

Perangkat Pembacaan Data Analog Peralatan Industri Dengan Komunikasi Standard RS-485

Stephanus Budi Sutikno, Muhammad Aswin, Mochammad Rusli

Abstrak— Perekaman data-data parameter atau variabel di perangkat kendali jaring tertutup di industri dapat dilakukan dengan berbagai macam cara. Dengan menggunakan programmbale Logic controller (PLC), perekaman data-data parameter berbasis waktu telah dilakukan. Namun keterbatasan memori PLC mempersulit pembacaan dan meningkatkan biaya perekaman. Perekaman dngan pena bergerak di industri, juga sering ditemui. Kelemahan cara ini adalah pemborosan kertas dan pengamatan variabel yang cukup sulit, sehingga tumpukan kertas hasil rekaman semakin banyak dan semakin mempersulit dokumentasi proses kendali industri. Oleh karena itu diperlukan perangkat yang fleksibel dengan memori yang dapat diekspansi dengan biaya murah dan tanpa kertas. Paper ini menjelaskan desain perangkat perekam dengan menggunakan komputer PC untuk data-data di lapangan industri.

Kata Kunci— Komunikasi data, kendali industri, mikrokontroler.

I. PENDAHULUAN

Industri modern saat ini telah memanfaatkan komputer untuk melakukan tugas kontrol proses produksi secara otomatis. PLC (*Programmable Logic Controller*) merupakan salah satu pemanfaatan komputer dalam industri. Dalam proses industri ini terdapat parameter-parameter penting yang harus dilakukan pencatatan (*recording*) secara terus-menerus sehingga bila terjadi suatu kesalahan dapat ditelusuri melalui catatan ini.

Pencatatan parameter terhadap fungsi waktu ini dapat dilakukan juga oleh PLC. Namun karena keterbatasan memori yang ada pada PLC serta biaya yang relatif mahal maka haruslah digunakan alternatif lain yakni melalui sebuah perekam dengan pena bergerak. Perekaman dilakukan dengan mengatur gerakan pena sebagai fungsi parameter diatas kertas yang berjalan dengan kecepatan konstan. Untuk jangka waktu yang panjang akan dihasilkan banyak tumpukan kertas, sehingga sukar dalam dokumentasinya. Disamping itu ada keterbatasan dalam jumlah kanal yang dapat dimonitor.

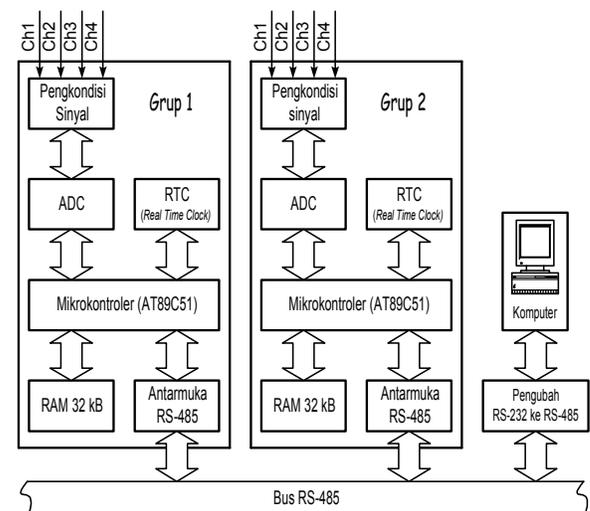
Salah satu solusi yang bisa dipergunakan adalah dengan merancang sebuah perangkat keras untuk mengubah besaran analog menjadi digital dan mentransmisikan data digital ini ke komputer untuk

dilakukan pencatatan dan penggambaran grafik di layar monitor.

II. PERANCANGAN

A. Diagram Blok Sistem

Gambar 1 merupakan diagram blok sistem secara keseluruhan. Sistem minimum ini menggunakan satu buah ADC (*Analog to Digital Converter*) yang memiliki empat kanal input analog. ADC ini terhubung ke pengontrol mikro melalui sebuah bus serial sehingga dapat meminimalkan jalur hubungan pada PCB. Pengontrol mikro berhubungan dengan memori eksternal (RAM 32kbyte) dan RTC (*Real Time Clock*) melalui bus data dan alamat dari pengontrol mikro. Antara pengontrol mikro dan komputer dihubungkan melalui sebuah kabel komunikasi serial RS-485. Oleh karena level sinyal dari pengontrol mikro berbeda dengan level sinyal dari RS-485 maka haruslah digunakan sebuah transeiver RS-485 yang berfungsi sebagai level translator. Sedangkan pada komputer hanya tersedia *port* komunikasi serial RS-232, sehingga diperlukan suatu rangkaian yang mengubah level sinyal RS-485 menjadi RS-232.



Gambar 1: Diagram Blok Sistem

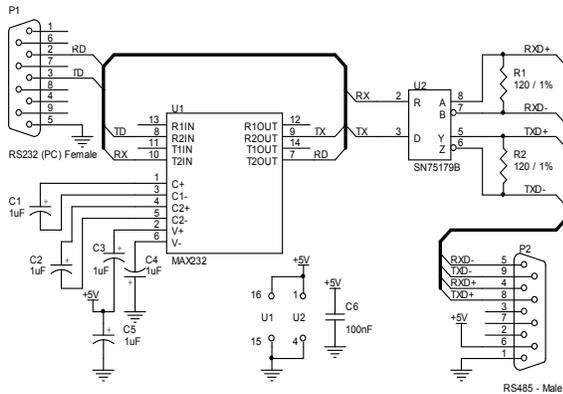
B. Rangkaian Pengubah RS-232 ke RS-485

Pada komputer hanya tersedia port komunikasi serial RS-232, sehingga untuk mengubah sinyal RS-232

Naskah diterima pada tanggal 20 Mei 2007.

Semua penulis adalah dari Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang. Untuk kontak dengan penulis dapat dihubungi nomor telepon 0341-554166 dan email mochrusli@yahoo.com).

menjadi RS-485 diperlukan sebuah rangkaian yang mengubah level sinyalnya. Rangkaian ini dibangun dari dua buah IC yaitu MAX 232 dan SN75179B. Gambar 2 menampilkan rangkaian pengubah RS-232 menjadi RS-485. IC MAX 232 yang fungsinya untuk mengubah sinyal RS-232 menjadi sinyal TTL.



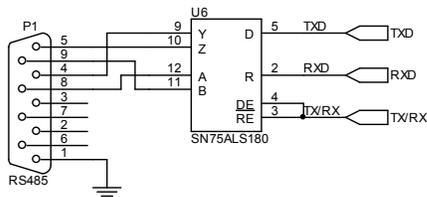
Gambar 2: Rangkaian Pengubah RS-232 ke RS-485

IC MAX232 memiliki dua *charge-pumps* internal yang mengkonversi +5V ke $\pm 10V$ (tanpa beban) untuk operasi antarmuka RS-232. Konverter pertama menggunakan kapasitor C1 untuk menggandakan input +5V ke +10V pada keluaran V+ melalui kapasitor C3. Konverter kedua menggunakan kapasitor C2 untuk membalik +10V ke -10V pada output V- melalui kapasitor C4. Kaki nomor 16 dari MAX232 adalah kaki catu daya +5V dan kaki nomor 15 sebagai *ground*-nya.

Sedangkan IC SN75179B digunakan untuk mengubah level tegangan TTL menjadi level tegangan yang standart dengan RS-485.

C. Rangkaian Antarmuka RS-485

Rangkaian ini berfungsi untuk mengubah level tegangan RS-485 menjadi level tegangan TTL atau sebaliknya. Komponen utamanya adalah sebuah IC SN75ALS180. Gambar 3 menampilkan rangkaian antarmuka RS-485.

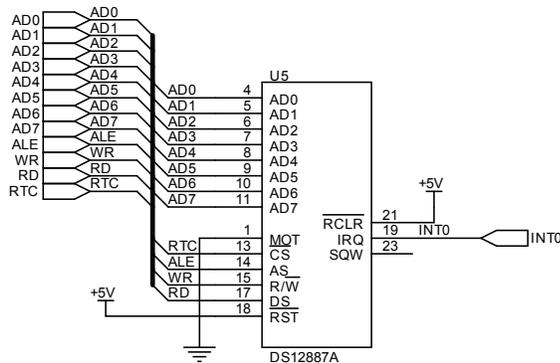


Gambar 3: Rangkaian Antarmuka RS-485

D. Rangkaian Real Time Clock

Fungsi dari rangkaian ini adalah untuk membangkitkan pulsa-pulsa waktu. Rangkaian ini digunakan sebagai waktu pengambilan data oleh ADC, atau dapat juga disebut sebagai waktu *sampling*. Komponen utamanya adalah IC RTC DS12887A. Rangkaian RTC ini akan meng-*interrupt* pengontrol

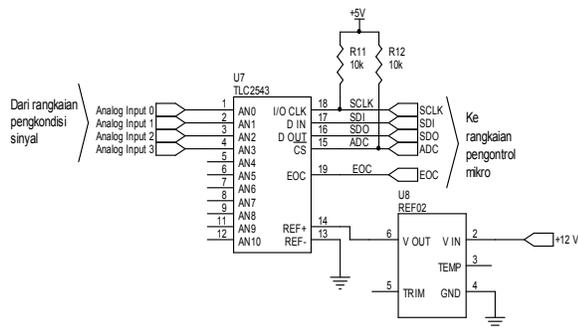
mikro, agar mengambil data melalui ADC. Besarnya waktu pengambilan data atau waktu *sampling*, disesuaikan dengan kebutuhan, sehingga rangkaian RTC akan meng-*interrupt* pengontrol mikro sesuai dengan waktu tersebut. Gambar 4 menampilkan rangkaian RTC.



Gambar 4: Rangkaian RTC.

E. Rangkaian ADC (Analog to Digital Converter)

Fungsi rangkaian ini untuk mengubah tegangan analog menjadi digital. Komponen utama adalah IC TLC2543I, yang diproduksi oleh Texas Instrument. TLC2543I adalah 12-bit, *switched-capacitor, analog to digital converter* pendekatan berturut-turut. Setiap divais mempunyai tiga input kontrol, yaitu *chips select* (CS), *input-output clock*, dan input alamat (DATA INPUT), yang dirancang untuk komunikasi dengan port serial dari sebuah *host processor* atau peripheral melalui sebuah output serial tiga keadaan. Devais ini menyediakan sarana pemindahan data dengan kecepatan tinggi dari *host*.



Gambar 5: Rangkaian ADC

Dalam penambahan konversi kecepatan tinggi dan kemampuan kontrol serbaguna, divais ini mempunyai empat belas kanal yang dimultiplikser dan dapat digunakan untuk memilih salah satu dari sebelas input analog atau tiga internal tegangan *self-test*. Pada setiap akhir konversi, *end of conversion* (EOC) akan berlogika tinggi, ini menandakan bahwa konversi sudah selesai. Gambar 2.5 menampilkan rangkaian ADC dengan tegangan referensi eksternal.

TLC2543I menggunakan tegangan referensi eksternal

sebesar 5 V. Untuk menghasilkan tegangan referensi tersebut digunakan IC REF02 yang dibuat oleh Burr-Brown (B-B) Corporation. Alasan penggunaan komponen ini adalah IC REF02 ini merupakan komponen khusus yang digunakan untuk menghasilkan tegangan referensi sebesar +5V dengan toleransi sebesar 0,1%.

F. Rangkaian Pengkondisi sinyal

Rangkaian ini berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan 0 - 5V dan arus 4 - 20 mA menjadi tegangan 0 - 5V agar dapat dikonversikan oleh rangkaian ADC menjadi bentuk sinyal digital. Komponen utamanya adalah *Op-Amp* TLV2254AI yang dibentuk menjadi penguat deferensial. Gambar 6 menampilkan rangkaian pengkondisi sinyal.

Dari uraian diatas dapat diketahui besarnya penguatan adalah 1 kali. Sedangkan untuk mengubah sinyal arus 4 - 20 mA menjadi tegangan ditambahkan resistor yang dihubungkan dengan V/I(+) dengan COM. Nilai dari resistor tersebut dapat dihitung dengan Persamaan (2-1).

$$V = I.R \tag{2-1}$$

Jika diketahui nilai I maksimum adalah 20 mA, dan nilai V maksimum adalah 5 V maka nilai R adalah:

$$5\text{ V} = 20\text{ mA} \cdot R$$

$$R = 250\ \Omega$$

Untuk menghitung nilai-nilai R_f dan R_i digunakan Persamaan (2-2)

$$V_{OUT} = (V_1 - V_2) \frac{R_f}{R_i} \tag{2-2}$$

dengan:

$$V_{OUT} = 5\text{ volt}$$

$$V_1 = V/I(+) = 5\text{ volt}$$

$$V_2 = \text{COM} = 0\text{ volt}$$

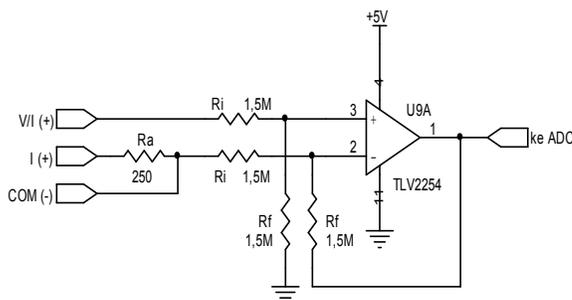
$$R_4 = R_f$$

$$R_3 = R_i$$

Karena rangkaian pengkondisi sinyal ini dirancang mempunyai impedansi masukan minimal 1 M Ω , maka ditentukan nilai R_i sebesar 1,5 M Ω , sehingga nilai R_f adalah:

$$5 = (5 - 0) \frac{R_f}{1,5M\Omega}$$

$$R_f = 1 \cdot 1,5\text{ M}\Omega = 1,5\text{ M}\Omega$$



Gambar 6: Rangkaian Pengkondisi Sinyal

G. Rangkaian Pengontrol Mikro

Rangkaian pengontrol mikro berfungsi untuk ngontrol

proses pengambilan data analog melalui ADC, dan mengatur pengiriman data tersebut dari/ke komputer.

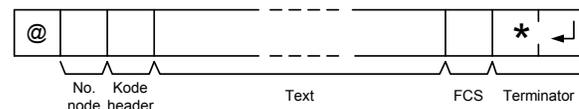
Gambar 7 menampilkan rangkaian pengontrol mikro. Port 0 dan port 2 digunakan untuk menghasilkan bus data dan bus alamat agar dapat mengakses memori eksternal. Port 0 memultiplex bus data dan bus alamat rendah dimana indikator bahwa port 0 sedang mengeluarkan bus alamat rendah diambil dari kaki ALE. Untuk memisahkan antara bus data dan bus alamat rendah digunakan sebuah latch oktal dari 74HC573, dimana sinyal *latch* diambil dari kaki ALE ini. Sebuah RAM 32kB (62256) dihubungkan ke bus data dan bus alamat dari pengontrol mikro. Demikian pula untuk sinyal \overline{RD} dan \overline{WR} . Alamat RAM diatur pada alamat 8000H hingga FFFFH.

Kaki \overline{EA} dihubungkan ke V_{CC} agar AT89C51 selalu membaca memori program dari EEPROM internal sesaat sesudah reset. Kristal 11,0592 MHz digunakan untuk osilator dari AT89C51. Kristal dengan ukuran tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan *baud rate* yang sama dengan komputer.

Pada bagian inialisasi sistem dilakukan pengaturan awal penunjuk stack, *baud rate* port komunikasi, periode sampling, byte kontrol TLV2543, interrupt, RTC, dan sebagainya yang dianggap perlu.

Tabel 2.1. Kode Header

Kode Header	Fungsi
d	Melakukan proses pengiriman data.
e	Memberitahukan pengontrol mikro bahwa terjadi kesalahan dalam trasmisi data, dan meminta untuk mengulagi pengiriman data sebelumnya.
f	Mengubah nilai frekuensi sampling.
i	Mengetahui nomor node yang tersambung dengan komputer.
p	Membaca periode sampling.
r	Mengubah data tanggal pada RTC.
s	Menjalankan proses restart.



Gambar 7: Format Perintah

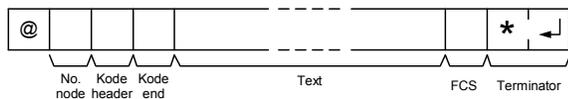
Agar perintah-perintah dapat dikenali oleh komputer dan pengontrol mikro, maka dibutuhkan suatu format data tertentu. Ada 2 jenis format data yang digunakan, yaitu format perintah, dan format balasan.

Format perintah adalah format data yang dikirim oleh komputer ke pengontrol mikro, yang ditampilkan pada Gambar 2.9. Format ini terdiri dari sebuah karakter @, nomor node, kode header, text, FCS, dan terminator. Penjelasan dari Gambar 2.9 adalah sebagai berikut:

- @ : sebuah karakter yang harus ditempatkan pada bagian awal.
- No. node : identitas dari device.

- Kode header : kode perintah.
- Text : parameter-parameter perintah yang berupa kode biner
- FCS : kode Frame Check Sequence digunakan untuk mengetahui apakah data yang dikirim tersebut benar atau salah.
- Terminator : berupa 2 buah karakter, "*" dan carriage return yang menandakan akhir dari perintah.

Format balasan adalah format data yang di kirim dari pengontrol mikro ke komputer. Format ini terdiri dari sebuah karakter @, nomor node, kode header, kode end, text, FCS, dan terminator. Gambar 8 menampilkan format balasan dari pengontrol mikro ke komputer.



Gambar 8: Format Balasan

Penjelasan dari Gambar 2.10 adalah sebagai berikut @, no. node, kode header : penjelasannya sama dengan format perintah.

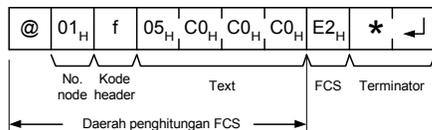
Kode end : menyatakan status dari perintah, yang diterima oleh pengontrol mikro. Data yang diterima tersebut benar atau salah. Karakter "O" menyatakan bahwa perintah yang diterima benar, sedangkan karakter "E" menyatakan data yang perintah salah.

Text : adalah data yang dikirim kembali oleh pengontrol mikro, jika perintah yang diterima menghendaki adanya pengiriman data.

Nilai yang diperoleh pada FCS adalah hasil Exclusive OR (EXOR) dari karakter pertama sampai akhir text. Untuk lengkapnya dijelaskan pada Gambar 9.

Cara menghitung nilai FCS adalah sebagai berikut:

Karakter	Kode ASCII	Kode Biner	Keterangan
@	40 _H	0100 0000	Awal frame
		EXOR	
	60 _H	0110 0000	No. node
		EXOR	
f	66 _H	0110 0110	Kode header
		EXOR	
	C0 _H	1100 0000	Text
		EXOR	
	C0 _H	1100 0000	Text
		EXOR	
	C0 _H	1100 0000	Text
		EXOR	
	05 _H	0000 0101	Text
		EXOR	
	83 _H	1000 0011	Hasil



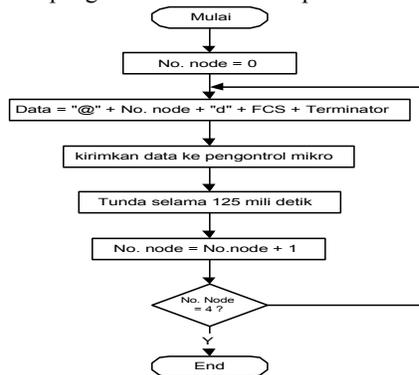
Gambar 9: Daerah Penghitungan FCS

H. Perangkat Lunak Pada Komputer

Perangkat lunak pada komputer menggunakan Visual Basic 6.0. Alasannya, program aplikasi yang dihasilkan cukuplah kecil dan pemrogramannya terstruktur. Program ini berfungsi sebagai penerima, perekam data, juga berfungsi untuk menampilkan data pencatatan yang telah ada di hard-disk untuk keperluan pencetakan, dokumentasi dan lain-lain. Komunikasi serial ditangani oleh sebuah ActiveXControl dari Microsoft yaitu MSCOMM32.OCX, dimana proses komunikasi dikendalikan melalui kejadian-kejadian yang terjadi pada suatu port komunikasi. Untuk menjalankan program aplikasi ini disarankan digunakan komputer dengan spesifikasi:

- CPU Pentium 233 MHz
- RAM 64 MByte
- Hard-disk 4,3 GByte
- Resolusi layar 800x600 pixel, 256 color
- Mouse
- Windows98 atau Windows 2000 Professional

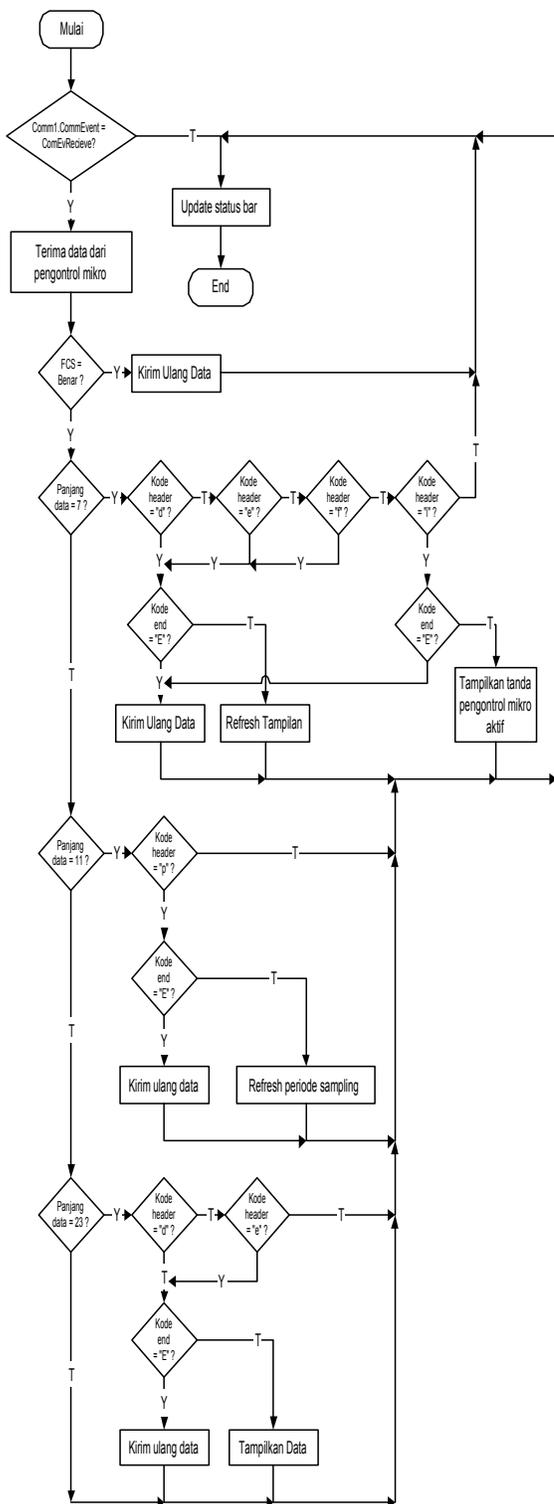
Oleh karena kompleksnya program aplikasi yang telah dibangun, maka hanya dibahas program utama dari perangkat lunak perekam yang merupakan bagian paling penting. Hal ini dikarenakan didalamnya dilakukan aktifitas penerimaan data serial dari pengontrol mikro dan pemeriksaan data yang telah diterima benar atau salah. Data yang diterima dengan benar ini kemudian langsung ditampilkan ke layar berupa grafik dan disimpan pula ke hard-disk jika diperlukan. Perangkat lunak ini menggunakan antarmuka multi dokumen (Multiple Document Interface) karena dalam program ini dapat dilakukan monitoring terhadap delapan kanal analog yang masing-masing kanal ditempatkan pada window tersendiri. Bagian terpenting dalam perangkat lunak ini meliputi bagian subrutin penanganan komunikasi serial dan subrutin permintaan pengiriman data dari pengontrol mikro ke komputer.



Gambar 10: Diagram Alir Rutin Permintaan Pengiriman Data

Diagram alir dari subrutin permintaan pengiriman data dari pengontrol mikro ke komputer ditampilkan oleh Gambar 2.12. Sedangkan diagram alir dari penerimaan data serial dari pengontrol mikro ditampilkan oleh Gambar 2.13.

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS



Gambar 11: Diagram Alir Rutin Penerimaan Data dari Pengontrol Mikro

A. Alat-Alat yang Digunakan

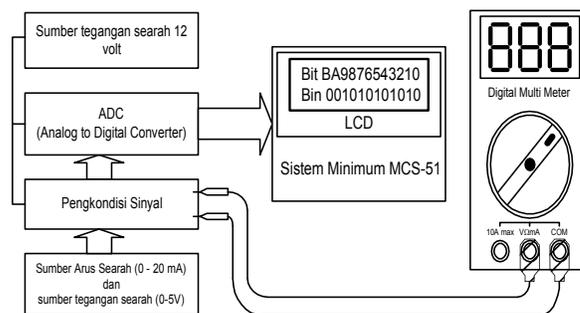
Dalam pengujian ini dipergunakan alat-alat sebagai berikut:

1. Alat yang akan diuji
2. Multimeter digital, merk Protek, tipe DM330.
3. Komputer Acer Travel Mate 730 TX, spesifikasi Pentium III/450MHz, memori 64Mbyte, sistem operasi Windows 98SE.
4. Kontroler digital, tipe TTM-100, TOHO Electronic inc.
5. Sistem minimum MCS-51, dan *Liquid Crystal Display*.
6. Sumber tegangan searah 12 V.
7. Sumber tegangan searah 0 - 5 volt.
8. Sumber arus searah 0 - 20 mA.
9. Modul pengujian.

B. Langkah-Langkah Pengujian

Langkah-langkah dalam melakukan pengujian adalah sebagai berikut:

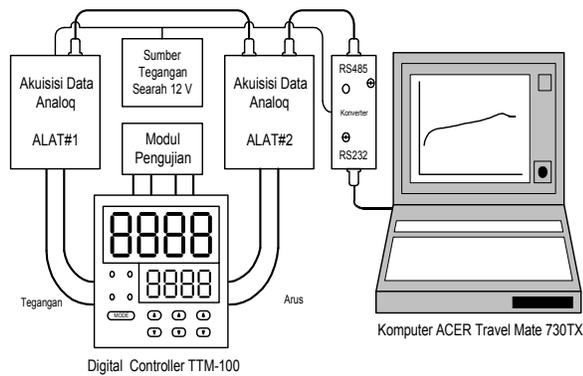
1. Pengujian rangkaian pengubah analog ke digital (*Analog to Digital Converter*) untuk masukan tegangan dan arus.
 - a. Alat-alat dirangkai seperti pada Gambar 5.1.
 - b. Saklar pemilih pada multimeter digital diputar keposisi 20 volt.
 - c. Hasil pengujian ditampilkan pada *Liquid Crystal Display*.



Gambar 12: Pengujian Rangkaian Pengubah Analog ke Digital untuk Masukan Tegangan dan arus

2. Pengujian alat secara keseluruhan.
 - a. Alat-alat dirangkai seperti pada Gambar 5.2.
 - b. Nilai-nilai kontroler digital diatur sebagai berikut:

• P (<i>proportional</i>)	= 200,0
• I (<i>integral</i>)	= 3
• D (<i>derivative</i>)	= 1
• <i>Manipulated Value Low Limiter</i>	= 0,0
• <i>Manipulated Value high Limiter</i>	= 100,0
• <i>SV (set value) Limiter Low</i>	= 0
• <i>SV (set value) Limiter High</i>	= 5000
 - c. Mengaktifkan mode pengambilan data, hasilnya ditampilkan pada komputer dalam bentuk grafik.



Gambar 13: Skema Pengujian Alat Secara Keseluruhan

C. Analisis

Untuk mengetahui benar tidaknya data yang diperoleh tersebut, maka dilakukan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

Besarnya waktu konversi dihitung menggunakan Persamaan (3.1).

$$t_{c_{max}} = 2^N - 1 \quad (3-1)$$

dengan:

$t_{c_{max}}$ = waktu konversi
 N = jumlah bit dari ADC
 Sumber: Anonim,-:5

Dalam perancangan jumlah bit ADC (N) adalah 12, sehingga nilai waktu konversi maksimum adalah:

$$t_{c_{max}} = 2^{12} - 1 \\ = 4095$$

Besarnya resolusi dari ADC dihitung menggunakan Persamaan (3.2).

$$resolusi = \frac{V_{ref}}{t_{c_{max}}} \quad (3-2)$$

dengan:

V_{ref} = tegangan referensi ADC (volt)
 Sumber: Anonim,-:3

Dalam perancangan besarnya tegangan referensi V_{ref} yang digunakan adalah 5 volt, sehingga besarnya resolusi dari ADC adalah sebagai berikut:

$$resolusi = \frac{5000}{4095} mV \\ = 1,221 mV$$

Jumlah langkah yang ditempuh dari nol volt hingga sama dengan tegangan masukan dihitung dengan menggunakan persamaan (3.3).

$$jumlah\ langkah = \frac{V_{in}}{resolusi} \quad (3-3)$$

dengan:

V_{in} = tegangan masukan ADC (volt)

Dalam pengujian tegangan input yang digunakan adalah 0,5 volt, sehingga jumlah langkahnya adalah sebagai berikut:

$$jumlah\ langkah = \frac{500}{1,221} \\ = 409,5 \\ \approx 410 \\ = 19A_{16} = (0001\ 1001\ 1010)_2$$

Dalam pengujian sebagai masukan digunakan arus sebesar 2 mA, agar dapat di hitung dengan Persamaan (3-3), maka harus dirubah dulu dalam bentuk tegangan dengan cara menambahkan resistor, yang dipasang secara paralel, seperti yang ditampilkan dalam Gambar 2.6. Besarnya resisitansi dari resisitor tersebut adalah 250 Ω , sehingga besarnya tegangan jatuh pada resistor tersebut dapat dihitung dengan Persamaan (2-1).

$$V = I.R \\ = 0,002 \times 250 \\ = 0,5\ volt$$

Besarnya kesalahan antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran, dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.4).

Kesalahan (%)

$$= \left| \frac{perhitungan - pengukuran}{perhitungan} \right| \times 100\% \quad (3-4) \\ = \left| \frac{410 - 402}{410} \right| \times 100\% \\ = 1,951\%$$

Dengan cara yang sama diperoleh hasil seperti yang ditampilkan dalam Tabel 1 dan 2.

Tabel 1: Persentasi Kesalahan untuk Masukan Tegangan

No	Masukan Tegangan (volt)	Keluaran (Digital)				Kesalahan (%)
		Perhitungan		Pengukuran		
		Hex	Dec	Hex	Dec	
1.	0,5	19A	410	192	402	1,951
2.	1,0	333	819	333	819	0,000
3.	1,5	4CD	1229	4C8	1224	0,407
4.	2,0	666	1638	66C	1644	0,366
5.	2,5	800	2048	7FE	2046	0,098
6.	3,0	999	2457	9A0	2464	0,285
7.	3,5	B33	2867	B40	2880	0,453
8.	4,0	CCC	3276	CD0	3280	0,122
9.	4,5	E66	3686	E60	3680	0,163
10.	5,0	FFF	4095	FFF	4095	0,000

Tabel 2: Persentasi Kesalahan untuk Masukan Arus

No	Masukan Tegangan (volt)	Keluaran (Digital)				Kesalahan (%)
		Perhitungan		Pengukuran		
		Hex	Dec	Hex	Dec	
1.	2,0	19A	410	194	404	1,463
2.	4,0	333	819	330	816	0,366
3.	6,0	4CD	1229	4D0	1232	0,244
4.	8,0	666	1638	668	1640	0,122
5.	10,0	800	2048	7FF	2047	0,049
6.	12,0	999	2457	9A0	2464	0,285
7.	14,0	B33	2867	B40	2880	0,453
8.	16,0	CCC	3276	CD0	3280	0,122
9.	18,0	E66	3686	E60	3680	0,163

10.	20,0	FFF	4095	FFF	4095	0,000
-----	------	-----	------	-----	------	-------

Dengan membandingkan antara hasil perhitungan dengan pengukuran terdapat sedikit perbedaan. Perbedaan ini disebabkan oleh multimeter yang digunakan dalam pengukuran. Multimeter yang digunakan hanya mampu menampilkan dua angka dibelakang koma atau tegangan terkecil yang mampu terukur 0,01 volt. Sedangkan perubahan terkecil dari ADC yang masih mampu terdeteksi adalah 1,221 mV atau 0,001221 volt. Sehingga besarnya kesalahan dari alat ukur adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kesalahan alat ukur (\%)} &= \frac{0,001221}{0,01} \times 100\% \\ &= 12,21\% \end{aligned}$$

IV. KESIMPULAN

1. Penggunaan dari pengontrol mikro AT89C51 dalam dapat mempermudah pembuatan data akuisi karena dengan adanya kemampuan-kemampuan yang dimilikinya menjadikan rangkaian pengontrol mikro ini lebih ringkas dan pemrogramannya pun mejadi lebih mudah dan cepat.
2. Tegangan analog yang banyak jumlahnya dapat dikonversi menjadi besaran digital dengan mudah oleh IC TLV2343I sehingga rangkaiannya pun menjadi lebih sederhana.
3. Transfer data secara serial asinkron antara pengontrol mikro dengan komputer mempermudah pengembangan lebih lanjut dalam hal antarmuka yang akan digunakan dan perluasan daerah jangkauan diantaranya.
4. Penggunaan ActiveXControl MSCOMM32.OCX sangatlah membantu dalam mempercepat dan menyederhanakan pemrograman dengan Visual Basic 6.0 karena proses komunikasi dikendalikan melalui kejadian-kejadian pada portnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, 1993, *+5V Precision Voltage Reference*, Tucson: Burr-Brown Corporation.
- [2] Anonim, 1994, *MCS^β 51 Microcontroller Family Users Manual*, USA: Intel Corp.
- [3] Anonim, 1995, *Microcontroller Based Data Acquisition Using the TLC2543 12-Bit Serial-Out ADC*, Dallas: Texas Instrument Inc.
- [4] Anonim, 1995, *SN75179B Differential Driver and Receiver Pairs*, Dallas: Texas Instrument Inc.
- [5] Anonim, 1997, *RS-422 and RS-485 Application Note*, Ottawa: B&B Electronics.
- [6] Anonim, 1997, *SN54HC132, SN74HC132 Quadruple Positive-NAND Gates with Schmitt-Trigger Inputs*, Dallas: Texas Instrument Inc.
- [7] Anonim, 1997, *SN54HC573A, SN74HC573A Octal Transparent D-Type Latches with 3-State Outputs*, Dallas: Texas Instrument Inc.
- [8] Anonim, 1998, *Interface Circuit For TIA/EIA-485*, Dallas: Texas Instrument Inc.
- [9] Anonim, 1998, *IS80C31 CMOS Single Chips 8-Bit Microcontroller*, Santa Clara: Integrated Silicon Solution, Inc.

- [10] Anonim, 1999, *DS12887A Real Time Clock*, Dallas: Dallas Semiconductor.
- [11] Anonim, 2000, *+5V-Powered, Multichannel RS-232 Driver/Receiver*, Sunnyvale: Maxim Integrated Product.
- [12] Anonim, 2000, *SN65ALS180, SN75ALS180, Differential driver and Receiver Pairs*, Dallas: Texas Instruments Inc.
- [13] Anonim, 2000, *TLC2543C, TLC2543I, TLC2543M 12-Bit Analog to Digital Converter With Serial Control and 11 Analog Inputs*, Dallas: Texas Instrument Inc.
- [14] Anonim, 2001, *MCS[®] 51 On-Chip UART*, <http://developer.intel.com/design/mcs51/applnots/2047.htm>.
- [15] Anonim,--, *Static Logic Application*
- [16] Cooper, William David, 1985, *Electronic Instrumentation and Measurement techniques, 2nd Ed. terjemahan Sahat Pakpah*, Jakarta: Erlangga.
- [17] Goldie, John, 1998, *Ten Ways to Bulletproof RS-485 Interfaces*, USA: National Semiconductor Corp.
- [18] Mancini, Ron, 2000, *Understanding Basic Analog-Ideal Op Amps*, Dallas: Texas Instrument Inc.
- [19] Peacock, Craig, 2000, *Interfacing the Serial/RS232 Port*, <http://www.beyondlogic.org/index.html#SERIAL>.
- [20] Warton, John, 1980, *An Introduction to The Intel[®] MCS-51TM Single Chip Microcomputer Family*, Santa Clara: Intel Corp.



Stephanus Budi Sutikno, adalah pria kelahiran Kepanjen-Malang (Jawa Timur), 16 November 1975. Tahun 1993-1996 ia belajar Elektronika di Politeknik Universitas Brawijaya Malang, dan dinyatakan lulus pada tanggal 10 Juli 1996 dengan predikat *Cum Laude*. Setelah lulus dari Politeknik ia bekerja di PT. Federal Motor, Jakarta sebagai Staf Engineering pada departemen Proses dan material. Pada tahun 1998 ia melanjutkan studinya di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang. Pada tanggal 2 November 2001 ia dinyatakan lulus dengan predikat Sangat memuaskan.



Muhammad Aswin, Dilahirkan di Malang pada tanggal 26 Juni 1964. Menyelesaikan studi S1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Bandung pada 1988. Sejak 1990 sampai saat ini bekerja sebagai staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.



Mochammad Rusli, dilahirkan di Pasuruan, tanggal 4 Januari 1963. Sekolah jenjang S1 diselesaikan di ITS Surabaya dari tahun 1981-1986. Kemudian memperoleh gelar Dipl.-Ing. dari Technische Universitaet Braunschweig Germany dari Tahun 1992-1996. Sekarang aktif sebagai Ketua Kelompok Dosen Keahlian Sistem Kontrol di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Bidang yang ditekuni adalah kendali logika, kendali cerdas dan kendali robust pada motor elektrik dan kendali lingkungan rumah kaca.