dan pendekatan succesive, khususnya pada penggunaan sinyal dengan frekuensi tinggi dengan magnitudo yang kecil!

#### 4) ADC pembanding berundak (ramp-compare ADC)

Biasanya juga disebut sebagai ADC yang mengintegrasikan, dua lereng (dual-slope) atau multi lereng (multi-slope) yang menghasilkan sinyal gigi gergaji dan berundak naik, yang memiliki lereng yang sangat curam untuk ke nilai nolnya.

Sebenarnya rangkaian pengubah analog ke digital dapat dibuat dengan memakai komponen-komponen terpisah, akan tetapi ini akan memakan tempat dan kelinierannya pun tidak bagus. Karena itu dipilih pengubah dalam bentuk IC (Integrated Circuit) yang sudah ada dipasaran. Dari berbagai buku data ternyata didapatkan komponen dengan tipe ADC0804. Komponen ini memakai metode pendekatan berturutan dan hanya memerlukan sedikit komponen

pengubah analog ke digital berdasarkan IC ini ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3. Rangkaian ADC

OpAmp U2 dan komponen sekitarnya berfungsi sebagai sumber tegangan referensi bagi IC ADC0804. Tegangan referensi ini diset pada 2,5 volt dengan variabel resistor P1. Semua proses konversi dilaksanakan di dalam ADC0804. Input dengan batas tegangan antara 0 sampai 5 volt diberikan di kaki nomor 6. R1 dan C2 adalah komponen luar osilator yang dipakai oleh IC. Kaki CS dan RD dihubungkan ke ground. ADC dioperasikan dalam *mode free running* dengan menghubungkan kaki WR dan kaki INTR. Untuk meyakinkan mode ini berjalan dengan baik hubungan kaki WR dan INTR ini harus dihubungkan dengan *ground* sesaat dengan memakai saklar digital.

### 3. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penulisan yang telah dilakukan memberikan beberapa kesimpulan sebagai dasar teori dan keilmuan sebagai berikut :

1. Analog to Digital Converter memiliki peranan dalam mengkondisikan sinyal listrik keluaran dari sensor yang akan digunakan oleh sistem kendali mikro, terbukti dengan adanya linieritas yang baik dan kestabilan sistem.
2. Analog to Digital Converter memiliki karakteristik yang mampu memberikan pendekatan terbaik pada sebuah besaran yang akan diamati dengan menentukan terlebih dahulu model system akuisisi datanya.
3. Sistem akuisisi data akan lebih memiliki daya guna saat desain modelnya menggunakan perantara pemrograman bahasa tingkat tinggi sebagai pengolahan visualnya seperti Visual Basic, Borland Delphi dan lain sebagainya.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Eddy Nur Raharjo, Sarita Yuniarti Hanum, Veronica Lusiana, Wiwien Hadi Kurniawati, 2002, **Laporan Penelitian berjudul Pendeteksi dan Penghitung Detak Jantung**, Semarang

2. Jazuri, 2005, **Laporan Tugas Akhir berjudul Simulasi Penampakan Sinar Matahari Menggunakan IC AT89S51/52**, Semarang
3. Lukman Pranowo, 2006, **Laporan Tugas Akhir berjudul Simulasi Sistem Kendali Pengaturan Kecepatan Motor Berdasarkan Perubahan Warna**, Semarang
4. Nanang Ragil Pamungkas, 2005, **Laporan Tugas Akhir berjudul Robot Pengikut Garis Menggunakan LDR**, Semarang
5. Pujo Utomo, 2005, **Laporan Tugas Akhir berjudul Pendeteksi Suhu dengan Menggunakan Mikrokontroler dan Termokopel**, Semarang
6. Ronald J. Tocci, **Digital System Principle and Application**, Sixth Edition, Prentice Hall International Edition.
7. Zuly Budiarmo, Eddy Nur Raharjo, Veronica Lusiana, 2006, **Laporan Penelitian berjudul Sistem Kendali Terpadu dengan Menggunakan Metode Octal Bus Transceiver with Non Inverting 3 State Output**, Semarang