

**ALAT UKUR KADAR AIR DALAM TANAH (SOIL TESTER)
BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51**

I Made Sudana

ABSTRAK

Mikrokontroler AT89C51 dapat dimanfaatkan sebagai unit pengolah informasi yang dipungut dari sensor tertentu dan hasilnya dapat ditampilkan dalam bentuk digital. Konsep kerja instrumen yang dibangun ini adalah memanfaatkan perubahan nilai resistansi yang dideteksi oleh sensor logam untuk diumpangkan sebagai informasi masukan pada Mikrokontroler. Hasil pengujian untuk sejumlah sampel tanah dengan berbagai kombinasi perbandingan volume antara tanah dan air dengan alat ukur ini dengan uji statistika, ternyata instrumen pengukur kadar air dalam tanah berbasis mikrokontroler AT89C51 mempunyai unjuk kerja yang mendekati hasil pengukuran instrumen *soil tester standard* dengan prosentase penyimpangan 0 sampai 1,4%. Sedangkan dari hasil uji harga $t = 0,06$ dengan $d.b. = 10$ dan dari tabel distribusi t pada $t.s.0,05 = 1,81$ dan $t.s.0,01 = 2,76$, terjadi perbedaan yang tidak signifikan pada taraf 0,01.

Kata kunci: Kadar air dalam tanah, Mikrokontroler, Analog to Digital Converter, LCD

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan sangat cocok apabila bidang pertanian dan kelautan mendapatkan perhatian yang lebih serius untuk dikembangkan sebagai salah satu sektor pembangunan nasional. Bidang pertanian sangat penting karena berkaitan dengan kebutuhan hajat hidup manusia. Oleh karena itu jika bidang pertanian mengalami kegagalan, maka hal tersebut dapat berakibat akan terjadinya bahaya kelaparan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kegagalan dalam bidang pertanian, antara lain: (a) pemilihan jenis tanaman untuk suatu lahan tanah, (b) sistem pengolahan tanah yang salah, (c) pemupukan yang melampaui dosis atau ukuran. Faktor-faktor tersebut dapat dihindari melalui penanganan yang khusus dan dalam hal ini salah satunya adalah yang bersentuhannya dengan instrumen pengukur kadar kandungan air dalam tanah. Untuk itu diperlukan adanya pemanfaatan teknologi (elektronika) khususnya instrumentasi dan kendali dalam usaha untuk meningkatkan kualitas dan hasil produksi pertanian.

Mikrokontroler merupakan komponen alat pengendali dan pengontrol yang lebih kompleks dari pada alat pengendali dan pengontrol yang lain, karena mikrokontroler mempunyai fungsi yang bermacam-macam dan tersusun dari kombinasi *Central Processing Unit* (CPU), memori dan I/O dalam satu *chip*, sehingga mikrokontroler sangat praktis dan mudah dalam pemakaian khususnya di bidang instrumentasi dan kendali.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dimungkinkan untuk merencanakan sebuah Pengukur kadar air dalam tanah (*Soil Tester*) berbasis mikrokontroler AT89C51.

RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian di atas, masalah yang ingin dipecahkan dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan suatu alat pengukur kadar air dalam tanah (*Soil Tester*) berbasis mikrokontroler AT89C51 ?
2. Bagaimana unjuk kerja (hasil pengukuran) kadar air dalam tanah (*Soil Tester*) dengan menggunakan instrumen berbasis mikrokontroler AT89C51 ?

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Merencanakan dan membuat suatu alat pengukur kadar air dalam tanah (*Soil Tester*) berbasis mikrokontroler AT89C51.
2. Mengetahui unjuk kerja (hasil pengukuran) kadar air dalam tanah (*Soil Tester*) dengan instrumen berbasis mikrokontroler AT89C51.

MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dari penelitian alat pengukur kadar air dalam tanah (*Soil Tester*) berbasis mikrokontroler AT89C51 ini adalah :

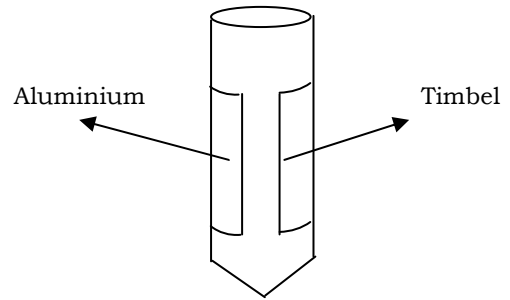
1. Dihasilkan sebuah jenis instrumen alat pengukur kadar air dalam tanah (*Soil Tester*) berbasis mikrokontroler AT89C51.
2. Dapat dimanfaatkan oleh para petani dalam rangka meningkatkan produksi pertanian
3. Memperkaya pemahaman mengenai alat yang diprogram dan dikendalikan berbasis mikrokontroler AT89C51.
4. Mengembangkan instrumen ukur pada Laboratorium Instrumentasi dan Kendali, Teknik Elektro , FT UNNES

LANDASAN TEORI

1. Sensor Kadar Air

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengetahui kadar air yang ada di dalam tanah, satu di antaranya adalah dengan menggunakan sensor kadar air dalam tanah. Sensor kadar air dalam tanah yang dibangun nanti menggunakan sebuah probe yang terbuat dari aluminium dan timbel seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Tanah mempunyai harga resistansi yang berubah-ubah, karena dipengaruhi oleh kandungan air tanah itu sendiri. Kondisi ini dapat dideteksi oleh sensor logam, karena kedua bahan logam mempunyai karakteristik yang berbeda, sehingga nilai resistansinyapun akan berbeda. Hal ini mengakibatkan adanya perbedaan tegangan pada ujung-ujung probe. Dengan adanya perubahan nilai resistansi, maka dimungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai komponen pembagi te-

ngan yang selanjutnya diumpangkan pada piranti penguat/ pengubah tegangan.



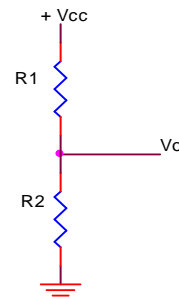
Gambar 1. Probe sensor

2. Rangkaian Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan dapat diwujudkan dengan suatu rangkaian kombinasi dua resistor atau lebih untuk menghasilkan suatu besaran tegangan tertentu yang diatur melalui perubahan-perubahan nilai resistor. Besarnya tegangan output (V_o) dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \dots\dots\dots(1)$$

Prinsip dasar rangkaian pembagi tegangan terlihat seperti pada Gambar 2 di bawah ini.



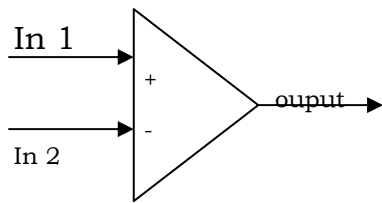
Gambar 2. Rangk. Pembagi Tegangan

Dapat disimpulkan bahwa tegangan output merupakan perbandingan proporsional dari tegangan inputnya.

Penguat Operasional (OP-AMP)

Menurut R. Boylestad dan L. Nashelsky (1992:600) penguat operasional adalah suatu rangkaian terintegrasi yang berisi beberapa tingkat dan konfigurasi penguat diferensial. Penguat operasional memiliki dua input (+ dan -) dan satu output serta memiliki penguatan DC yang tinggi dengan impedansi input (z_i) tinggi dalam orde mega ohm ($M\Omega$) dan impedansi output (z_o) rendah se-

kitar 100Ω. Untuk dapat bekerja dengan baik, penguat operasional memerlukan tegangan catu yang simetris yaitu tegangan yang berharga positif (+V) dan tegangan yang berharga negatif (-V) terhadap tanah (*ground*). Tipe-tipe penguat operasional ini banyak digunakan dalam rangkaiannya, karena penguat ini mempunyai fungsi yang serbaguna, dan mempunyai karakteristik yang ideal. Rangkaian dasar op-amp terlihat pada Gambar 3 di bawah ini.

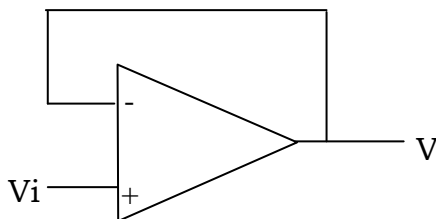


Gambar 3. Rangkaian dasar OP-AMP

Dalam penerapannya, seringkali dijumpai penguat model inverting, non-inverting dan penyangga (*buffer*). Khusus untuk penguat operasional sebagai *buffer* atau penyangga adalah suatu rangkaian yang mengisolasi sinyal input dari suatu beban oleh tingkat penguatan tegangan yang digunakan, tanpa pembalikan phase dan berfungsi sebagai sirkuit yang ideal dengan impedansi input yang tinggi dan impedansi output yang rendah. Tegangan output yang dihasilkan sama dengan tegangan input sesuai persamaan 2 :

$$V_o = V_i \dots\dots\dots(2)$$

Sedangkan gambar rangkaian *buffer* terlihat seperti Gambar 4 di bawah ini.



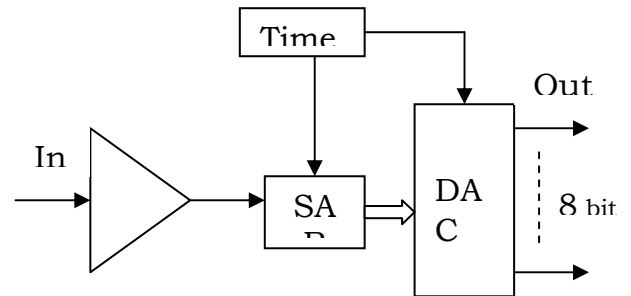
Gambar 4. Rangkaian *buffer*

Sistem ini sering dikenal dengan penguat berumpan balik satu satuan (*unity feed back system*). Dalam sistem ini digunakan Op-Amp IC 741

karena mempunyai karakteristik yang sangat khas seperti Gain »; Z_{in} »; Z_{out} « yang dapat memenuhi kebutuhan sebagai komponen pengisolasi yang dapat diandalkan.+

4. Pengubah Analog ke Digital (*Analog to Digital coverter- ADC*)

ADC merupakan sebuah piranti yang berfungsi mengubah informasi analog menjadi berbentuk digital yang selanjutnya akan digunakan oleh aktuator sesuai dengan yang diinginkan. Perubahan tegangan yang terjadi pada input akan mempengaruhi amplitudo output ADC yang diterjemahkan oleh aktuator untuk ditampilkan sebagai bentuk perilaku input. ADC yang digunakan pada rangkaian ini adalah IC ADC 0809 buatan National Semiconductor Corp. ADC ini menghasilkan data 8 bit. Data 8 bit merupakan data keluaran paralel, sehingga waktu pengubahan dapat berjalan cepat. Gambar 5 memperlihatkan, bahwa IC 0809 terdiri dari 4 bagian utama, yaitu : (1) Komparator, (2) Register aproksimasi berurutan (*Serial Approxial Register- SAR*), (3)



Komparat

Gambar 5. Diagram Blok IC 0809

(*Digital to Analog Converter-DAC*) dan (4) (*Sistem Pewaktu (Timer)*)

5. Mikrokontroler AT89C51

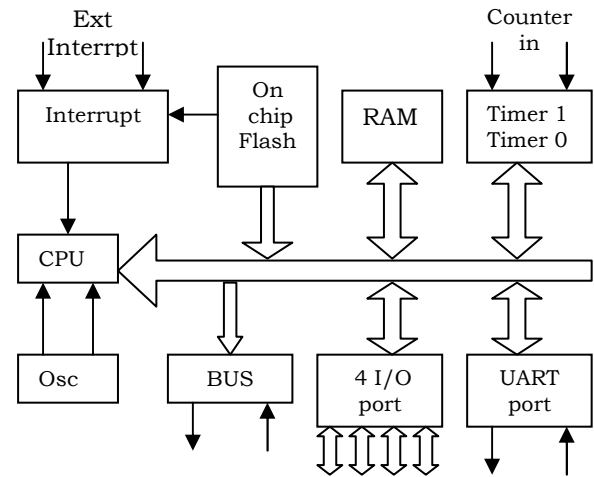
Mikrokontroler dalam AT89C51 yang diproduksi oleh ATMEL termasuk dalam keluarga MCS-51. Komponen MCS-51 dikemas dalam kemasan standar *Dual In Line (DIL)* 40 pena dan untuk AT89C51 dikemas dalam berbagai jenis kemasan antara lain *Plastic Dual Inline Package (PDIP)* 40 pena, *Thin Plastic Gull Wing Quad*

Flatpack (TQFP) 44 pena, *Plastic Gull Wing Quad Flatpack* (PQFP) 44 pena, dan *Plastic J-Leaded Chip Carrier* (PLCC) 44 pena. Masing-masing jenis mempunyai konfigurasi pena, pewaktuan (*timing*) dan karakteristik listrik yang sama. Perbedaan antara mikrokontroler AT89C51 dengan mikrokontroler jenis lain terletak pada memori program internalnya. Jika pada mikrokontroler 80C31, 80C51 dan 80C71 mempunyai 4 kilo *byte* ROM (*Read Only Memory*) yang telah diprogram serta program tersebut tidak diubah-ubah, maka untuk mikrokontroler AT89C51 mempunyai 4 kilo *byte* *Flash PEROM* (*Programable and Erasable Read Only Memory*) dan dikemas satu kemasan dengan CPU (*Central Processing Unit*).

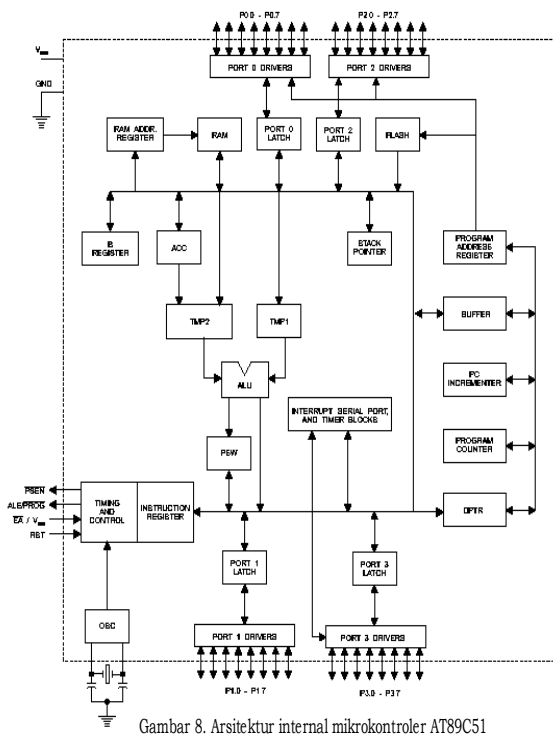
P1.0	1	40	VCC
P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	E A / VFF
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT 0) P3.2	12	29	PSEN
(INT 1) P3.3	13	28	P2.7 (A1.5)
(T 0) P3.4	14	27	P2.6 (A1.4)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A1.3)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A1.2)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A1.1)
XTAL 2	18	23	P2.2 (A1.0)
XTAL 1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

Gambar 6. Pena-pena mikrokontroler AT89C51
 (Atmel Corp.,2001:1)

MCS-51 dapat mengakses 64 kilo *byte* memori program eksternal, mempunyai 32 jalur I/O dan sebuah *receive buffered*, serial I/O dua arah, sehingga MCS-51 dapat menerima *byte* yang kedua sebelum *byte* yang telah diterima sebelumnya dibaca dari *receive register* dan MCS-51 ini dapat mengirim dan menerima data secara bersamaan. Gambar 6 merupakan konfigurasi pena-pena dari mikrokontroler AT89C51. Blok diagram dari mikrokontroler AT89C51 diperlihatkan pada Gambar 7.



Sedangkan arsitektur internal mikrokontroler ditunjukkan oleh pada. Mikrokontroler AT89C51 memiliki keistimewaan sebagai berikut: memiliki satu prosesor 8 bit, dapat melaksanakan operasi perkalian, pembagian, dan operasi *boolean*, mempunyai *Flash* memori internal 4098 *byte*, RAM internal 128 *byte* (*on chip*), sumber detak internal dan rangkaian pewaktuan, 4 buah terminal masukan dan keluaran masing-masing 8 bit, 2 *timer/counter* 16 bit, 5 jalur interupsi (2 interupsi eksternal dan 3 interupsi internal), terminal komunikasi *serial full duplex Universal As* (UART), kecepatahan pelaksanaan satu siklus instruksi dengan menggunakan pewaktu dengan frekuensi 12 MHz adalah 1 μ s (Moh.Ibnu Malik dan Anistardi, 1997:6). Dengan karakteristik yang dimiliki oleh AT89C51 seperti tersebut di atas, maka dimungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai pusat kendali dan pengolah informasi yang diam-bil melalui sebuah probe



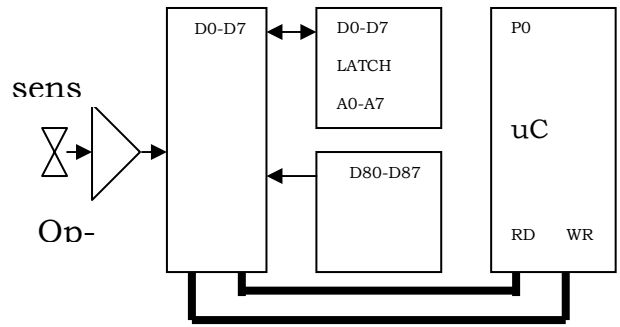
Gambar 8. Arsitektur internal mikrokontroler AT89C51
 (Atmel Corp.,2001:2)

Tampilan Kristal Cair (Liquid Crystal Display -LCD)

LCD atau tampilan kristal cair merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk menampilkan hasil operasi yang dilakukan oleh mikrokontroler AT89C51. Modul tampilan ini menggunakan modul tampilan kristal cair matrik titik dengan pengendali LCD di dalamnya. Pengendali ini memiliki RAM /ROM, pembangkit karakter yang terletak di dalam modul. Semua fungsi tampilan dikendalikan oleh perintah-perintah yang telah diprogram, sehingga tampilan dari *display* dapat terlihat dengan jelas.

KERANGKA BERFIKIR

Berdasarkan teori-teori di atas, maka kerangka berfikir dalam pembuatan instrumen dapat digambarkan sebagai berikut:



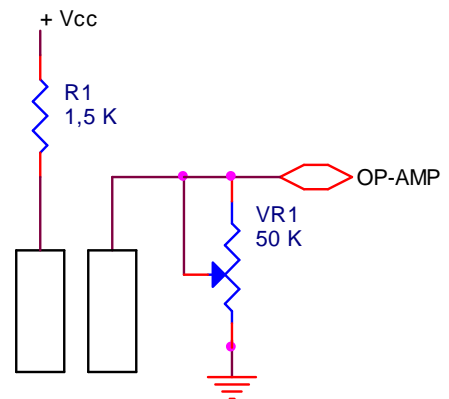
Gambar 9. Kerangka Berfikir

Rancangan Alat

Berikut disajikan bagian bagian dari sistem pembentuk unit instrument yang dibangun

1. Unit Sensor Air

Unit ini pada dasarnya adalah sistem jembatan resistor terdiri dari sebuah potensiometer dan sebuah resistor serta salah satu pirantinya diwujudkan oleh probe logam yang terbuat dari aluminium dan timah. Hasil dari pengindraannya diumpankan ke op-amp untuk selanjutnya diolah oleh mikrokontroler.

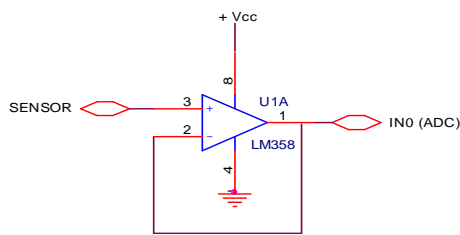


Plat Aluminium dan Timbel

Gambar 10. Sensor kadar air tanah

2. Penguat op-amp

Rangkaian penguat op-amp ini berfungsi sebagai penyangga (buffer), karena pada rangkaian ini diterapkan umpan balik satu satuan. Proses kerja dari penguat op-amp dimulai pada saat input *non inverting* (pin 3) dari op-amp mendapat tegangan masukan. Tegangan tersebut dikuatkan satu kali, karena output langsung diumpangkan ke input *inverting* (pin 2) tanpa melalui R umpan balik, sehingga tegangan output yang dihasilkan stabil. Tegangan output dari rangkaian op-amp diumpangkan ke rangkaian input ADC



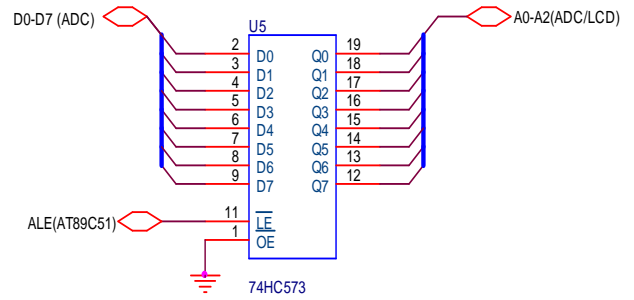
Gambar 11. Rangk penguat op-amp

3. Pengubah Analog ke Digital (ADC)

Cara kerja dari rangkaian pengubah analog ke digital adalah dimulai pada saat sinyal RD dari mikrokontroler diumpangkan ke ADC melalui START dan ALE, sehingga ADC dalam kondisi membaca data dari Ch 0. Kemudian sinyal WR dari mikrokontroler juga diumpangkan ke ADC (kondisi menulis). Setelah semua data telah tersimpan di mikrokontroler, maka mikrokontroler memberikan sinyal interupsi (INT0) ke ADC melalui EOC).

2. Rangkaian Penahan

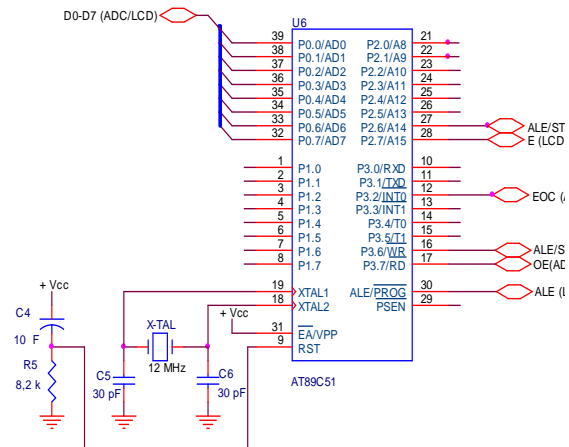
Cara kerja dari rangkaian penahan dapat dijelaskan sebagai berikut:
 Alamat dimulai pada saat alamat untuk rangkaian penahan alamat dibuka. Kemudian mikrokontroler mengirimkan sinyal ALE ke rangkaian penahan alamat, sekaligus rangkaian penahan alamat mengunci alamat tersebut. Setelah itu data dari mikrokontroler dikeluarkan.



Gambar 13. Rangkaian penahan alamat

5. Rangkaian Mikrokontroler AT89C51

Syarat utama agar rangkaian mikrokontroler AT89C51 dapat bekerja, maka dibutuhkan frekuensi kerja 12 MHz dari sebuah kristal dan dua buah kapasitor keramik 30 pF di samping harus adanya power supply. Pada rangkaian ini data heksadesimal dari ADC diumpangkan ke mikrokontroler melalui port P0. Dengan bantuan program HB2000, data yang masuk diolah dan diproses oleh mikrokontroler, yang juga mengubah bilangan heksadesimal ke desimal yang hasilnya ditampilkan oleh *display* (LCD).

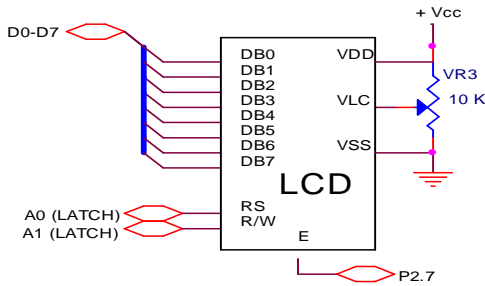


Gambar 14. Rangkaian mikrokontroler AT89C51

6. Display (LCD)

Cara kerja rangkaian LCD dimulai pada saat RS (*register select*) mendapat sinyal dari A0 (*lacth address*) dan R/W aktif *high* (LCD membaca data dari ADC), dan E (*enable*) mendapat sinyal P2.6, sinyal RD dan WR dari mikrokontroler.

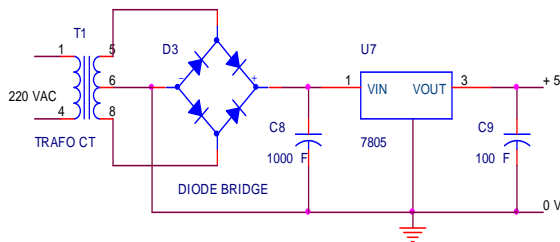
Sedangkan R/W aktif *low* (LCD menulis data). Sehingga data dapat ditampilkan melalui *display*.



Gambar 15. Rangkaian LCD

7. Catu daya

Cara kerja dari rangkain catu daya dimulai dari transformator CT mendapatkan tegangan listrik 220 njadi 6 VAC, karena tegangan sumber $V_{cc} = \pm 5$ volt. Oleh dioda *bridge*, tegangan disearahkan. Tegangan output difilter oleh kapasitor C8. Selanjutnya tegangan diumpankan oleh IC LM 7805 (+ 5 volt). Kemudian dibypass oleh C9, sehingga dihasilkan tegangan yang stabil.



Gambar 16 Rangkaian catu daya

HASIL PENELITIAN

Data penelitian yang dihasilkan berdasarkan pada hasil pengujian masing-masing blok alat. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali, hal ini untuk mendapatkan keakuratan dari hasil penelitian.

Sensor Kadar Air Tanah

Hasil pengukuran sensor kadar air tanah dapat ditunjukkan seperti Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor

No.	Tanah (kg) : Air (liter)	Tegangan rata-rata (volt)
1.	0,5 : 0,0	0,45
2.	0,5 : 0,5	3,60
3.	0,5 : 1,0	3,18
4.	0,5 : 1,5	2,98
5.	1,0 : 0,5	3,18
6.	1,0 : 1,5	3,06
7.	1,5 : 0,5	3,05
8.	1,5 : 1,0	3,01
9.	1,5 : 2,0	2,87
10.	2,0 : 0,5	3,03
11.	2,0 : 1,5	2,93

2. Pengubah Analog ke Digital (ADC)

Data hasil pengukuran ADC dapat ditunjukkan sebagai berikut: tegangan sumber (V_{cc})= 4,88 volt dan tegangan R_{eff} (V_{reff}) = 4,15 volt. Besarnya pengubahan tegangan ke digital sesuai dengan Tabel 2 di bawah ini .

Tabel 2. Hasil Pengujian ADC

3. Pengujian perangkat

Pengujian pada perangkat dilakukan dengan cara mengubah-ubah perbandingan antara tanah dengan volume air. Untuk sistem kalibrasi, ditentukan oleh besarnya hambatan pada potensiometer (V_{R1}) = 5,8 K Ω . Hasil yang terlihat pada *display* (LCD) merupakan hasil pengukuran kadar air tanah yang diukur. Sedangkan unit *Soil Tester* merupakan pembanding dari perangkat yang dibuat.

Table 3. hasil pengujian Perangkat

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pengukur kadar air dalam tanah (*Soil Tester*) berbasis mikrokontroler dimulai dari pembacaan kadar air oleh sensor. Output sensor menghasilkan tegangan yang kemudian dibuffer oleh penguat op-amp. Antara perhitungan dengan hasil pengukuran tegangan output sensor mempunyai perbedaan 0,12 volt. Kondisi ini dipengaruhi oleh penurunan tegangan sumber V_{cc} yang seharusnya 5 volt menjadi 4,88 volt. Penurunan tersebut mungkin disebabkan oleh adanya sistem pengawatan rangkaian yang kurang baik, kom-

ponen yang digunakan kurang presisi, khususnya nilai komponen pasif seperti resistor yang tidak memperhitungkan toleransi dan dianggap mempunyai nilai ideal, sehingga dapat mengakibatkan rugi tegangan sumber.

Tegangan yang telah dibuffer oleh penguat op-amp diumpangkan ke rangkaian pengubah analog ke digital (ADC) melalui channel 0. Oleh ADC tegangan analog diubah dalam bentuk heksa-desimal. Bilangan hasil pengubahan tersebut jika dibandingkan dengan perhitungan terdapat perbedaan 0,03 volt (tegangan input 0,5 volt dan hasil pengukuran 0,47 volt). Perbedaan tersebut juga disebabkan oleh penurunan tegangan sumber V_{cc} yang seharusnya 5 volt menjadi 4,88 volt dan juga dapat disebabkan oleh karakteristik komponen dan mungkin pengawatan rangkaian yang kurang baik.

Bilangan heksadesimal diumpangkan ke rangkaian penahan alamat, port P0 mikrokontroler, DB0-DB7 pada LCD. Oleh mikrokontroler bilangan heksadesimal tersebut diolah dan diproses. Selanjutnya bilangan heksa-desimal diubah menjadi bilangan desimal. Bilangan desimal tersebut ditampilkan oleh LCD, sehingga data hasil pengukuran terlihat jelas.

Perbandingan antara perangkat yang dibuat dengan unit *Soil Tester* standar dianalisis dengan uji t (*t-test*). rerata antar kelompok.

Dari tabel hasil pengamatan, jika ditinjau dari besarnya prosentase kesalahan dari hasil uji coba terjadi kesalahan yang berkisar antara 0% sampai dengan 1,4% terhadap unit *Soil Tester* standar.

Hasil perhitungan uji t, harga $t = 0,06$ dengan $d.b. = 10$ dan dari tabel distribusi t pada $t.s.0,05 = 1,81$ dan $t.s.0,01 = 2,76$. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran terjadi perbedaan yang tidak berarti pada taraf nyata 0,01.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil rancangan yang ada, maka secara riil telah dapat diwujudkan sebuah instrument ukur kadar air tanah berbasis mikrokontroler.
2. Unjuk kerja instrumen ukur yang dibangun ini

mempunyai rentang prosentase kesalahan dari 0 sampai 1,4%. Besarnya penyimpangan hasil pengukuran tidak berbeda secara signifikan dibandingkan dengan *soil tester* standar pada taraf signifikansi 0,01. Dapat disimpulkan bahwa alat pengukur kadar air tanah berbasis mikrokontroler AT89C51 ini dapat digunakan sebagai pengukur kadar air tanah.

SARAN

Alat pengukur kadar air dalam tanah (*Soil Tester*) berbasis mikrokontroler AT89C51 agar dapat bekerja dengan baik, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

1. Pembacaan hasil pengukuran dicari pada saat angka yang ditampilkan oleh *display* dalam kondisi stabil.
2. Setelah menggunakan alat ini, sebaiknya probe logam (elektroda) segera dibersihkan dan dikeringkan.
3. Alat ini ujobakan pada jenis sampel tanah yang lain.
4. Alat ini bisa dikembangkan lagi dengan memodifikasi sesuai dengan kebutuhan, misalnya untuk: termometer, tachometer, barometer dan peralatan lain hanya dengan mengganti sensor beserta rangkaiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmel Corp.2001. *8-Bit Microcontroller with 4K Bytes Flash*. [Online].26-08-2002 URL (<http://www.atmel.com/acrobat/doc.0265.pdf>).
- G. Djatmiko Soedarmo, S.J. Edy Purnomo. 1997. *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Kanisius.
- Henry D.Foth (alih bahasa Soenartono Adisoemarto).1994.*Dasar-dasar Ilmu Tanah Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga.
- Moh. Ibnu Malik, Anistardi.1997. *Bereksperimen dengan Mikrokontroler 8031*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- National Semiconductor Corp. 1999. *ADC 0808 / ADC 0809 8-Bit μ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer*. [Online]. 26-08-2002 URL

<http://www.national.com/pf/AD/ADC0809.pdf>).

National Semiconductor Corp. 2002. *LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers*. [Online].26-08-2002 URL <http://www.national.com/pf/LM/LM358.pdf>.

Philips Semiconductors. 1990. *74HC/ HCT573 Octal D-type Trans parent Latch; 3-state*. [Online].18-02-2003.URL <http://www.philips.com/product/hc/pdf/74hc573.pdf>.

Robert Boylestad,Louis Nashelsky.1992. *Electronic Devi ces and Circuit Theory Fifth Edition* . New Jersey: Prentice Hall.

Sudjana.1996.*Metoda Statistika*.Bandung:Tarsito.

Suharsimi Arikunto. 1998. *Prosedur Pe-nelitian Suatu Pendekatan Prak-tek*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.

Seiko Instruments Inc.1987.*Liquid Crys-tal Display Module M1632 User Manual*. Japan.

Tim Penyusun Kamus Pusat Bahasa.1996.*Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.

-----2001.*Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.

Takemura Electric Works,Ltd.2002.*Soil-pH & Humidity Tester*.Tokyo.

Titiek Islami, Wani Hadi Utomo.1995. *Hubungan Tanah, Air dan Ta-naman*. Semarang: IKIP Semarang Press.

Biografi

I Made Sudana, Lahir di Klungkung tahun 1956. Lulus Sarjana Pendidikan Teknik Elektro dari Universitas Negeri Yogyakarta 1982 dan Magister Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Universitas Negeri Jakarta 1994. Sebagai Tenaga Pengajar di Jurusan Teknik Elektro FT UNNES sejak 1984 sampai saat ini. Menekuni bidang Instrumentasi dan Kendali.