

## PERANCANGAN OTOMATISASI PENGATUR pH LIMBAH INDUSTRI MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER MCS51

Subari Santoso, Kris Tri Basuki, Djoko SP., Saminto

Puslitbang Teknologi Maju - BATAN

### ABSTRAK

*PERANCANGAN OTOMATISASI PENGATUR PH LIMBAH INDUSTRI MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER MCS51. Telah dirancang sistem otomatisasi pengatur pH limbah industri yang dikendalikan oleh mikrokontroler MCS51. Mikrokontroler MCS51 merupakan salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan pada beberapa perusahaan digunakan sebagai sistem kontrol dan akuisisi data. Mikrokontroler ini mempunyai waktu pelaksanaan instruksi yang minimum yaitu sebesar 0,5 mikrodetik, cukup baik untuk sistem kontrol, murah dan mudah didapatkan. Sistem pembacaan pH dilakukan dengan mendeteksi keluaran tegangan elektroda pH yang dipasang pada limbah industri, dengan menambah rangkaian penguat tegangan, pengubah analog ke digital (ADC), maka dapat dideteksi besaran pH pada limbah industri tersebut. Pemakai alat (user) dapat memasukkan angka pH maksimum yang diijinkan dan jika angka tsb. sama atau lebih besar dari hasil pengukuran maka cairan akan diencerkan secara otomatis dengan membuka kran pompa residu asam atau residu basa agar pH dapat lebih kecil dari batasan angka yang dimasukkan. Tenggang waktu kran terbuka dan pengadukan juga dapat ditentukan oleh pemakai alat dan akan disensor oleh sistem mikrokontroler secara otomatis pula. Jumlah sensor pH maksimum 8 buah, sistem pompa air 5 buah dan sistem pembuka / penutup kran 1 buah.*

### ABSTRACT

*DESIGN OF THE AUTOMATIZATION OF INDUSTRIAL WASTE pH REGULATOR USING MCS51 MICROCONTROLLER. The automatization system for industrial waste pH regulator which can be controlled by using MCS51 microcontroller has been designed. MCS51 microcontroller is commonly used as control and data acquisition systems. The microcontroller has minimum respon time of 0.5 microsecond, so that it is sufficiently good to be applied as control system. It is also cheap and available at market. The reading of pH value is done by detection the output voltage of pH electrode which is completed with a voltage amplifier and analog to digital converter (ADC). User can set an allowed maximum pH value and if this value is equal or greater than the measured value, then the liquid will be diluted automatically by opening the pump valve of acid residu or alkalis residu, so that the pH value is smaller than the pH setting value. The duration of valve open and stirring can also be determined by user and will be sensed automatically by the microcontroller. The maximum pH sensor is 8 units, water pump 5 units, and valve open/close system is 1 unit.*

### PENDAHULUAN

Era globalisasi di Indonesia mengakibatkan perkembangan industri yang cukup mengembirakan dan menunjang pertumbuhan ekonomi secara nasional maju dengan pesat. Namun perlu difikirkan akibat pertumbuhan industri yang pesat pencemaran lingkungan juga ikut meningkat karena sistem pembuangan belum laik. Dengan adanya kasus semacam itu sistem sistem lingkungan bersih merupakan tanggungjawab kita bersama. Limbah industri khususnya limbah cair dari industri kimia tekstil, mempunyai pH yang berubah-ubah tergantung proses pengolahan tekstil yang dilakukan. Suasana asam atau basa pada proses industri kimia tekstil diperlukan untuk mempercepat proses dan mempertinggi mutu produksi, dan pada umumnya dipergunakan asam atau basa berlebihan. Sehingga

limbah cair yang dibuang kondisi keasaman atau kebasaannya masih tinggi dan selalu berganti-ganti. Maka pengaturan pH limbah buangan dari industri kimia tekstil sangat penting, guna mencegah pencemaran lebih lanjut. Bahaya yang ditimbulkan oleh lingkungan (air) yang tercemar bahan kimia ada yang dapat segera dirasakan tetapi ada juga yang baru dapat diketahui setelah jangka waktu yang lama, misalnya pencemaran oleh logam-logam berat seperti : Pb, Hg, Cd, Cr, As, Sb, Ti, V dan Be dapat menyebabkan kematian atau gangguan kesehatan yang tidak pulih dalam waktu singkat. Limbah yang dibuang ke lingkungan tanpa diolah lebih dahulu dapat menyebabkan air disekitarnya mempunyai deradat keasaman yang tinggi dan hal ini membahayakan kelestarian makhluk hidup yang ada seperti ikan, tumbuh-tumbuhan dan hewan lainnya bahkan pula dapat mempengaruhi kesehatan kita.

Masih banyak industri di Indonesia belum melakukan otomatisasi didalam proses pengolahan limbah. Dengan penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan akurasi yang lebih baik dari pada sistem manual yang ada, juga dapat mengurangi campurtangan pengguna secara langsung sehingga kejenuhan bekerja dapat dikurangi dan dengan pengaturan pH secara otomatis maka efektifitas kerja dapat dicapai.

## TATA KERJA DAN PERCOBAAN

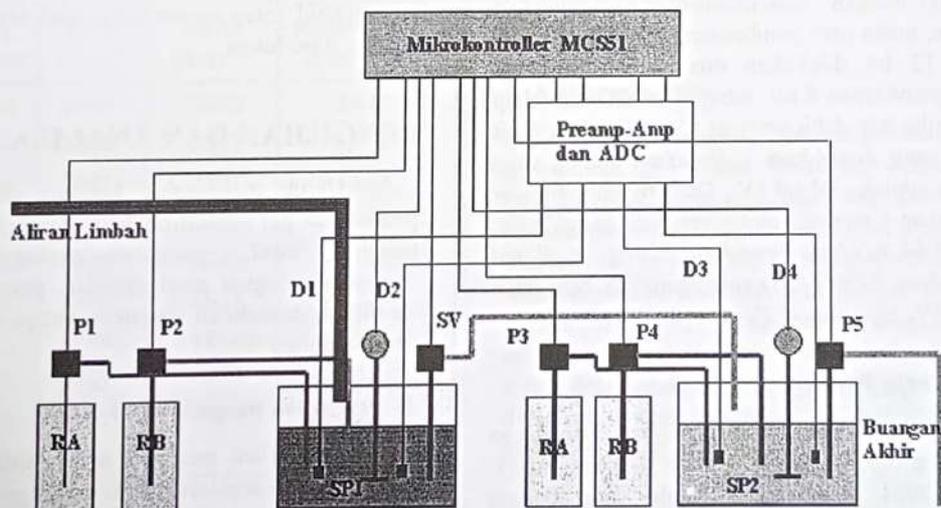
### Prinsip Kerja Perangkat Keras

Perancangan Otomatisasi Pengatur pH Limbah Industri Menggunakan Mikrokontroler MCS51 terlihat pada Gambar 1.

Prinsip kerja sistem kontrol pengatur pH limbah industri adalah sebagai berikut :

Limbah mengalir pada penampung 1 dan sistem pengaduk diaktifkan, detektor (D1) membaca nilai

pH larutan, pH meter mampu menterjemahkan hasil pengukuran pH 0 sampai dengan 14 dengan tegangan keluaran 0 - 1,4 Volt. Tegangan tersebut diumpankan ke penguat awal dan dibaca oleh mikrokontroler melalui ADC, data tersebut dibandingkan dengan batasan angka yang ditentukan untuk mengaktifkan Pompa pada RA atau RB. Dengan menambahkan cairan dari RA atau RB maka nilai pH akan bertambah atau berkurang sampai dengan batas angka yang ditentukan dan selanjutnya sistem akan meaktifkan Selenoid Valve dan cairan akan mengalir ke sistem penampung 2. Pada sistem penampung 2 sistem pengaduk diaktifkan dan dibaca nilai pH larutan dan akan menentukan RA atau RB yang akan diaktifkan, dengan pembacaan nilai pH secara kontinyu akan didapatkan angka tertentu yang menentukan apakah cairan limbah sudah laik untuk dibuang ke lingkungan sekitarnya dengan mengaktifkan P5 dan saluran buangan akhir. Prinsip kerja sistem kontrol pengatur pH limbah industri secara logika seperti terlihat pada Tabel 1.



Keterangan : RA = Reservoir Asam, RB = Reservoir Basa, P1...P5 = Pompa ke 1...5, SV = Selenoid Valve, D = detektor pH, SP1, SP2 = Sistem Pengaduk 1 dan 2

Gambar 1. Perancangan Sistem Kontrol Pengatur pH Limbah Industri Menggunakan Mikrokontroler.

Tabel 1. Pengaktifan sistem pompa dan pengaduk.

SP1	D1/D2	P1	P2	SV	D3/D4	SP2	P3	P4	P5
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
1	1	0	0	0	1	1	0	1	1

### 1. Rangkaian Penguat Awal

Rangkaian penguat awal dirancang menggunakan IC TL072 (*Op-Amp*), yang terdiri dari rangkaian follower dan rangkaian penguat 2,73 kali. Fungsi dari rangkaian follower adalah sebagai penyama impedansi antara record output dengan input penguat 2,73 kali. Penguat 2,73 kali merupakan rangkaian umpan balik negatif menggunakan *Op-Amp* dengan  $R_i = 300 \text{ Ohm}$  dan  $R_f = 820 \text{ Ohm}$ . Tegangan referensi yang dipakai *Op-Amp* adalah 5V dan -5V.

### 2. Rangkaian Pengubah Analog Ke Digital

Pengubah sinyal analog ke digital dalam pembuatan rangkaian *interface* ini digunakan AD574AJD mode bipolar, yaitu ADC 12 bit tipe pengubahan secara pendekatan berurutan (*successive approximation*) dengan waktu konversi minimum 25 mikrodetik. Operasi AD574AJD dikendalikan oleh pin-pin kendali A0, R/C, CE, dan CS. Salah satu keistimewaan pengubah analog ke digital ini adalah dapat dihubungkan dengan prosesor yang mempunyai data bus 8, 12 ataupun 16. Penyambungan AD574AJD dengan mikrokontroler menggunakan 8 data bus, maka cara pembacaan data digital hasil konversi 12 bit dilakukan dua tahap. Tahap pertama pembacaan 8 bit sebagai MSB dan tahap kedua pembacaan 4 bit sebagai LSB ditambah 4 bit pengikut yang di-nol-kan. Masukan analog yang digunakan adalah -5V s.d 5V. Dengan mode bipolar dan masukan analog, maka resolusi pengubahan adalah 2,44 mV/bit. Pengubah analog ke digital menggunakan AD574AJD menggunakan catu daya referensi 5V, 12V dan -12V.

### Prinsip Kerja Perangkat Lunak

Perangkat Lunak yang dibuat merupakan rangkaian program dalam bahasa Bascom 8051. Bascom 8051 merupakan salah satu bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk membuat suatu program yang akan dimuat dalam mikrokontroler MCS51. Bahasa yang digunakan pada compiler mirip dengan bahasa basic yang telah dikenal luas. Bascom 8051 merupakan compiler yang terintegrasi sehingga mulai dari membuat, mengcompile, men debug hingga menanamkan file program dapat dilakukan dengan menggunakan compile ini. Program Bascom 8051 yang dibuat mempunyai tujuan agar instrumen dapat digunakan sesuai yang diinginkan. Inti dari program utama sistem otomatisasi Pengatur pH limbah cair yang dikendalikan mikrokontroler DT51 terdiri dari program utama dan beberapa subroutine program. Perancangan sistem otomatisasi telah dilakukan dan hasil rancangan yang terdiri dari sistem penguat

tegangan, rangkaian ADC, pengoperasian penerimaan dan pengeluaran data digital 8 bit menggunakan mikrokontroler DT51 dan sistem pengatur-an *switch* (penghubung tegangan) 5 volt DC dengan sistem AC tegangan 220Volt melalui kontak *relay* telah dicoba. *Relay* dapat mengatur ON/OFF saklar pompa air dan sistem pembuka/penutup kran bertegangan 220Volt.

Perangkat lunak dibuat untuk fungsi-fungsi sebagai berikut :

1. Mengatur aktif dan tidaknya sistem *interface*.
2. Mengontrol kerja Paralel Bus I/O sebagai pengatur *input/output* data dalam *interface* sehingga dapat berkomunikasi dengan sistem mikrokontroler.
3. Mengatur operasi pengubah analog ke digital AD574AJD ketika dilakukan pembacaan data digital hasil konversi 12 bit dan mampu berkomunikasi dengan gerakan pompa dan sistem pengaduk.
4. Mengolah data hasil pembacaan pH sehingga dapat mengaktifkan sistem pompa, pengaduk, selenoid valve secara bergantian atau bersamaan jika diperlukan.

### PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Untuk mengetahui kualitas sistem kontrol pembacaan pH telah dilakukan pengujian linieritas penguat awal, pengubah analog ke digital, gabungan penguat awal dengan pengubah analog ke digital, kestabilan sistem dalam pengukuran pH serta kalibrasi sistem.

#### 1. Pengujian penguat awal

Pengujian penguat awal dilakukan untuk mengetahui karakteristiknya sehingga diharapkan dapat meminimumkan kesalahan dari keluaran. Hasil pengujian ditunjukkan oleh Tabel 2. Dari Tabel 2 tersebut dapat dihitung kesalahan rata-rata output 1,169 % dan koefisien linieritasnya adalah 0,999, sehingga dapat disimpulkan cukup memadai untuk dipakai dalam sistem *interface*.

#### 2. Pengujian pengubah analog ke digital AD574AJD

Mengetahui linieritas pengubah analog ke digital untuk suatu sistem pengukur pH sangat penting artinya dalam menentukan sejauh mana kesalahan yang disumbangkannya terhadap hasil pembacaan. Untuk itu maka telah dilakukan pengujian terhadap pengubah analog ke digital AD574AJD dengan hasil sebagaimana pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil pengujian penguat awal.

No	Vin (Volt)	Vout (Volt)*	Vout (Volt)* *	Kesalahan (Prosen)
1	0,1	-0,272	-0,273	0,367
2	0,2	-0,547	-0,547	0,000
3	0,3	-0,822	-0,820	-0,243
4	0,4	-1,092	-1,093	0,091
5	0,5	-1,365	-1,367	0,146
6	0,6	-1,579	-1,640	3,719
7	0,7	-1,829	-1,913	4,391
8	0,8	-2,170	-2,187	0,777
9	0,9	-2,460	-2,460	0,000
10	1,0	-2,730	-2,733	0,110

Keterangan :

\* Tegangan keluaran terukur

\*\* Tegangan keluaran seharusnya

Tabel 3. Hasil pengujian linieritas AD574AJD.

No.	Vin (Volt)	BCD (out)*	BCD (out)**	Kesalahan (Prosen)
1	4,00	3596	3686	-2,442
2	3,01	3281	3281	0,000
3	2,01	2833	2871	-1,324
4	1,00	2501	2458	1,749
5	0,00	2045	2048	-0,146
6	-1,01	1565	1634	-4,223
7	-2,02	1159	1221	-5,078
8	-3,01	782	815	-4,049
9	-4,00	467	410	13,902
10	-4,99	4	4	0,000

Keterangan :

\* Terbaca ; \*\* Seharusnya

Dari hasil pengujian AD574AJD pada Tabel 3 dapat dihitung kesalahan rata-rata hasil pembacaan dengan seharusnya sebesar -0,1611 % dan koefisien linieritasnya sebesar 0,999. Hasil ini menunjukkan bahwa AD574AJD cukup memadai untuk digunakan sebagai pengubah analog ke digital dalam sistem *interface* yang telah dibuat.

### 3. Pengujian kestabilan pembacaan pH

Pengujian kestabilan dimaksudkan untuk mengetahui sampai sejauh mana kestabilan sistem

dalam pengukuran pH pada suatu harga tertentu. Alat yang telah dibuat digabungkan dengan pH meter tipe 522 dan dihubungkan dengan detektor. Hasil pengujian diambil data sebanyak 10 cacahan yang hasilnya seperti Tabel 4. Dari tabel tersebut terlihat bahwa kesalahan rata-rata pengukuran adalah -0,2288 %

Tabel 4. Hasil pengujian kestabilan pengukuran pH.

No.	pH Cairan	pH Terbaca	Kesalahan (persen)
1	7,42	7,40	-0,269
2	7,42	7,42	-0,000
3	7,42	7,39	-0,404
4	7,42	7,41	-0,135
5	7,42	7,40	-0,269
6	7,42	7,41	-0,135
7	7,42	7,40	-0,269
8	7,42	7,41	-0,135
9	7,42	7,40	-0,269
10	7,42	7,39	-0,404

### 4. Kalibrasi sistem

Untuk mengatasi kesalahan-kesalahan hasil pengukuran pH akibat kesalahan output penguat awal dan ADC maka telah dirancang sistem kalibrasi melalui perangkat lunak. Sistem ini memanfaatkan display pH meter tipe 522 sebagai standar pH terukur, kemudian dibandingkan dengan hasil pembacaan data dari pengubah analog ke digital sehingga diperoleh faktor kalibrasi ( $k$ ). Selanjutnya setiap data untuk menampilkan harga pH senantiasa dikalikan dengan bilangan  $k$  ini, sehingga diperoleh kesalahan yang relatif kecil.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian, dan pengolahan data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dilakukan perancangan otomatisasi pengatur pH limbah industri dan dapat meningkatkan efisiensi kerja didukung perangkat lunak untuk memudahkan sistem operasional.
2. Hasil pengujian linearitas ADC yang digabung dengan sistem penguatan sebesar 0,989 dan besarnya prosentase rata-rata ketidakstabilan pengukuran pH adalah : 0,2288 %.
3. Perangkat lunak yang telah dirancang mempunyai kemampuan untuk mengaktifkan *inter-*

face guna melakukan proses pengukuran pH dan mengaktifkan sistem pompa, pengaduk dan selenoid valve pada pada limbah industri menggunakan mikrokontroler MCS 51.

## DAFTAR PUSTAKA

1. OETOYO BAMBANG, DAVID SUGIHARTO dan SRI MULATI, *Pola Penggunaan Limbah Industri Penyamakan Kulit*, Balai Pengembangan dan Penelitian Industri Kulit, Karet dan Plastik, Yogyakarta, 1981.
2. WASPODO PRIYO, SUPRANTO, *Buletin Ilmu terpadu No 6 Tahun 1983*, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta, 1983.
3. HENDRIYANTO H TJAHYONO, *Sistem uc Mikrokontroler DT51*, Aplikasi Mikrokontroler Dalam Instrumentasi Nuklir BATAN Serpong Tangerang, 2003.
4. WIRANTO BUDI SANTOSO, *Pemrograman Mikrokontroler Dengan Bascom 8051*, Aplikasi mikrokontroler Dalam Instrumentasi Nuklir BATAN Serpong Tangerang, 2003.
5. DOUGLAS V HAL, *Microprocessor and Digital Systems*, International Student Edition, Copyright, 1986.
6. HARRY GARLAND, PROF. M. BARMAWI, PH.D., *Pengantar Desain Mikroprosesor*, Copyright, 1984.
7. LEWIS C ENGGBRECHT, *Interfacing to the IBM Personal Computer*, Second Edition, Fifth Printing, 1992.
8. SUBARI SANTOSO, dkk., *Pembuatan Sistem Kontrol Aliran Eluen Pada Proses Pengendapan Bertingkat Menggunakan IBM-PC*, Prosiding Pertemuan Ilmiah XV HFI Jateng & DIY, Semarang 31 Agustus 1996.
9. SUBARI SANTOSO, *Rancangbangun Eluiter dan Sistem Kendali Konduktometer*, Presentasi Ilmiah 16 Desember 1996.

## TANYA JAWAB

### Supriyono

- Apakah sistem ini dapat dimodifikasi menggunakan mikroprosesor atau dengan PC ?

### Subari Santoso

- Dapat. Pada prinsipnya mikroprosesor, personal computer (PC) ataupun mikrokontroler adalah sama-sama sistem pengolah data digital, kesamaannya ketiganya adalah : mempunyai data bus, address bus dan control bus sedangkan perbedaannya adalah fasilitas berbeda mikrokontroler mempunyai counter/timer dan paralel I/O ada didalam sistem sedangkan pada mikroprosesor diluar chip mikroprosesor itu sendiri. Sedangkan pada personal komputer telah dilengkapi beberapa fasilitas penunjang seperti memory jauh lebih besar, master program tersimpan pada memory (hard disk) dll.

### Taruniati Handayani

- Apakah kelebihan mikrokontroler dibandingkan dengan alat pengontrol pH lainnya didalam industri ?

### Subari Santoso

- Mikrokontroler adalah sistem pengolah data baik dari luar sistem maupun data yang diberikan dari dalam perangkat lunak. Dalam penelitian ini mikrokontroler digunakan sebagai pengolah data pengukuran pH dan mengirimkan data digital melalui sistem penguat arus menghidupkan relay 220VAC untuk menghidupkan atau mematikan sistem pompa atau selenoid valve. Sedangkan alat pengontrol pH didalam industri bisa menggunakan mikroprosesor, mikrokontroler ataupun personal computer (pc) yang dikemas dalam suatu alat dengan merk tertentu. Mikrokontroler mempunyai kelebihan bahwa instruksi dapat langsung diterjemahkan dalam bentuk digital tanpa melalui bahasa penterjemah dari bahasa tingkat tinggi ke bahasa mesin (assembler).