

RANCANG BANGUN ALAT UKUR KEKERUHAN AIR BERBASIS MIKROKONTROLER

*Nike Ika Nuzula dan Endarko**

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

**Korespondensi Penulis, Email : endarko@physics.its.ac.id*

Abstract

Turbidity meter based on microcontroller has successfully been designed and fabricated. The photodiode as sensor and a LED as light source were used for measuring level of water turbidity whereas microcontroller ATmega 8535 was used for data processing. The turbidity level of water is measured based on Nephelometer method. The LED and photodiode detector were positioned parallel to each other at a distance of 2 inches. The measurement results indicated that the turbidity meter could be used to measure the turbidity level of water in the range 0 – 200 NTU and the maximum of standard deviation was at 1.33 NTU.

Keywords : *Turbidity, NTU, Photodiode, LED, Nephelometer*

Abstrak

Alat ukur kekeruhan air berbasis mikrokontroler telah berhasil dirancang dan dibuat. Alat ini dibuat dengan menggunakan fotodiode sebagai sensor dan LED sebagai sumber cahaya untuk mengukur tingkat kekeruhan air serta mikrokontroler ATmega 8535 untuk pemrosesan data. Alat kekeruhan air dibuat berdasarkan metode Nephelometer yaitu hamburan cahaya oleh partikel – partikel tersuspensi didalam zat cair. LED dan detektor fotodiode diposisikan sejajar satu sama lain pada jarak 2 inci. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa alat ini mampu mengukur tingkat kekeruhan air pada rentang 0 – 200 NTU dengan standar deviasi maksimum sebesar 1,33 NTU.

Kata Kunci : *Kekeruhan, NTU, Fotodiode, LED, Nephelometer*

Pendahuluan

Air merupakan sumber kehidupan yang sangat diperlukan oleh makhluk hidup, seperti untuk kebutuhan sehari – hari, sarana transportasi dan sebagai sumber energy [1]. Ahli biokimia, A. E. Needham, dalam bukunya *The Uniqueness of Biological Materials*, menunjukkan betapa pentingnya cairan bagi pembentukan kehidupan. Jika hukum alam semesta memungkinkan keberadaan zat padat atau gas saja, maka tidak akan pernah ada kehidupan. Alasannya adalah atom – atom zat padat berikatan terlalu rapat dan terlalu statis dan sama sekali tidak memungkinkan proses molekuler dinamis yang penting bagi terjadinya kehidupan [2].

Air adalah salah satu diantara pembawa penyakit yang berasal dari manusia. Supaya air ketika masuk baik berupa minuman ataupun makanan tidak menyebabkan/merupakan pembawa bibit penyakit, maka diperlukan pengolahan air yang baik, berasal dari sumber jaringan transmisi atau distribusi yang mutlak diperlukan untuk mencegah terjadinya kontak antara kotoran sebagai sumber penyakit dengan air yang sangat diperlukan [3]. Oleh karena itu diperlukan sumber air yang mampu menyediakan air yang baik dari segi kualitas dan kuantitas. Peningkatan kualitas air minum dengan jalan mengadakan pengolahan terhadap air yang akan digunakan sebagai air minum sangat diperlukan, terutama apabila air tersebut berasal dari air permukaan.

Pengolahan yang dimaksud bisa dimulai dari yang sangat sederhana sampai yang pada pengolahan yang mahir/lengkap [4].

Menurut Departemen Kesehatan Indonesia, air minum yang baik untuk dikonsumsi adalah air minum yang memiliki syarat – syarat antara lain tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna dan tidak mengandung logam berat [5]. Sebagaimana kita ketahui, air yang keruh merupakan satu ciri air yang tidak bersih dan tidak sehat. Pengonsumsi air keruh dapat mengakibatkan timbulnya berbagai jenis penyakit seperti diare, penyakit kulit [3]. Oleh karena itu, pengujian kekeruhan air sangat dibutuhkan dalam proses pengolahan air, agar air tersebut layak digunakan untuk proses selanjutnya.

Kekeruhan, disebabkan adanya kandungan Total Suspended Solid baik yang bersifat organik maupun anorganik. Zat organik berasal dari lapukan tanaman dan hewan, sedangkan zat anorganik biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri sehingga mendukung perkembangannya. Kekeruhan dalam air minum tidak boleh lebih dari 5 NTU. Penurunan kekeruhan ini sangat diperlukan karena selain ditinjau dari segi estetika yang kurang baik juga proses desinfeksi untuk air keruh sangat sukar, hal ini disebabkan karena penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari desinfektan [6].

Turbidimeter adalah alat yang digunakan sebagai alat uji standar untuk mengetahui tingkat kekeruhan air. Keberadaan alat ini sebenarnya sudah umum dan mudah dicari. Namun, karena harganya relative mahal menjadikan alat ini hanya dimiliki oleh pihak – pihak tertentu. Untuk menguji apakah air yang kita punya mempunyai standar atau tidak harus pergi ke Laboratorium pengujian air minum, hal ini menyebabkan kurang efektif dan efisien.

Atas dasar pertimbangan dan alasan tersebut, peneliti membuat suatu peralatan instrumentasi berupa alat untuk mengukur tingkat kekeruhan air dalam proses pengolahan air bersih dengan menggunakan *biosand* filter untuk pemenuhan kebutuhan akan air bersih dan sehat. Sensor yang digunakan untuk mengukur kekeruhan menggunakan sensor fotodioda.

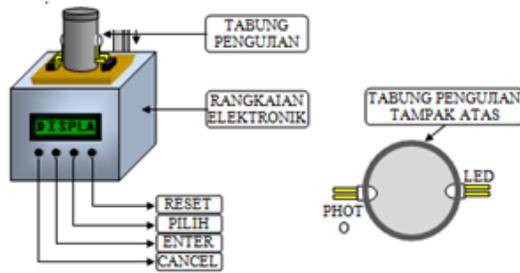
Fotodioda terbuat dari bahan semikonduktor. Biasanya yang dipakai adalah *silicon (Si)* atau *gallium arsenide (GaAs)*, dan lain – lain termasuk *Indium antimonide (InSb)*, *Indium arsenide (InAs)*, *Lead Selenide (PbSe)*, dan *timah Sulfide (PBS)*. Bahan – bahan ini menyerap cahaya melalui karakteristik jangkauan panjang gelombang, misalnya 250 nm ke 1100 nm untuk *Silicon*, dan 800 nm ke 2,0 μm untuk *GaAs* [7].

Metode Penelitian

Dalam perancangan pembuatan alat ini diawali dengan perancangan umum sistem dari keseluruhan. Adapun perancangan pembuatan rancang bangun sistem ini terbagi atas beberapa perangkat yang saling berhubungan yaitu perangkat elektronik (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang berisi instruksi untuk menjalankan program.

A. Perancangan Umum Sistem

Secara umum terdiri dalam 2 sistem yaitu sistem *hardware* dan sistem *software*. Pada rancangan bangun ini juga dilengkapi dengan catu daya, mikrokontroler ATmega 8535 sebagai pengolah data hasil dari pengukuran dan LCD untuk tampilan keluarannya.



Gambar 1. Rancangan bangun alat ukur kekeruhan

Rancangan bangun ini akan digunakan untuk mengukur kekeruhan pada air kotor sebelum masuk biosand filter. Pada pengukuran kekeruhan menggunakan fotodiode sebagai receiver dan LED sebagai transmitter. Dan hasil dari biosand filter juga diukur kembali temperatur serta kekeruhannya. Hal ini dilakukan untuk dapat mengetahui kualitas air bersih bidang pengujian fisika pada pengolahan air bersih yang menggunakan biosand filter. Rancangan bangun alat dapat dilihat pada Gambar 1.

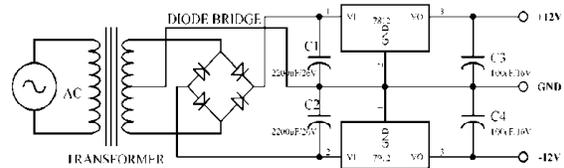
B. Perancangan Perangkat Keras

Dalam perencanaan alat pada perangkat keras (*hardware*) dilakukan perencanaan pada sistem mekanik dan juga sistem perencanaan pada elektronika. pada perencanaan sistem elektronika dilakukan beberapa perencanaan terhadap rangkaian elektronika yang digunakan untuk mendriver dan mengontrol daripada sistem mekanik.

1) Perancangan Catu Daya

Catu daya merupakan sumber tenaga yang dibutuhkan suatu rangkaian elektronika untuk bekerja. besarnya suplai daya tergantung spesifikasi alat masing-masing. Pada sistem pengendalian ini, catu daya digunakan untuk mengaktifkan sensor-sensor pada rangkaian.

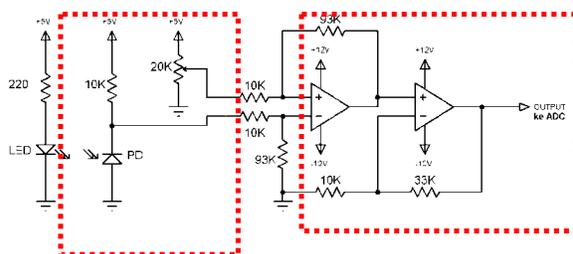
Gambar 2 merupakan rangkaian catu daya yang dapat memenuhi rangkaian tersebut. Inputan rangkaian ini adalah tegangan 220 V, dengan menggunakan LM 7912 dan 7812. Rangkaian ini menghasilkan keluaran sebesar -12V dan +12 V.



Gambar 2. Rangkain catu daya

2) Perancangan Sensor Kekeruhan

Pengolah sistem analog digunakan rangkaian seperti pada Gambar 3 yaitu rangkaian pengolah sensor kekeruhan berbasis fotodiode dengan rangkaian penguat diferensial-non inverting. Terdapat sepasang transmitter dan receiver yang berperan sebagai basis sensor penginderaan tingkat kekeruhan. Transmitter pada rangkaian digunakan LED dan receiver adalah fotodiode. Rangkaian pengolah tegangan hasil bacaan fotodiode digunakan sistem penguat diferensial-non inverting.



Gambar 3. Rangkain sensor kekeruhan

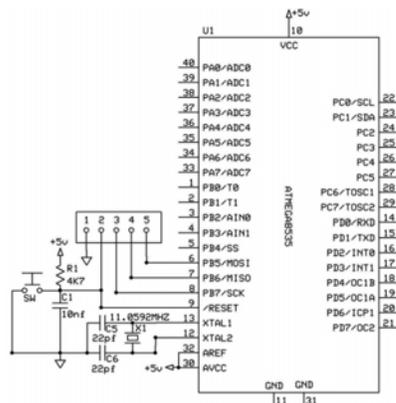
Cara kerja: rangkaian photodiode ini digunakan untuk mendeteksi turbiditi (kekeruhan) air, yaitu dengan cara melewatkan air diantara receiver dan transmitter. Arus pada photodiode sangat tergantung pada intensitas cahaya yang mengenai permukaan photodiode dan kecil sekali dipengaruhi oleh

tegangan yang dipasang pada rangkaian photodiode. Karena tegangan yang dihasilkan pada keluaran sangat kecil maka diberikan rangkaian penguatan differensial dan penguatan non inverting. Intensitas cahaya yang diterima photodiode akan dikonversi menjadi sinyal tegangan. Sinyal keluaran dari alat ini menunjukkan nilai tegangan yang sebanding dengan kekeruhan air.

3) *Minimum Sistem ATmega 8535*

Rangkaian skematik sistem mikrokontroler ATmega 8535 dapat dilihat pada Gambar 4. Pin 12 dan 13 dihubungkan ke XTAL 8 MHz dan dua kapasitor 22pF. XTAL ini akan mempengaruhi kecepatan mikrokontroler ATmega 8535 dalam mengeksekusi setiap perintah dalam program. Pin 9 merupakan masukan reset (aktif rendah). Pulsa transisi dari tinggi ke rendah akan me-reset mikrokontroler ini. Untuk mendownload file heksadesimal ke mikrokontroler, Mosi, Miso, SCK, Reset Vcc dan GND dari kaki mikrokontroler dihubungkan ke konektor yang akan dihubungkan ke ISP programmer. Dari ISP programmer inilah dihubungkan ke computer melalui port paralel.

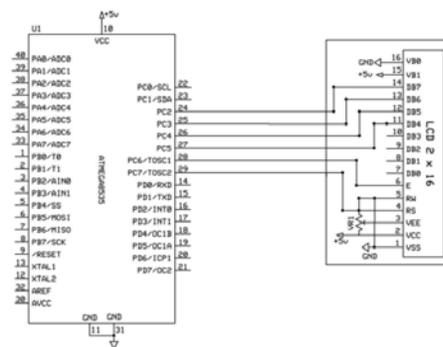
Kaki mosi, miso, sck, reset, Vcc dan Gnd pada mikrokontroler terletak pada kaki 6, 7, 8, 9, 10 dan 11. Apabila terjadi keterbalikan pemasangan jalur ke ISP programmer, maka pemrograman mikrokontroler tidak dapat dilakukan karena mikrokontroler tidak akan bisa merespon.



Gambar 4. Rangkaian skematik mikrokontroler

4) *Rangkaian LCD*

Rangkaian skematik konektor yang dihubungkan dari LCD ke mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 5. Pada rangkaian LCD seperti diatas yang terdiri atas Gnd, Vcc, Contract, Reset, RW (Read/write), Enable, DB4-DB7 dan dihubungkan langsung dengan konektor yang kompatibel dengan mikrokontroler. Fungsi pada potensiometer (VR1) pada rangkaian adalah untuk mengatur gelap/terangnya karakter yang ditampilkan pada LCD. Untuk konektor no 1 dan 2 dihubungkan ke power supply 5 volt dan ground.



Gambar 5. Rangkaian skematik dari LCD ke mikrokontroler

C. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan software digunakan untuk mengolah perubahan sinyal output dari sensor kekeruhan air yang telah dikondisikan. Untuk melakukan pengolahan data ini sinyal analog dari output op-amp dilakukan konversi ke digital terlebih dahulu. Setelah dikonversi maka pengolahan data dari output fotodiode dilakukan oleh mikrokontroler ATmega 8535 yang mengubah data tegangan menjadi nilai kekeruhan yang ditampilkan pada LCD. Resolusi ADC menentukan ketelitian nilai hasil konversi ADC. Perancangan software ini digunakan compiler Code Vision AVR yang digunakan untuk mengcompile dan membuat kode hexa yang akan didownload ke mikrokontroler. Bahasa pemrograman yang digunakan oleh Code Vision AVR adalah bahasa pemrograman C.

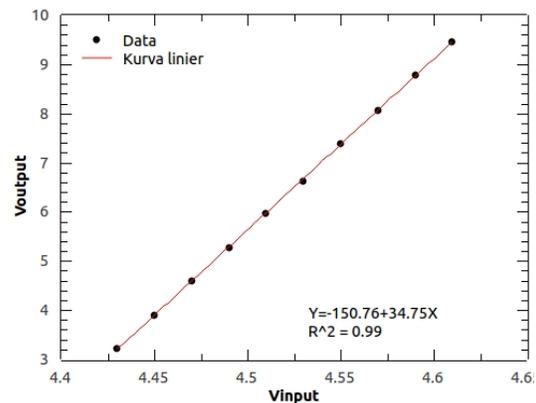
Hasil dan Pembahasan

C. Pengujian Penguat Op-Amp

Rangkaian penguat pada Gambar 3 merupakan gabungan antara rangkaian penguat diferensial dan non-inverting. Kedua rangkaian penguat tersebut digunakan untuk melakukan penguatan pola keluaran sensor fotodiode yang memiliki resolusi kecil dengan nilai adalah sekitar 0.003 volt. Pada rangkaian penguat diferensial digunakan penguatan sebesar 9 kali dan penguat non-inverting adalah 3.3 kali.

Pengujian penguat ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dari penguat yang dirancang besarnya penguatan yang dirancang telah tercapai. Pada perancangan ini penguatan diatur dengan mengatur variable resistor dari hambatan input op-amp. Pada input penguat dimasukkan tegangan teregulasi

dari sebuah adaptor dan pada output penguat yang kedua dicatat besar tegangan yang keluar. Kemudian input tegangan dinaikkan sedikit demi sedikit dengan interval 0,02 Volt sampai tegangan input sebesar 4,61 Volt. Hasil pengujian penguatan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Pengujian pada penguatan op-amp

Pada Gambar 6 dapat diketahui nilai regresi linier dari grafik sebesar $y = 34,75x - 150,76$. Dimana x adalah tegangan input dan y adalah tegangan output. Nilai koefisien determinasi pada regresi linear (r^2) adalah 0,99. Nilai Slope yang dihasilkan adalah 34,752 dan error slope adalah 0,125 serta nilai intercept sebesar -150,756 dan error intercept adalah 0,564. Dari hasil yang diperoleh, maka terlihat kelinieran dari rangkaian. Perubahan nilai penguatan disebabkan antara lain karena karakteristik dari masing – masing komponen yang mempunyai harga toleransi dari harga yang tertera, terutama harga tahanan yang masih mempunyai toleransi sebesar 1 %. Dari hasil grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa penguatan cukup memadai untuk dipakai pada sistem yang sudah dirancang.

D. Pengujian Digitalisasi Tegangan Analog

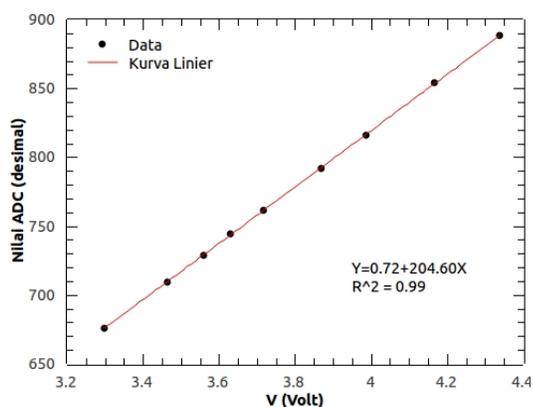
Pada digitalisasi tegangan analog dilakukan dengan bantuan ADC yang terintegrasi dalam satu IC monolitik mikrokontroler AVR AT8535. Fitur ADC merupakan bentuk tambahan dari pengembangan IC mikrokontrol dari keluarga jenis AVR. Proses konversi data pada ADC dilakukan dengan cara mengubah tegangan analog menjadi data tegangan biner 10-bit. data tegangan biner hasil konversi dapat ditampilkan pada LCD.

Cara pengujian dilakukan dengan menaikkan beban resistif secara perlahan – lahan kemudian dilihat hasil pembacaan ADC pada LCD. ATmega 8535 melakukan pengolahan dan manipulasi bit data pembacaan ADC mikrokontroler dan menampilkan dalam bentuk decimal. Nilai – nilai setting ini akan digunakan juga pada bagian program mikrokontroler dalam bentuk hexadecimal.

Grafik hasil pengujian digitilisasi tegangan analog dapat dilihat pada Gambar 7. Pada Gambar 7 dapat diketahui nilai regresi linier dari grafik sebesar $y = 0,72+204,6x$. Dimana x adalah tegangan input dan y adalah nilai ADC yang dihasilkan. Nilai koefisien determinasi pada regresi linear (r^2) adalah 0,99. Nilai Slope yang dihasilkan adalah 204,8 dan error slope adalah $3,15 \times 10^{-14}$ serta nilai intercept sebesar $2,27 \times 10^{-13}$ dan error intercept adalah $1,196 \times 10^{-13}$.

Penggunaan ADC yang terdapat pada mikrokontroler ATmega 8535 dengan ketelitian 10 bit menunjukkan kinerja konversi yang baik serta

menghasilkan nilai konversi yang akurat. Pada umumnya, sangat jarang mikrokontroler yang menyertakan ADC yang terintegrasi dalam chipnya. Untuk aplikasi digital, ADC dengan ketelitian tinggi dibutuhkan sehingga didapatkan hasil yang lebih baik. Pada ATmega 8535 sudah memiliki ADC yang berjumlah 8 channel 10 bit. Range tegangan 0 sampai dengan 5 Volt sama dengan nilai 0 sampai dengan 1024.



Gambar 7. Grafik pengujian digitalisasi tegangan analog

E. Pengujian Sensor Kekeruhan

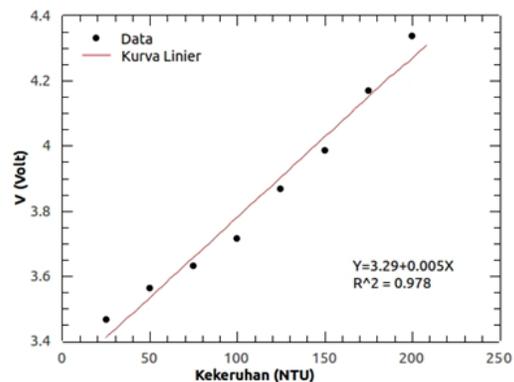
Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan – bahan yang terdapat didalam air. Padatan tersuspensi berkolerasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, nilai kekeruhan juga akan semakin tinggi. Cahaya yang digunakan pada alat ini adalah cahaya LED dan Sensor yang digunakan dalam transmitter adalah fotodiode. Dan supaya cahaya yang mengenai permukaan sensor sejajar maka sebelum mengenai permukaan photodiode diantara sumber cahaya dan photodiode diletakkan sebuah lensa

cembung dengan sumber cahaya diletakkan tepat dititik fokus lensa.

Alat ini menggunakan satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Units*). Metode pada alat ukur kekeruhan ini didasarkan pada perbandingan intensitas cahaya yang tersebar oleh sampel dalam kondisi persyaratan dengan intensitas cahaya tersebar oleh suspense referensi standar dibawah kondisi yang sama. Semakin tinggi intensitas cahaya tersebar, maka semakin tinggi kekeruhan. Formazin polimer digunakan sebagai referensi utama suspense standar dalam pengujian kalibrasi alat ukur ini. Kekeruhan pada konsentrasi tertentu dari suspense formazin didefinisikan 4000 NTU. Standar utama formazin suspense adalah 1 gram hidrazin sulfat ($\text{NH}_6 \text{SO}_4$) dicampur kedalam air aquades sampai 100 mL dan 10 gram heksametilenatetramina ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$) diencerkan kedalam air aquades sampai 100 mL. Kemudian dicampuran larutan pertama dan kedua dan didiamkan selama 24 jam pada suhu $25 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$. Untuk mendapatkan standar formazin suspense pada tingkat kekeruhan lainnya dengan cara dilakukan pengenceran air aquades dengan perbandingan molaritas dari kekeruhan 4000 NTU. Pada pengujian alat kekeruhan ini menggunakan 8 jenis cairan dengan nilai 0 NTU, 25 NTU, 50 NTU, 75 NTU, 100 NTU, 125 NTU, 150 NTU, 175 NTU dan 200 NTU dapat dilihat pada Gambar 8. Pada kekeruhan 0 NTU menggunakan air aquades. Data hasil kalibrasi dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Cairan standar formazin suspensi



Gambar 9. Grafik hasil pengujian kalibrasi alat ukur kekeruhan

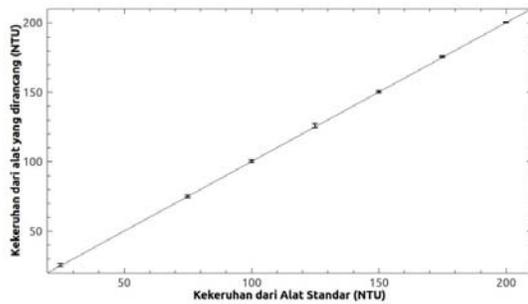
Pada Gambar 9 dapat diketahui nilai regresi linier dari grafik sebesar $y = 3,29+0,005x$. Dimana x adalah kekeruhan cairan dan y adalah nilai tegangan yang dihasilkan. Nilai koefisien determinasi pada regresi linear (r^2) adalah 0,978. Nilai slope yang dihasilkan adalah 200,446 dan error slope adalah 9,998 serta nilai intercept sebesar -657,922 dan error intercept adalah 37,941.

Kemudian tingkat kekeruhan sampel diukur terlebih dahulu dengan turbidimeter acuan yaitu Cyberson WL Turbidimeter Tipe TB 1000, lalu diukur lagi dengan alat ukur yang telah dibuat. Hasil pengukuran kedua alat ini kemudian digunakan untuk menentukan standar deviasi alat ukur hasil rancangan bangun terhadap alat ukur acuan, yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil uji alat terhadap alat acuan

No.	Kekeruhan (NTU)	
	Alat Standar	Alat yang dirancang
1	25	25,39 ± 1,29
2	50	50,40 ± 0,83
3	75	74,99 ± 0,90
4	100	100,37 ± 1,33
5	125	125,89 ± 0,66
6	150	150,38 ± 0,54
7	175	175,40 ± 0,36
8	200	200,44 ± 0,85

Nilai standar deviasi maksimum pada pengukuran 100 NTU yaitu 1,33 (Tabel 1). Untuk memudahkan mengetahui nilai standar deviasi maksimum dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik uji alat yang dirancang dengan alat standar

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa daerah kerja pada pengukuran 100 NTU lebih panjang dari pada pengukuran yang lainnya. Nilai standar deviasi ini dapat dipengaruhi oleh teknik pengukuran yang kurang baik. Sehingga kesalahan dalam pengukuran. Dapat juga dipengaruhi dari sensitifnya sensor fotodiode maka desain tempat cairan harus benar – benar statip. Penyebab tambahan perbedaan dalam analisa nilai kekeruhan adalah penggunaan suspense

dari jenis partikel untuk kalibrasi alat.

Alat rancang bangun ini mempunyai pengukuran yang terbatas antara 0 – 200 NTU. Di luar itu hasil pengukuran yang ditampilkannya tidak dapat terukur. Dilihat dari nilai standar deviasi yang rata – rata kurang dari 1 NTU, maka dapat disimpulkan bahwa alat ini baik untuk digunakan.

Kesimpulan

Penelitian ini telah dibuat alat ukur kekeruhan air berbasis mikrokontroler ATmega 8535. Sistem yang dibuat dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan dalam pengukuran tingkat kekeruhan dalam air. Hasil menunjukkan bahwa alat yang dibuat mampu mengukur tingkat kekeruhan air dengan jangkauan 0 – 200 NTU dan mempunyai standar deviasi maksimum sebesar 1.33 NTU.

Daftar Pustaka

[1] Uldin A, Riza. 2001. *Pemanfaatan Rangkaian Pengukur Intensitas Cahaya Untuk Rancang Bangun Alat Pengukur Tingkat Kekeruhan Air*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

[2] Needham, A.E. 1963. *The uniqueness of biological materials*. Pergamon press inc. New York

[3] Juli Soemirat Slamet. 1994. *Kesehatan Lingkungan*. Jogjakarta: Gajah Mada University Press.

[4] Sutrisno, Totok, dkk. 2006. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Rineka Cipta. Jakarta.

[5] Menteri Kesehatan, 2010. *Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Nomer 492/MENKES/PER/IV/2010

[6] Joko,tri. 2010. *Unit Produksi dalam system penyediaan air minum*. Penerbit Graha ilmu. Yogyakarta

[7] Setiawan, Imam. 2009. *Buku Ajar Sensor dan Transduser*. Universitas Diponegoro. Semarang.