

**RANCANG BANGUN PENGATUR VALVE
PENGOLAH AIR UMPAN *BOILER*
MENGUNAKAN INDIKATOR TDS**

Totok Dermawan, Heru Winarso, Budi Suhendro,

Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jl. Babarsari Kotak Pos 6101/YKBB Yogyakarta
Telp : (0274)48085,489716 ; Fax : (0274)489715
totokdermawan@gmail.com

INTISARI

RANCANG BANGUN PENGATURAN *SOLENOID VALVE* UNTUK PENGOLAH AIR UMPAN *BOILER* MENGGUNAKAN INDIKATOR TDS. Telah dilakukan rancang bangun pengaturan *solenoid valve* untuk pengolahan air umpan *boiler* dengan indikator TDS. Penelitian ini dilakukan untuk menerapkan otomatisasi pengaturan *valve-valve* pada peraga pengolahan air umpan *boiler* dengan menggunakan mikrokontrol sebagai pengendalinya. Nilai tds air sebagai input kontrol untuk membuka dan menutupnya valve. Proses rancang bangun terdiri dari pembuatan sensor TDS yang merupakan kombinasi dari rangkaian osilator jembatan Wien, amplifier tak-membalik dan *AC to DC converter*, pembuatan program otomatisasi *solenoid valve* dan perakitan *prototipe* peraga. Proses pengujian dilakukan terhadap respon dua buah valve, terhadap kerja sensor TDS, dengan menggunakan tiga sampel air yang memiliki nilai kurang dari atau sama dengan 50 ppm dan lebih dari 50 ppm. Hasil menunjukkan bahwa *solenoid valve* A dapat terbuka otomatis dan *solenoid valve* B tetap tertutup saat sensor membaca nilai TDS air sampel bernilai 18 ppm. Dan kondisi sebaliknya terjadi saat sensor membaca nilai TDS air sampel bernilai 65 ppm dan 112 ppm.

Kata kunci : solenoid valve, prototipe, air umpan boiler, mikrokontroler, TDS

ABSTRACT

DESIGN REGULATOR VALVE BOILER FEED WATER PROCESSING USING TDS INDICATORS. Has done design regulator valve for boiler feed water treatment with TDS indicator. The study was conducted to implement automation valve settings props boiler feed water treatment using Mikrokontrol as controlle. Tds value of water as a control input to open and close the valve. The design process consists of the manufacture of the TDS sensor which is a combination of the Wien bridge oscillator circuit, amplifier non-reversing and AC to DC converter, solenoid valve automation program and assembling the prototype demonstration. The testing process is done on the response of the two valves, to work TDS sensors, using three water samples having a value less than or equal to 50 ppm and 50 ppm. Results showed that the A solenoid valve can open automatically and solenoid valve B remains closed while the sensor reading is worth 18 ppm TDS. And the opposite condition occurs when the sensor reading TDS worth 65 ppm and 112 ppm.

Keyword : solenoid valve, prototype, boiler feed water, microcontroler, TDS

I. PENDAHULUAN

Air merupakan komponen terpenting dalam kehidupan manusia. Selain itu juga merupakan zat yang sangat dibutuhkan di setiap sektor industri termasuk untuk pemanfaatan kebutuhan energi dan pemanasan^[1]. Pada sektor industri, kebutuhan akan air ini sangat penting sekali, salah satunya adalah sebagai air umpan pada *boiler* ketel uap.

Pada sektor ini air memiliki berbagai macam fungsi diantaranya untuk menghasilkan uap sebagai pemutar turbin dalam pembangkitan energi listrik. Untuk menjaga performa maupun keawetan ketel uap dan system perpipaannya, maka kondisi air ini harus memenuhi persyaratan. Hal ini untuk memenuhi persyaratan, yang apabila tidak dipenuhi dapat menimbulkan masalah seperti terjadinya kerak (*scale*), korosi, dan busa^[2]. Beberapa parameter yang penting terhadap untuk air ketel uap antara lain pH, kesadahan, TDS, kandungan silika, dan kandungan fosfat^[3]. Tujuan dari penelitian ini adalah Merancang bangun prototipe pengaturan *solenoid valve* untuk pengolah air umpan *boiler* dengan sensor TDS menggunakan mikrokontroler.

II. DASAR TEORI

2.1 Boiler (Ketel Uap)

Boiler atau ketel uap adalah suatu peralatan berbentuk bejana yang digunakan untuk menghasilkan *steam* atau uap. Parameter air untuk ketel seperti pada Tabel 2.1. Uap ini dihasilkan dari proses penguapan air yang berada pada sistem ketel uap oleh energi panas hasil pembakaran bahan bakar atau sumber energi panas lainnya. Sistem ketel uap umumnya terdiri dari: sistem air umpan, sistem steam dan sistem bahan bakar. Penelitian ini sistem air umpan bertujuan untuk

menyediakan kebutuhan air ketel uap sesuai kebutuhan pembangkitan uap.

Tabel 2.1. Nilai pengendalian batas parameter air umpan ketel uap^[4]

| Parameter | Satuan | Pengendalian Batas |
|------------------|----------|---------------------------|
| pH | Unit | 10,5 – 11,5 |
| Conductivity | µmhos/cm | 5000, max |
| TDS | Ppm | 3500, max |
| P-Alkalinity | Ppm | - |
| M-Alkalinty | Ppm | 800, max |
| O-Alkalinity | Ppm | ,5 SiO ₂ , min |
| T. Hardness | Ppm | - |
| Silica | Ppm | 150, max |
| Besi | Ppm | 2, max |
| Phospat residual | Ppm | 20 – 50 |
| Sulfite residual | Ppm | 20 – 50 |
| pH condensate | Unit | 8,0 – 9,0 |

Air umpan boiler diperoleh dari dua sumber yaitu:

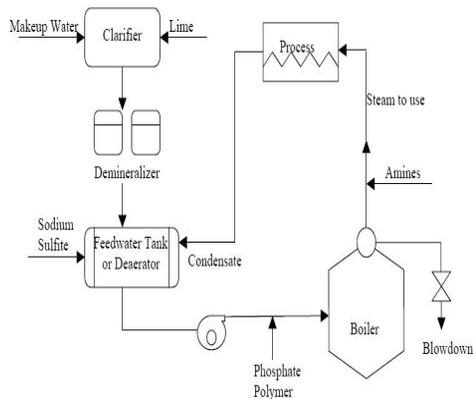
1. Kondensat atau steam yang berubah menjadi air dari proses pengembunan.
2. Air *makeup* atau air baku yang telah diolah sesuai syarat-syarat sebagai air umpan.

2.2 Sistem pengolahan air murni

Pemenuhan kebutuhan air umpan ketel uap dapat berasal dari air sungai, danau dan laut. Air baku tersebut tentu perlu diolah sedemikian rupa untuk memenuhi standard sebagai air umpan ketel uap. Pengolahan air baku menjadi air murni dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengolahan air internal dan pengolahan air eksternal.

Pengolahan air secara internal yaitu penambahan zat-zat kimia pada ketel uap secara langsung untuk menekan pembentukan kerak. Pembentukan kerak diubah menjadi lumpur sehingga laju pengendaliannya lebih mudah.

Pengolahan air secara eksternal yaitu proses yang bertujuan untuk membuang padatan tersuspensi, padatan terlarut dan gas terlarut.



Gambar 2.1. Sistem pengolahan air umpan boiler^[5]

Pada pengolahan eksternal dibagi dalam empat tahapan yaitu proses pendahuluan, proses filtrasi, proses penurunan, dan daerasi. Secara garis besar, proses pengolahan air baku menjadi air murni dapat ditampilkan pada Gambar 2.1.

2.3 Total dissolved solids (TDS)

Total dissolved solid adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan jumlah garam-garaman dan jumlah bahan organik yang terlarut dalam air^[6]. Padatan terlarut yang merupakan bahan-bahan terlarut dalam air dan tidak tersaring pada kertas berpori 0,45 µm. Satuan dari total dissolved solids atau TDS adalah part per milion atau disingkat ppm. Satuan ini menyatakan suatu perbandingan antara bagian dalam satu

juta bagian yang lain. Satuan TDS tidak jarang dinyatakan dalam miligram per liter atau mg/l.

2.4 Solenoid valve

Solenoid valve adalah gabungan dari sistem valve dengan sistem mekanis listrik dari solenoida. Cara kerja solenoid valve atau kran elektrik adalah berdasarkan ada atau tidaknya arus listrik yang masuk ke solenoida. Kran akan bekerja apabila input rangkaian dari solenoid valve mendapat sinyal high. Didalam solenoid valve terdapat kumparan yang apabila mendapat arus listrik baik AC maupun DC akan membangkitkan medan magnet yang akan menarik inti besi pada katup dan menyebabkan kran terbuka. Kran akan tertutup kembali bila kumparan tidak mendapat arus listrik.

2.5 Mikrokontroler Atmega32

Mikrokontroler adalah suatu kombinasi mikroprosesor, piranti I/O (Input/Output) dan memori, yang terdiri atas ROM (Read Only Memory) dan RAM (Random Access Memory), dalam bentuk keping tunggal (single chip) seperti pada Gambar 2.2. Mikrokontroler ATmega32 adalah mikrokontroler 8 bit buatan ATMEL dengan 32 KByte System Programmable Flash.

| | | | |
|-----------------|----|----|-------------|
| (XCK/T0) PB0 | 1 | 40 | PA0 (ADC0) |
| (T1) PD1 | 2 | 39 | PA1 (ADC1) |
| (INT2/AIN0) PB2 | 3 | 38 | PA2 (ADC2) |
| (ODD/AIN1) PD3 | 4 | 37 | PA3 (ADC3) |
| (SS) PB4 | 5 | 36 | PA4 (ADC4) |
| (MCS0) PB6 | 6 | 35 | PA5 (ADC5) |
| (MISO) PB7 | 7 | 34 | PA6 (ADC6) |
| (SCK) PB7 | 8 | 33 | HA/ (ALU1) |
| RESET | 9 | 32 | AREF |
| VCC | 10 | 31 | GND |
| GND | 11 | 30 | AVCC |
| XTAL2 | 12 | 29 | PC7 (TOSC2) |
| XTAL1 | 13 | 28 | PC6 (TOSC1) |
| (RxD) PD0 | 14 | 27 | PC5 (TD) |
| (TxD) PD1 | 15 | 26 | PC4 (TDC) |
| (INT0) PD2 | 16 | 25 | PC3 (TMS) |
| (INT1) PD3 | 17 | 24 | PC2 (TC0) |
| (OC1B) PD4 | 18 | 23 | PC1 (SDA) |
| (OC1A) PD5 | 19 | 22 | PC0 (SCI) |
| (CP) PD6 | 20 | 21 | PD7 (OC2) |

Gambar 2.2. Konfigurasi pin Atmega 32^[7]

2.6 Sistem minimum(*minsys*)

Minimum system (*minsys*) adalah rangkaian minimal agar chip mikrokontroler dapat bekerja. Sistem minimum pada AVR sangat sederhana yaitu hanya menghubungkan VCC dan AVCC ke sumber tegangan DC 5 volt dan AGND ke ground. Kemudian ditambah kristal untuk sumber clock CPU jika Atmega 32 dipakai kristal 12MHz. Kristal dihubungkan pada pin XTAL1 dan XTAL2.

2.7 Code VisionAVR

Code vision AVR merupakan perangkat lunak untuk pemrograman mikrokontroler keluarga AVR yang berbasis bahasa C. Perangkat lunak ini memiliki fungsi *library* yang penting diantaranya adalah fungsi-fungsi untuk mengakses LCD, direktori port, ADC, dan beberapa pengaturan timer. Code Vision AVR menyediakan sebuah fitur yang dinamakan dengan Code Generator atau Code WizardAVR. Fitur ini bermanfaat membentuk sebuah kerangka program, dan memberikan kemudahan dalam menginisiasi register-register yang terdapat pada mikrokontroler AVR yang sedang diprogram.

2.8 Tipe data bahasa C

Bahasa C adalah bahasa pemrograman yang diciptakan oleh Brian W. Kernighan dan Denis M. Ritchi sekitar tahun 1972. Bahasa C dapat digunakan di berbagai mesin dengan mudah, mulai dari perangkat PC sampai dengan mainframe dengan berbagai sistem operasi misalnya DOS, UNIX, VMS dan lain-lain. Penulisan program dalam bahasa C dilakukan dengan membagi dalam blok-blok, sehingga bahasa C disebut bahasa terstruktur.

2.9 Konsep konduktansi

Konduktifitas listrik atau EC (*electrical Conductivity*) adalah ukuran

kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan arus listrik tergantung pada total konsentrasi zat terionisasi terlarut dalam air^[8]. Konduktansi atau sering diberi simbol G adalah kebalikan dari nilai resistansi (R). Sehingga dapat dihitung nilai konduktansi (G) seperti Persamaan 2.1.

$$G = \frac{1}{R} \quad (2.1)$$

Dengan menggunakan Hukum Ohm, maka konduktansi (G) dapat dihitung dari Persamaan 2.2.

$$V = IR = \frac{1}{G} \quad (2.2)$$

2.10 Rangkaian sensor TDS

Untuk mengotomatisasi alat, diperlukan sensor yang dapat membaca nilai TDS dari air yang diuji. Nilai tersebut akan menjadi sinyal input untuk sistem buka-tutup *valve* dari output mikrokontroler Atmega32.

Program untuk mengukur nilai TDS merupakan konversi dari tegangan output sensor yang terbaca oleh ADC pada mikrokontroler. ADC ini adalah *interface* yang dapat mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. ADC yang dipakai adalah ADC 10 bit yang disediakan oleh mikrokontroler Atmega 32. Rentang output yang dihasilkan oleh ADC 10 bit adalah 2^{10} atau sama dengan 1024. Maka untuk mencari nilai konversi perubahan sinyal analog ke sinyal digital dari output tegangan sensor, didapat dari Persamaan 2.3.

$$\text{Konversi ADC} = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times 1024 \quad (2.3)$$

Pada rangkaian sensor yang dibuat, rentang nilai TDS yang dikehendaki dibuat pada *range* 0 sampai 1000 ppm. Sehingga untuk mendapat nilai TDS tersebut harus

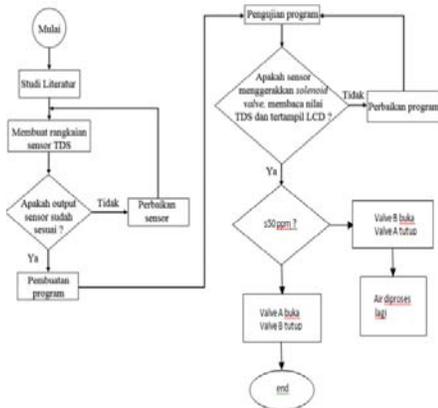
dikonversi besarnya kenaikan setiap bitnya dengan Persamaan 2.4. Kenaikan tiap bit terhadap besarnya nilai ppm diberi nama step TDS.

$$\text{Step TDS} = \frac{\text{range}}{\text{total bit}} = \frac{1000}{1024} = 0,9765625 \quad (2.4)$$

Dari Persamaan 2.3 dan Persamaan 2.4 dapat dihitung nilai yang didapat dari output sensor. Besarnya TDS dihitung dengan mengalikan kenaikan setiap bit terhadap nilai TDS dengan konversi ADC seperti Persamaan 2.5.

$$\text{TDS} = \text{Konversi ADC} \times \text{Step TDS} \quad (2.5)$$

3. METODE PENELITIAN



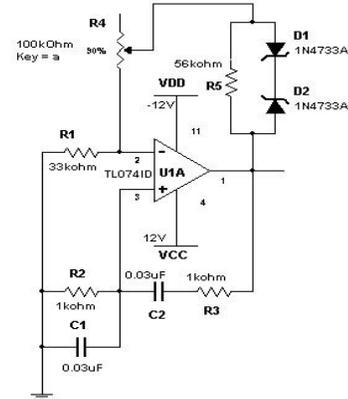
Gambar 3.1 Metode Perancangan dan cara kerja system

3.1 Pembuatan rangkaian sensor TDS

Sensor pengukur nilai disingkat TDS yang ada di pasaran sudah dalam bentuk *digital meter*. Sensor TDS dapat dibuat dengan kombinasi rangkaian osilator pembangkit tegangan, rangkaian amplifier tak-membalik dan rangkaian *AC to DC converter*^[9].

3.2 Osilator Wien Bridge

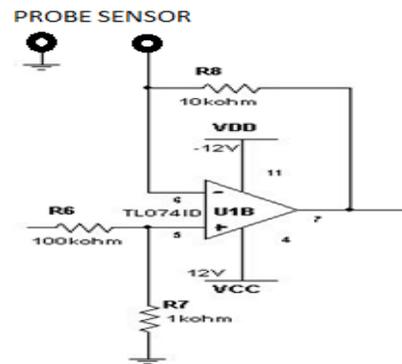
Osilator adalah pembangkit tegangan bolak-balik. Rangkaian osilator menggunakan IC TL 074 untuk membangkitkan gelombang sinus guna memberikan tegangan probe sensor. Rangkaian osilator Wien Bridge ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Rangkaian osilator Wien Bridge^[10]

3.3 Amplifier tak-membalik

Amplifier tak-membalik ini untuk menjaga keluaran dari osilator Wien Bridge tidak terbebani. Probe sensor masing-masing dihubungkan dengan ground dan input inverting R8 seperti Gambar 3.3.

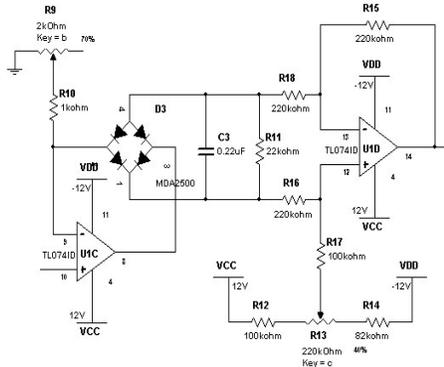


Gambar 3.3. Rangkaian amplifier tak-membalik^[10]

3.4 Rangkaian AC to DC Converter

Keluaran dari rangkaian amplifier tak membalik ini masih berbentuk

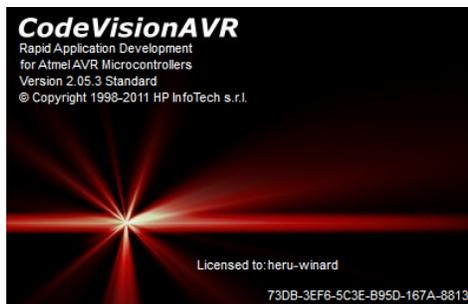
sinyal sinusoida. Untuk masuk ke port ADC Atmega 32, sinyal yang masuk berupa sinyal searah atau DC sehingga port ADC dapat membaca output dari sensor TDS tersebut. Untuk itu diperlukan rangkaian penyearah seperti Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Rangkaian AC to DC converter^[10]

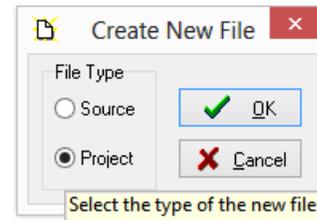
3.5 Pembuatan program

Perangkat lunak yang digunakan dalam membuat program adalah Code VisionAVR versi 2.05.3. Bahasa program yang digunakan adalah bahasa C.. Saat aplikasi mulai berjalan, akan tertampil seperti Gambar 3.5.



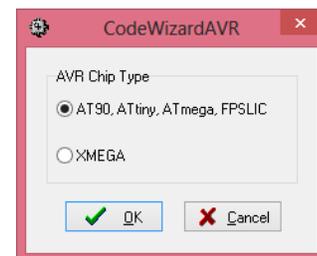
Gambar 3.5. Running aplikasi CodeVision AVR

Langkah selanjutnya adalah memulai membuat project baru. Mengarahkan kursor pada **Menu File** kemudian **New** atau bisa dengan Ctrl+N. Setelah dipilih submenu **New**, kemudian akan muncul tampilan untuk memilih tipe file. Memilih tipe file Project seperti Gambar 3.6.



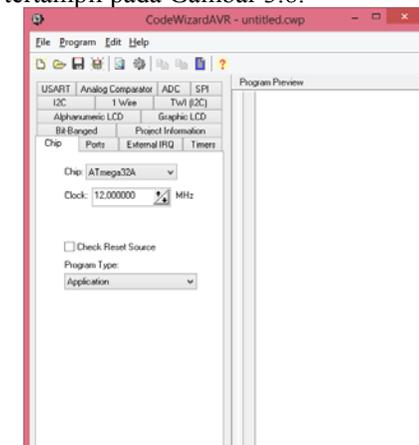
Gambar 3.6. Pemilihan tipe file Project

Setelah terpilih tipe file project, maka akan muncul kotak dialog untuk memilih tipe chip AVR. Karena yang akan digunakan Atmega 32, maka dipilih tipe chip Atmega seperti yang ditunjukkan Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Pemilihan tipe chip AVR

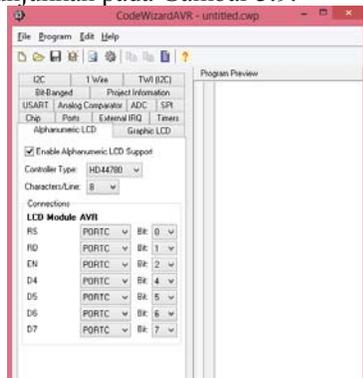
Setelah itu masuk ke jendela CodeWizardAVR seperti yang tertampil pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Jendela CodeWizardAVR

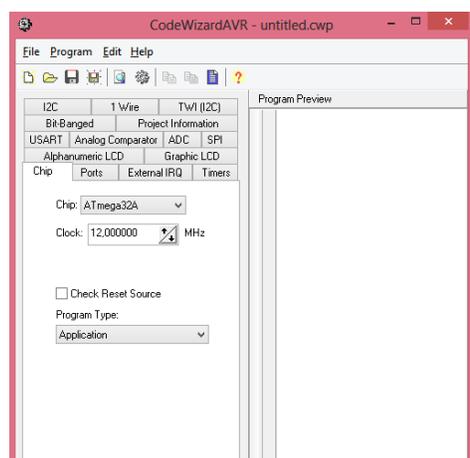
Pada jendela CodeWizardAVR terdapat sejumlah menu yang harus dipilih sesuai dengan kebutuhan yang digunakan dalam pemrograman. Menu-menu yang harus dipilih adalah menu

ADC, alphanumeric LCD, Chip dan Ports. Menu ADC dipilih karena kita akan memerlukan port ADC untuk keperluan membaca keluaran sensor. Menu alphanumeric LCD dipilih karena akan dipakai LCD 16x2 sebagai penampil hasil pembacaan sensor. Di menu ini, terdapat beberapa settingan yang harus ditentukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9. Jendela alphanumeric LCD

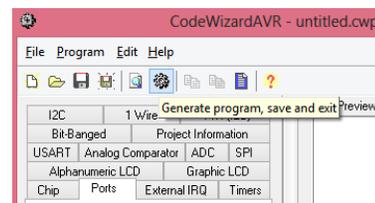
Perlu diperhatikan bahwa LCD modul AVR diubah ke port C atau port D karena port tersebut diset sebagai output. Pada program port C sebagai port output LCD 16x2.



Gambar 3.10. Menyetel kolom Chip CodeWizardAVR

Selanjutnya masuk ke dalam kolom ports untuk menyetel kondisi-kondisi port A, port B, port C dan port D sesuai yang dibutuhkan. Yang terakhir yaitu masuk ke kolom Chip untuk memilih tipe chip dan besar nilai clock yang akan dipakai. Penelitian ini menggunakan Atmega 32 dan clock 12 MHz. Maka dipilih keduanya pada kolom Chip seperti Gambar 3.10.

Setelah kelengkapan yang diperlukan sudah disetel sesuai kebutuhan program yang akan dibuat dan dijalankan, kemudian klik generate program, save and exit pada ikon yang berbentuk roda gigi seperti Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Ikon generate program, save and exit

Langkah selanjutnya adalah membuat listing program itu sendiri. Pertama, menulis perintah-perintah untuk memanggil *library* yang dibutuhkan yaitu dengan menuliskan `#include <xxx.h>` seperti Gambar 3.12.

```
#include <mega32a.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>
#define ADC_VREF_TYPE 0x00
```

Gambar 3.12. Perintah *library* yang digunakan

Program selanjutnya yaitu mendeklarasikan variabel-variabel global. Variabel yang dibutuhkan yaitu ADC0, ADC1, PORTD.4, PORTD.5

dan variabel lainnya seperti ditunjukkan Gambar 3.13.

```
// Declare your global variables here
#define ADC0 read_adc (0)
#define Config_ADC0 DDRA.0 = 0 ; PORTA.0 = 0;
#define ADC1 read_adc (1)
#define Config_ADC1 DDRA.1 = 0 ; PORTA.1 = 0;
#define ADC2 read_adc (2)
#define Config_ADC2 DDRA.2 = 0 ; PORTA.2 = 0;
#define Relay1 PORTD.4
#define Config_Relay1 DDRD.4 = 1;
#define Relay2 PORTD.5
#define Config_Relay2 DDRD.5 = 1;

float R, VADC1, VADC0, VADC2, VA, VB, VAB ;
char kata [33];
int T, TDS ;
```

Gambar 3.13. Deklarasi variabel global

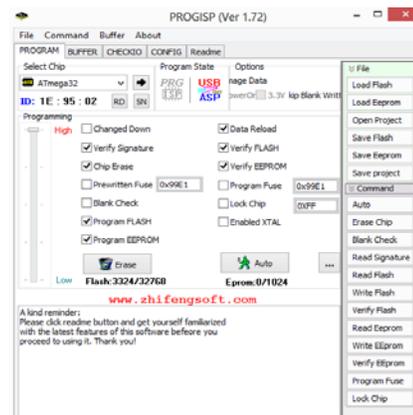
Tahap selanjutnya yaitu membuat program yang akan dieksekusi untuk dapat menampilkan nilai TDS dari sensor untuk ditampilkan serta mengatur *solenoid valve* berdasarkan *set point* yang ditentukan. Perintah program yang dibuat sesuai rumus pada Persamaan 2.3, Persamaan 2.4, dan Persamaan 2.5.

3.6 Download program

Setelah program yang dibuat sesuai dengan perintah-perintah yang akan dieksekusi, maka program harus ditanam di chip Atmega 32.



Gambar 3.14. USB downloader



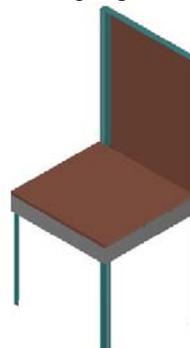
Gambar 3.15. Jendela utama perangkat lunak ProgISP

Untuk mendownload program ke chip Atmega 32, dibutuhkan

- USB downloader seperti yang ditampilkan Gambar 3.14
- Perangkat lunak berupa aplikasi *ProgISP* seperti ditunjukkan Gambar 3.15.

3.7 Pembuatan perlengkapan unjuk kerja

Perlengkapan simulasi untuk memperlihatkan unjuk kerja alat. Gambar 3.16. adalah meja peraga yang digunakan sebagai dudukan untuk *prototype* kolom pengolahan air.



Gambar 3.16. Meja peraga

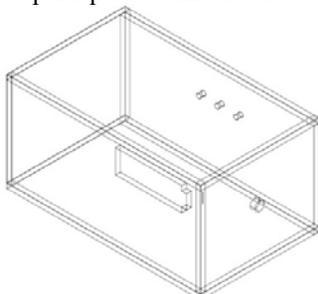
Kemudian membuat kolom pengolah air yang berbentuk silinder dari bahan PVC. Silinder utama menggunakan PVC ukuran 2 inchi dengan panjang 40 cm.



Gambar 3.17. Kolom peraga

Kolom yang dibuat bermuara pada sambungan *solenoid valve* berukuran 0,5 inchi, sehingga diperlukan sambungan untuk menghubungkan PVC diameter 2 inchi ke ukuran diameter 0,5 inchi. *Prototype* kolom pengolah air yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.17.

Selanjutnya membuat *box* wadah sensor dari bahan akrilik ukuran 3 mm. *Box* tersebut berisi komponen-komponen antara lain rangkaian sensor, sistem minimum, rangkaian *power supply* dan rangkaian *driver solenoid valve*, seperti pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18. *Box* sensor

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran data seperti Tabel 4.1 yang menunjukkan bahwa tegangan output sensor mengandung padatan pengotor unsur logam. Hal ini menyebabkan menghantarnya arus listrik. Terlihat dari gerakan kedua solenoid, yang menunjukkan bahwa

besarnya nilai ppm mempengaruhi kerja sensor. Selain itu juga menunjukkan bahwa air murni adalah non-konduktor listrik.

Tabel 4.1. Pengukuran tegangan input ADC terhadap nilai TDS

| Sampel air | Nilai TDS (ppm) | Air \leq 50 ppm | Air $>$ 50 ppm |
|------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| | | <i>Solenoid valve</i> A | <i>Solenoid valve</i> B |
| I | 18 | Buka | Tutup |
| II | 65 | Tutup | Buka |
| III | 112 | Tutup | Buka |

Semakin banyak padatan pengotor tersebut, kemampuan menghantarkan listrik semakin tinggi. Sehingga dari Tabel 4.1 dapat dilihat semakin besar tegangan output pada sensor menunjukkan jumlah padatan pengotor semakin besar.

Pengujian dilakukan dengan cara menuang air sampel pada kolom pengolah air. Hal ini untuk melakukan pengujian masing-masing *solenoid valve*, apakah dapat bekerja sesuai set point yang ditentukan yaitu 50 ppm.

Unjuk kerja kedua solenoid valve ini pada kondisi normal adalah close (NC). Terbuka dan tertutupnya kedua solenoid ini tergantung input nilai ppm yang ditentukan pada program.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *solenoid valve* A akan membuka saat sensor membaca nilai TDS \leq 50 ppm, sedangkan *solenoid* B tetap menutup. Demikian sebaliknya yaitu ketika sensor TDS membaca nilai sampel $>$ 50 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa unjuk kerja alat dapat bekerja dengan baik. Data pengujian seperti pada Tabel 4.2.

Dari unjuk kerja yang dilakukan, diperoleh bahwa saat nilai TDS sampel dibawah 50 ppm yaitu sampe I, maka *solenoid valve* A membuka sedangkan

solenoid valve B tetap tertutup. *Solenoid valve* A adalah katup penerimaan (*accepted*) hal ini menunjukkan bahwa air yang melaluinya adalah air yang diterima merupakan air umpan input untuk ketel uap.

Tabel 4.2. Hasil pengujian unjuk kerja *solenoid valve*

| Sampel Air | Jenis air | Tegangan | Nilai |
|------------|-----------|---------------------|--------------|
| | | input ADC (volt) | TDS (ppm) |
| I | Air RO | 0,12 | 18 |
| II | Air sumur | 0,35 | 65 |
| III | Air sabun | 0,59 | 112 |

Dan bila nilai TDS air uji nilainya diatas 50 ppm seperti sampel II dan sampel III, maka *solenoid valve* B terbuka dan *Solenoid valve* A tertutup.

Solenoid valve B adalah katup penolakan (*rejected*) yang menunjukkan bahwa air yang melaluinya adalah air yang ditolak sebagai air umpan ketel uap.

V. KESIMPULAN

1. Telah dilakukan rancang bangun alat pengaturan *solenoid valve* pada *prototype* alat pengolah air umpan *boiler* menggunakan mikrokontroler dengan indikator TDS yang dapat membuka-tutup *solenoid valve* secara otomatis.
2. Alat peraga pengaturan *solenoid valve* ini bekerja berdasarkan nilai TDS air.
3. Alat ini dapat memilah air dengan $TDS \leq 50$ ppm melalui *solenoid valve* A dan air dengan $TDS > 50$ ppm melalui *solenoid valve* B.

4. *Solenoid valve* A untuk output yang diterima sebagai air umpan ketel uap dan *solenoid valve* B untuk output yang ditolak sebagai air umpan ketel uap.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maulana, Abdul Malik dkk. 2009. *Pengolahan Air Produk Reverse Osmosis sebagai Umpan Boiler dengan Menggunakan Ion Exchange*. Universitas Diponegoro Semarang
- [2] Cahyana, Gede H, Ir, MT. 2010. *Variasi Teknologi Pengurangan Kesadahan Dalam Pengolahan Air Minum*. Vol XV hal 39-49
- [3] Eka Sari, Dian dan Hj Eva Jumery STP, Msi. *Penentuan Mutu Air Umpan Ketel dan Air Ketel Uap*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Bung Hatta Padang
- [4] Syahputra, MF. 2010. Universitas Sumatera Utara
- [5] <http://suntzu2107.files.wordpress.com/2011/01/skema-dasar-boiler>. Diakses pada tanggal 30 Januari 2014
- [6] World Health Organisation. 1996. *Health Criteria and Other Supporting Information*. Cetakan 2(2). Geneva
- [7] www.futurlec.com. Diakses pada tanggal 20 Maret 2014
- [8] <http://www.tdsmeter.com/what-is>. Diakses pada tanggal 26 Juni 2014
- [9] Utomo, Darmawan. 2011. Alat Pengukur Resistansi, Konduktivitas, Dan Total Dissolved Solids Air Dengan Teknik Dorong-Tarik. Universitas Diponegoro
- [10] <http://insansainsprojects.wordpress.com/tds-meter/high-level-design>. Diakses pada tanggal 30 Januari 2014

TANYA JAWAB

Pertanyaan

Apakah mungkin hasilnya ditampilkan di layar komputer agar pembacaannya lebih jelas?

Jawaban

Sangat mungkin untuk dihubungkan dan ditampilkan ke layar komputer.