

PERANCANGAN pH METER PADA BOILER HRSG BERBASIS ARDUINO

Yuliza, Gatot Susanto

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
 Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650, Indonesia, Tlp/Fax : 06221-5871335
 Email: yuliza.baes@gmail.com

Abstrak -- Air merupakan zat yang sangat dibutuhkan pada setiap sektor industri, termasuk pemanfaatan untuk kebutuhan energi dan pemanasan. Kebutuhan energi dan pemanasan di industri umumnya dipenuhi dengan cara memanfaatkan steam yang dibangkitkan dalam suatu ketel (boiler). Air yang digunakan sebagai umpan boiler dapat diperoleh dari berbagai sumber yaitu danau, sungai, laut, maupun sumur. Kandungan air ini sangat mempengaruhi Harga pH pada air umpan boiler, penting untuk diperhatikan untuk mencegah terjadinya korosi. Terdapat hubungan antara pH dan laju terjadinya korosi pada bahan konstruksi dari logam mild steel yang menunjukkan adanya kecenderungan menurunnya korosi dengan naiknya harga pH. Namun pada bahan konstruksi dari logam Cu terjadi sebaliknya, yaitu kecenderungan laju korosi naik dengan meningkatnya harga pH diatas pH 9. Dengan perancangan alat berbasis mikrokontroler arduino yang telah dilakukan dan berfungsi dengan baik, diharapkan pH yang terdapat pada water boiler dapat dikontrol nilai pembacaannya dengan baik untuk mencegah korosif pada pipa boiler.

Kata kunci: Arduino, pH Meter, Boiler HRSG

Abstract -- Water is a substance that is in every industry sector, including the utilization of energy and heating needs. Energy and heating needs in the industry are generally filled by utilizing steam generated in a boiler. Water is used as boiler feed can be obtained from various sources, namely lakes, rivers, seas, and wells. The water content is greatly affect the price of pH on the boiler feed water is important to note in order to prevent corrosion. There is a relationship between pH and the rate of corrosion on the metal construction materials from mild steel which showed a decreasing trend with increasing pH corrosion. However, the construction material of copper occurs on the contrary, that the corrosion rate trend of rising prices rose at a pH above pH 9. With arduino microcontroller-based design tool that has been done and it works fine, the expected pH of the water contained in the boiler can be controlled with good value readings to prevent corrosion of boiler tube.

Keywords: Arduino, pH Meter, Boiler HRSG

1. PENDAHULUAN

Pada industri korosi boiler merupakan masalah yang sering terjadi. Ini diakibatkan oleh air yang digunakan tidak terkendali dengan baik. Pemanfaatan air dari berbagai sumber yaitu danau, sungai, laut, maupun sumur masih banyak mengandung zat-zat atau gas-gas yang dapat menimbulkan korosi. Jika korosi pada boiler semakin parah maka akan dapat menyebabkan ledakan pada boiler. Zat-zat yang dikandung air dapat mengakibatkan kerak pada boiler yang dapat menimbulkan kerusakan pada boiler (Karlsson et al,2014), (Mudgal et al, 2014),(Imran M, 2014).

Persyaratan yang harus dipenuhi sebagai air umpan boiler sangat ketat, antara lain tidak korosif, tidak menyebabkan kerak, dan tidak menyebabkan pembentukan buih. Harga pH pada air umpan boiler penting untuk diperhatikan dalam rangka mencegah terjadinya korosi. Terdapat hubungan antara pH dan laju terjadinya

korosi pada bahan konstruksi dari logam mild steel yang menunjukkan adanya kecenderungan menurunnya korosi dengan naiknya harga pH. Namun pada bahan konstruksi dari logam Cu terjadi sebaliknya, yaitu kecenderungan laju korosi naik dengan meningkatnya harga pH diatas nilai 9 (Vijaya V.G.and Kumaraswamy A., 2013).

Kata pH adalah singkatan dari "pondus Hydrogenium". Secara harfiah pH berarti berat hydrogen. pH adalah indikasi untuk jumlah ion hydrogen di air yang terdiri dari ion hidrogen (H^+) dan ion hidroksida (OH^-). Harga pH tidak memiliki unit, melainkan hanya dinyatakan sebagai sebuah nomor. Ketika sebuah larutan yang netral, jumlah ion hidrogen sama dengan jumlah ion hidroksida. Ketika jumlah ion hidrogen yang lebih tinggi, larutannya adalah asam. Ketika jumlah ion hidroksida lebih tinggi larutannya adalah basa.

Sejarah dalam mengukur kadar keasaman cairan secara elektrik dimulai padatahun 1906

ketika Max Cremer di dalam studinya tentang interaksi antara zat cair dan zat padat dan ditemukan ternyata hubungan antara cairan bisa dipelajari dengan bertiupnya suatu gelembung dari kaca tipis satu cairan yang di tempatkan di dalam dan di luar. Hal ini membuat suatu tegangan elektrik yang bisa diukur. Gagasan ini telah diambil lebih lanjut oleh Fritz Haber (yang menemukan sintese amoniak dan tiruan fertiliser) dan Zygmunt Klemsiewicz yang menemukan bahwa bohlam/gelembung kaca (dinamakan elektrode kaca) bisa digunakan untuk mengukur aktivitas ion hidrogen yang diikuti suatu fungsi logaritmis.

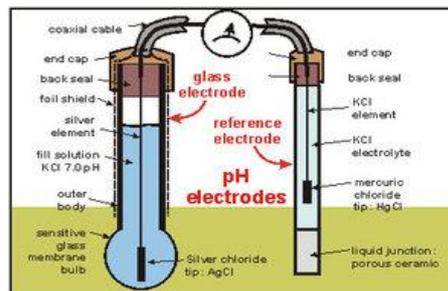
Meskipun demikian, pH meter modern masih mempunyai kekurangan, yaitu perubahan yang lambat, yang merupakan masalah penting dalam menentukan skala yang valid. Tulisan ini menawarkan penggunaan mikrokontroler Arduino Uno dan dirangkai dengan sensor pH secara optik melalui elektroda kaca untuk pengukuran pH yang lebih baik (Masud M. A. and Serajul I. Md, 2011).

2. LANDASAN TEORI

2.1. Prinsip pH Meter

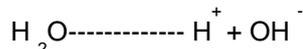
Pada prinsipnya pengukuran suatu pH adalah didasarkan pada potensial elektro kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat di dalam elektroda gelas (membrane gelas) yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat di luar elektroda gelas yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis dari gelembung kaca akan berinteraksi dengan ion hydrogen yang ukurannya relatif kecil dan aktif, elektroda gelas tersebut akan mengukur potensial elektro kimia dari ion hydrogen. Untuk melengkapi sirkuit elektrik dibutuhkan elektroda pembanding. Sebagai catatan alat tersebut tidak mengukur arus tetapi hanya mengukur tegangan.

Harga pH pada air umpan boiler dan air pendingin penting untuk diperhatikan untuk mencegah terjadinya korosi. Terdapat hubungan antara pH dan laju terjadinya korosi pada bahan konstruksi dari loga mild steel yang menunjukkan adanya kecenderungan menurunnya korosi dengan naiknya harga pH. Namun pada bahan konstruksi dari logam Cu terjadi sebaliknya, yaitu kecenderungan laju korosi menaik dengan naiknya harga pH di atas pH 9.



Gambar 1. Skema Elektroda pH Meter

Molekul- molekul suatu zat yang dalam larutannya dapat menghantarkan arus listrik disebut elektrolit. Ion-ion negative bergerak menuju ke anode, oleh karena itu ion negative disebut anion. Ion positif bergerak menuju katode, oleh karena itu ion positif disebut kation. Suatu larutan elektrolit, molekulnya terurai menjadi ion-ion. Air murni tergolong elektrolit lemah. Sebagian molekulnya terurai menjadi ion H;

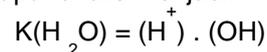


Dari persamaan diatas, 1 ion H⁺ dan 1 ion OH⁻ berasal dari penguraian 1 molekul H₂O. Dengan demikian, konsentrasi ion H⁺ sama dengan konsentrasi ion OH⁻. Larutan air seperti itu dinamakan dengan larutan Netral. Larutan yang mengandung ion H⁺ berkonsentrasi lebih besar dari konsentrasi OH⁻ dan disebut larutan Asam, sedangkan larutan yang mengandung konsentrasi ion H⁺ lebih kecil dari konsentrasi ion OH⁻.

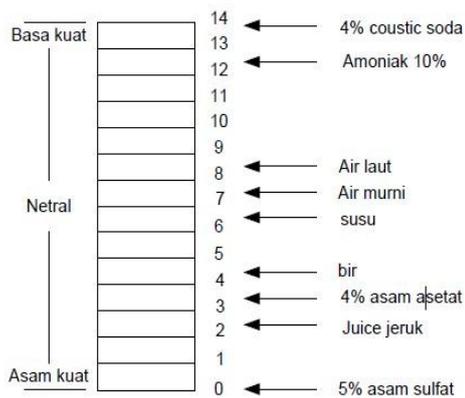
Banyaknya larutan yang terurai menjadi ion dinamakan derajat ionisasi. Besarnya berkisar antara 0 sampai 1. Suatu elektrolit yang derajat ionisasinya besar, mendekati 1 disebut elektrolit kuat, sedangkan yang derajat ionisasinya kecil mendekati 0 dinamakan elektrolit lemah. Ionisasi mempunyai tetapan kesetimbangan (K). Misal untuk air, kesetimbangannya dapat dihitung dengan rumus:

$$K = \frac{(H^+) + (OH^-)}{(H_2O)}$$

Karena konsentrasi H₂O relatif besar, maka persamaan ini dapat ditulis menjadi:



Dalam air murni dengan suhu 25°C, konsentrasi H⁺ = 10⁻⁷ mol/liter, sedangkan hasil kali konsentrasi H⁺ dengan OH⁻=10⁻¹⁴. Konsentrasi H⁺= konsentrasi OH⁻=10⁻⁷. Untuk menentukan asam atau basa diperlukan skala pH seperti berikut:



Gambar 2. Skala pH untuk beberapa zat sehari-hari

Air alam dapat terkontaminasi melalui (Ulil, 2008):

- Zat padat terlarut
- Gas terlarut
- Zat padat suspense
- Cairan
- Mikro organisme

Kerusakan boiler akibat kualitas air yang buruk dapat menimbulkan (Ulil, 2008):

- Kerak/deposit

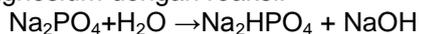
Kerak pada boiler disebabkan terbentuk endapan dari air langsung pada permukaan pemindah panas atau suspense air yang menempel pada permukaan logam, sehingga logam menjadi keras dan lengket. Penguapan pada boiler akan menyebabkan peningkatan kontaminan (kotoran).

- Korosi

Korosi adalah kerusakan-kerusakan yang timbul pada logam yang disebabkan reaksi kimia antara permukaan logam dengan media sekelilingnya. Peristiwa korosi dapat menjadi lebih cepat dengan meningkatnya konsentrasi oksigen.

- Keretakan

Keretakan dapat disebabkan oleh kandungan basa (NaOH), yang dalam boiler. Kondisi ini disebabkan logam mendapat tekanan. Kelebihan hidrokida dalam air ketel adalah hasil dari hidrolisa natrium fosfat yang ditambahkan untuk mengatur pH atau pengurangan kalsium dan magnesium dengan reaksi:



2.2. Pengukuran PH

Ada dua cara yang dikenal untuk mengukur pH, yaitu Kalorimetri dan Elektrometri.

Kalorimetri menggunakan suatu zat yang berubah warna untuk keadaan pH tertentu. Zat tersebut merupakan paduan dari asam basa

lemah dan garamnya. Jika garam dari asam lemah berbeda warnanya dari asam yang terionisasi, hasil akhir warna larutan bergantung pada perbandingan dari konsentrasi kedua bentuk tadi. Cairan indikator yang biasa digunakan adalah penoftalin.

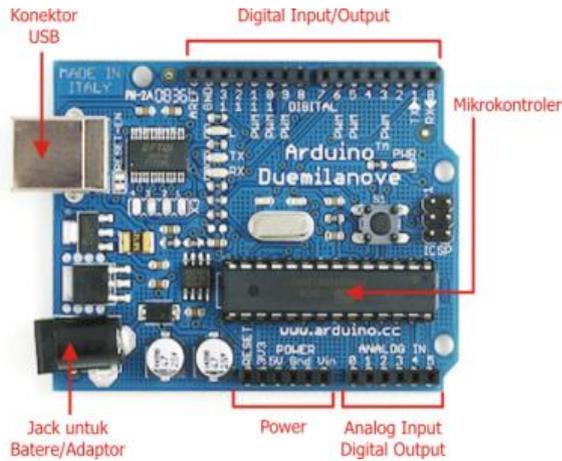
Untuk mengamati warna ini diperlukan pengalaman pengamat yang berpengalaman bisa mencapai ketelitian 0,1 pH. Larutan yang gelap dan berwarna tidak dapat diamati dengan baik. Indikator yang tidak stabil dan larutan yang kuat akan mengoksidasi atau mereduksi. Penambahan indikator dapat pula mengubah nilai pH dari sampel. Cara lain adalah dengan menggunakan kertas lakmus yang dikenakan pada cairan sample. Kertas itu akan berubah warna dan dapat dicocokkan dengan warna standar.

Kalorimetri yang telah diuraikan diatas tidak dapat mengukur pH secara kontinu disamping beberapa kelemahan lainnya. Untuk mengatasinya digunakan cara elektrometri atau potensiometri. Peralatan ukur pH elektrometri secara garis besar terdiri atas electrode ukur yang sensitif, electrode referensi, electrode kompensasi suhu, dan alat ukur tegangan antara electrode ukur dan referensi.

Elektrode ukur untuk pH telah dikembangkan hingga bermacam-macam. Untuk pengukuran pH di industri digunakan electrode ukur yang dikenal dengan electrode gelas. Elektrode gelas sensitive hanya pada ion hydrogen saja. Pada Gambar 1, elektrode ukur terdiri atas tabung gelas yang didalamnya berisi larutan netral dengan pH tetap. Larutan ini disebut larutan Buffer. Di sebelah luar dari tabung gelas adalah larutan proses yang harus diukur. Dinding gelas dari tabung gelas mempunyai tahanan yang tinggi sekali.

2.3. Mikrokontroler Arduino

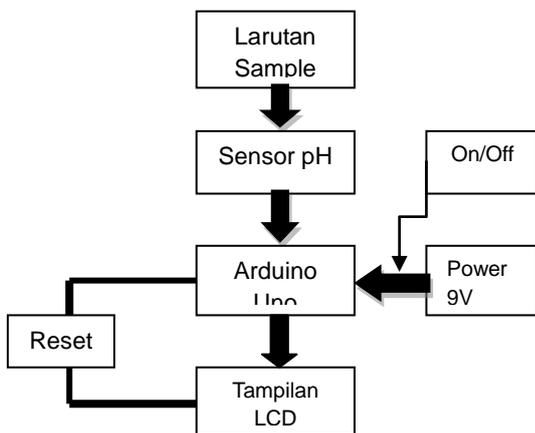
Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (*integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai 'otak' yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik.



Gambar 3. Mikrokontroler Arduino

3. PERANCANGAN SISTEM

Gambar blok sistem secara keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian LCD

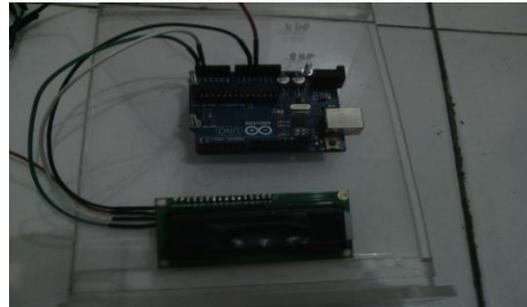
Dalam perencanaan sistem ini akan dibahas tentang kebutuhan-kebutuhan yang harus dipenuhi, agar alat ini dapat bekerja sesuai dengan apa yang direncanakan, yaitu:

- Arduino Uno dapat dinyalakan dengan tegangan suplay sebesar 9V, baik menggunakan baterai ataupun adaptor.
- Sensor pH digunakan sebagai pembacaan derajat keasaman suatu cairan yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit/konduktivitas suatu larutan.
- LCD 16x2 I2C digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan sensor.
- Terminal baterai sebagai tempat koneksi power dari baterai.
- Alat ini memiliki fitur pembacaan derajat keasaman dengan range temperatur max 60° dan tingkat akurasi ± 0.1 pH.

3.1. Perancangan Perangkat Keras

Komponen komponen yang digunakan dalam perancangan ini meliputi komponen elektronika yang digabungkan menjadi suatu sistem pembacaan derajat keasaman yang dirangkai sebagai berikut.

LCD mempunyai 4 pin yang dihubungkan dengan arduino, pin V_{CC} dihubungkan ke 5V, pin GND dihubungkan ke GND, pin SDA dihubungkan ke Analog input 4 dan pin SCL dihubungkan ke Analog input 5.



Gambar 5. Rangkaian LCD

Sensor pH yang dihubungkan dengan BNC connector memiliki 3 input kabel, kabel merah dihubungkan ke VCC 5V, kabel hitam ke GND dan kabel biru ke Analog input 0.



Gambar 6. Rangkaian Sensor pH

Terminal baterai yang telah dipasang baterai 9V dihubungkan ke power input arduino.



Gambar 7. Rangkaian Baterai

3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Bahasa pemrograman untuk memprogram arduino menggunakan bahasa C. Untuk membuat program dan mengupload program ke dalam mikrokontroler dibutuhkan sebuah software yaitu Arduino IDE (*Integrated Development Environment*).

Adapun bahasa pemrogramannya sebagai berikut:

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define SensorPin 0
#define Offset 0.00

unsigned long int avgValue; //Store the average
value of the sensor feedback
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3,
POSITIVE); // Set the LCD I2C address

void setup()
{
  pinMode(13,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Ready"); //Test the serial monitor

  lcd.begin(16,2); // initialize the lcd for 16 chars 2
lines, turn on backlight
  lcd.backlight(); // finish with backlight on

  //----- Write characters on the display -----
  // NOTE: Cursor Position: (CHAR, LINE) start at 0
  lcd.setCursor(0,0); //Start at character 4 on line 0
  lcd.print("Selamat Datang");
  delay(1000);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Initializing...");
  delay(2000);
  lcd.clear();
}

void loop()
{
  int buf[10]; //buffer for read analog
  for(int i=0;i<10;i++) //Get 10 sample value from
the sensor for smooth the value
  {
    buf[i]=analogRead(SensorPin);
    delay(10);
  }
  for(int i=0;i<9;i++) //sort the analog from small to
large
  {
    for(int j=i+1;j<10;j++)
    {
      if(buf[i]>buf[j])
      {
        int temp=buf[i];
        buf[i]=buf[j];
        buf[j]=temp;
      }
    }
  }
}
```

```
}
avgValue=0;
for(int i=2;i<8;i++) //take the average
value of 6 center sample
  avgValue+=buf[i];
float pHValue=(float)avgValue*5.0/1024/6; //convert
the analog into millivolt
pHValue=3.5*pHValue+Offset; //convert
the millivolt into pH value
Serial.print(" pH:");
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Nilai pH:");
Serial.print(pHValue,2);
Serial.println(" ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(pHValue);
digitalWrite(13, HIGH);
delay(800);
digitalWrite(13, LOW);
}
```

Setelah itu, maka sistem siap dijalankan dengan melakukan beberapa kalibrasi dan pengujian menggunakan buffer sample pH dan disetting deviasinya sehingga sistem tersebut memenuhi hasil yang diharapkan.

4. DATA DAN ANALISA

4.1. Pengujian Alat

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai keluaran pH dari pembacaan sensor tersebut. Berikut tabel pengujian yang dilakukan dengan menggunakan buffer sample pH.

Pada pengujian ini dilakukan dengan sample buffer 4, 7 dan 10 pembacaan nilai pH disesuaikan pada nilai deviasi 0. Jika terdapat penyimpangan nilai yang didapat pada saat pengambilan nilai ini, maka dilakukan *trial error* dan dilakukan setting nilai deviasi pada program sensor arduino. Hasilnya ditampilkan pada Gambar 8.



(a)



(b)



(c)

Gambar 8. Nilai pH dengan buffer: (a) 4, (b) 7 dan (c) 10

Tabel 1. Hasil pembacaan sensor pH

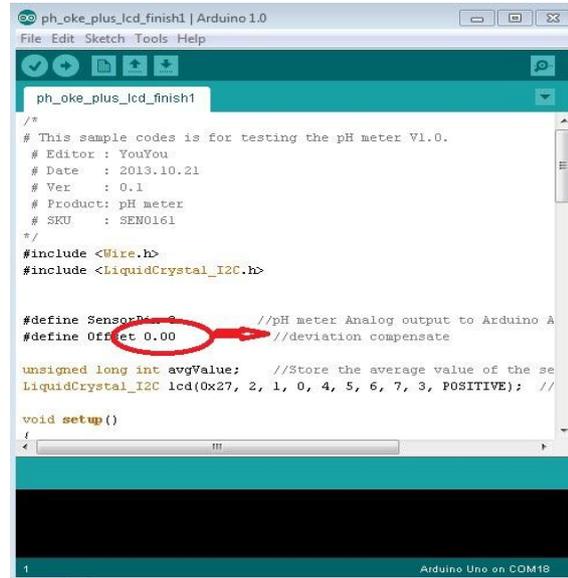
Luaran pH buffer	Hasil Pembacaan pH
4	3.93
7	7.04
10	9.90

Pada Tabel 1 terdapat hasil dari pengukuran nilai pH dengan menggunakan sensor pH yang menunjukkan nilai berkisar dari pH 4 sampai pH 10. Dengan demikian bahwa pengujian alat masih terdapat penyimpangan nilai pembacaan pH pada sensor tersebut, sehingga perlu dilakukan pemrograman ulang pada setting deviasi sensor.

Pada pengujian diatas diketahui bahwa dari nilai pH 4 sampai nilai pH 10 terjadi penyimpangan nilai, penyimpangan nilai minus terjadi pada sample 4 dan sample 10 dan penyimpangan nilai plus terjadi pada pengambilan sample dengan buffer sample 7.

4.2. Setting Deviasi Pada Program Sensor

Resetting nilai deviasi dilakukan karena terjadinya penyimpangan pada pembacaan sensor pH, baik penyimpangan negatif ataupun penyimpangan positif, berikut nilai deviasi dengan menunjukkan 0 pada program sensor.



Gambar 9. Nilai Deviasi

Gambar 9 menunjukkan nilai deviasi yang dapat disetting positif ataupun negatif. Kebutuhan setting deviasi tergantung dari kebutuhan sistem bila pembacaan sistem terlalu rendah maka kita lakukan setting positif pada deviasinya begitupun sebaliknya jika pembacaan sistem terlalu tinggi maka kita lakukan setting deviasi secara negatif.

Pada setting deviasi positif yang terjadi adalah seluruh pembacaan sensor akan naik dari settingan awal, kenaikan tersebut tergantung dari berapa nilai yang ditambahkan guna memenuhi kebutuhan sistem. Pembacaan sensor pada buffer sample 4 dan 10 menunjukkan pembacaan sistem yang cenderung turun dengan itu kita raise deviasi agar pembacaan sensor mendekati dari nilai sample buffer tersebut.

Gambar 10 memperlihatkan hasil percobaan dengan settingan deviasi positif.



Gambar 10. Hasil Pembacaan Deviasi Positif



Gambar 11. Hasil Pembacaan Deviasi Negatif

Seperti pada setting deviasi positif, ada setting deviasi negatif yang terjadi perubahan pembacaan adalah seluruh pembacaan sensor akan turun dari settingan awal, turunya nilai pembacaan tersebut tergantung dari berapa nilai yang ditambahkan guna memenuhi kebutuhan sistem. Gambar 11 memperlihatkan hasil percobaan dengan settingan deviasi negatif.

4.3. Analisa Hasil Percobaan

Pada beberapa percobaan diatas telah dilakukan setting ulang deviasi guna memenuhi kebutuhan akurasi pembacaan sistem, baik di setting secara positif maupun negatif. Tabel 2 dan Tabel 3 merupakan hasil dari percobaan tersebut.

Tabel 2. Hasil Setting Deviasi Positif

Setting Deviasi Positif (+ 0.10)			
Buffer	4	7	10
Pembacaan	4.02	7.11	10.2

Tabel 3. Hasil Setting Deviasi Negatif

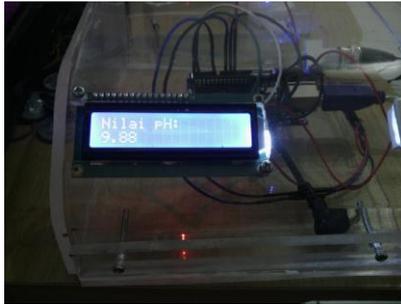
Setting Deviasi Negatif (- 0.05)			
Buffer	4	7	10
Pembacaan	3.87	7.01	9.86

Berdasarkan Tabel 2 dan 3 diatas dapat mengambil disimpulkan bahwa dengan setting deviasi decara positif maka nilai pH pada angka 4 dan 10 didapatkan akurasi yang tinggi, hanya pada nilai pH 7 didapat nilai yang menunjukkan +0.1 pH pada pembacaanya. Dari harga-harga tersebut nilai deviasi positif lebih mendukung dengan 2 point mendekati nilai standart, dalam hal ini pembacaan nilai pH 4 dan 10 lebih mendekati nilai sample buffer dibandingkan nilai deviasi positif dengan nilai pH 7 yang mendekati sedangkan nilai pH 4 dan 10 jauh dibawah standart sample dan tingkat akurasi pada deviasi negatif juga lebih dari - 0.10.

Dengan ini diterapkan bahwa standart deviasi yang dipakai sebagai pembacaan adalah nilai deviasi positif dengan nilai point + 0.10.

4.4. Pengukuran Boiler Water IP Drum

Setelah setting nilai deviasi selesai dan didapat setting deviasi positif +0.10, kemudian dilakukan pengukuran pada boiler water IP Drum dengan melakukan pengukuran derajat keasamannya. Gambar 12 memperlihatkan hasil pengukuran nilai pH pada IP Drum boiler.



Gambar 12. Pembacaan pH IP Drum

Pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa nilai pembacaan pH pada boiler water IP Drum adalah 9.88 dengan demikian sistem pengukur derajat keasaman ini dapat digunakan pada proses pengukuran cairan lainnya.

Sebagai referensi dari alat yang sudah ada disini kita sediakan juga alat pengukur derajat keasaman yang lain, berikut percobaan perbandingan dari alat dengan melakukan pengukuran pH pada HP Steam Boiler HRSG. Gambar 13 menampilkan proses pengukuran dengan menggunakan alat pembanding.



Gambar 13. Alat Pembanding

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengajian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Alat ukur dapat bekerja dengan baik.
2. Pengukuran nilai pH didasarkan pada potensial elektro kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat didalam elektroda gelas.
3. Perancangan alat pengukur derajat keasaman ini sangat bermanfaat sebagai pengukur nilai pH pada boiler water pada khususnya.
4. Perancangan alat pengukur derajat keasaman ini juga bermanfaat sebagai pengukur pH pada benda cair lainnya dengan dengan range tempertur 0 - 60°.
5. Pembacaan penyimpangan nilai pembacaan sensor dapat disetting pada nilai deviasi program sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- Husinger & Anderson, *The Potential SO₂ for reducing Corrosion in WTE Plants , Recent Thermal Treatment research*, Springer Japan 2014.
- Imran M., *Effect of Corrosion on Heat Transfer through Boiler Tube and Estimating Overheating*, ISSN 2250-3234 Volume 4, Number 6, pp. 629-638, © Research India Publications, 2014.
- Karlsson et al, *Reducing high temperatur corrosion on high-alloyed stainless steel superheaters by co-combustion of municipal sewage sledge in a fluidised bed boiler*, 0016-2361/ 2014 The Authors. Published by Elsevier Ltd.
- Masud M. A. and Serajul Islam Md. *Design and Development of Microcontroller Based igital pH Meter*, ISSN: 2079-4398, ULAB JSE, 2011.
- Mudgal D. Singh S. and Prakash S, *Corrosion Problems in Incinerators and Biomass-Fuel-Fired Boilers*, Volume 2014, Article ID 505306, Hindawi, 2014.
- Ulil, A., *Pembabgkit Listrik Tenaga Gas*, terdapat pada <http://ccitonline.com/mecanikal>, 2008.
- Vijaya V.G.and Kumaraswamy A., *Design and Implementation of pH Control System for Boiler Feedwater using Industrial Automation Techniques*, nal of Scientific & Engineering Research Volume 4, Issue 1, ISSN 2229-5518, IJSER, 2013.