

## PURWARUPA PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI COKLAT SECARA OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLLER

### PROTOTYPE OF COCOA'S INDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT WITH AUTOMATIC CONTROL BASE ON MICROCONTROLLER

Reza Nurul Fajri<sup>1</sup>, Fiky Yosef Suratman<sup>2</sup>, Rizky Ardianto Priramadhi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[rezanurul@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:rezanurul@students.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[fvsuratman@telkomuniversity.ac.id](mailto:fvsuratman@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[rizkia@telkomuniversity.ac.id](mailto:rizkia@telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

Seringkali pengolahan Limbah hasil industri besar tidak sesuai dengan peraturan yang berlaku pada pemerintah setempat. Limbah hasil pengolahan industri yang tidak sesuai ini di buang pada lingkungan penduduk tanpa memperhatikan dampak terhadap masyarakat sekitar. Dalam pengolah Limbah hasil industri, Limbah jenis cair yang akan berhubungan langsung dengan lingkungan masyarakat. Pengolahan Limbah yang tidak maksimal bisa berakibat Limbah cair memiliki kandungan lumpur. Kandungan lumpur ini akan mengakibatkan kejernihan air serta nilai pH dengan nilai di atas rata-rata yang diizinkan. Masalah ini dapat dikurangi dengan mengotomasi pengontrolan kandungan lumpur, kejernihan air, dan nilai pH pada pengolahan Limbah.

Sistem pengolahan Limbah ini terdiri dari dua pengolahan. Pertama kandungan lumpur yang terkandung dalam Limbah akan dikontrol kekeruhannya dengan sensor LDR dan diolah dengan metode floccuration. Teknik tersebut akan memisahkan lumpur dengan air. Pada pengolahan kedua nilai pH yang terkandung dalam Limbah akan dikontrol dengan pencampuran cairan asam atau basa dan pengukuran kadar keasaman air menggunakan sensor pH meter analog. Sistem memproses hasil tersebut agar dapat mengatur waktu terbukanya pintu otomatis dan hasil olahan Limbah akan dibuang.

Hasil akhir dari perancangan sistem ini adalah kualitas Limbah yang dihasilkan akan lebih aman bagi lingkungan. Yaitu berkurangnya kandungan lumpur, bertambahnya kejernihan air dengan nilai maksimal 20 NTU serta nilai pH yang dihasilkan netral (pH 6 – 8).

**Kata kunci :** Limbah cair industri, sistem pengontrolan otomatis, floccuration.

#### Abstract

Mostly the processing of large industrial waste does not comply with the regulations that apply to the local government. These unsuitable industrial wastes are disposed in the local population with regardless of the impact on the surrounding peoples. In the industrial waste result process, the liquid wastes that will be directly related to the people's environment. Some unsuitable wastes contain amount of mud. This mud could makes the clarity of liquid wastes and pH value with below average value that permitted. These problem could be reduced by automating treatment control of mud content, the liquids clarity, and pH value.

This treatment system will be consist by two different process. First the mud that contained in the waste will be control the turbidity with the method called floccuration and the result will be monitored by LDR sensor as a feedback. This method will separate the liquid and the mud. At the second process, the liquid that contains unsuitable pH would be treated by mixing acid and alkali. Furthermore the monitoring of the pH value would be using pH Meter Analog sensor. Systems would proccess it automaticly that will adjust when its ready to be disposed for environment.

The goal of this system design are the quality of liquid wastes would be more acceptable for envornment. That will be nociced by decreased the amount of mud at the liquid, increasing the liquid's clarity by the maximum value 20 NTU, and netralized the pH value with the target of pH contains between 6 to 8.

**Keywords:** Industrial liquid wastes, automatic control systems, floccuration.

## 1. Pendahuluan

Menurut data Kementerian Energi Sumber Daya dan Mineral, hingga tahun 2015, pemenuhan kebutuhan air bersih di Indonesia diperkirakan baru mencapai 68,9% dari total kebutuhan air bersih secara nasional.

Seringkali pengolahan dan pengelolaan limbah hasil industri besar tidak sesuai dengan peraturan yang berlaku pada pemerintah setempat. Limbah hasil pengolahan industri yang tidak sesuai ini dibuang pada lingkungan penduduk tanpa memperhatikan dampak terhadap masyarakat sekitar. Kandungan dalam limbah cair yang dibuang dan tidak memenuhi standar proses pengolahan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang dapat mengganggu penyediaan sumber air bersih dan akan berdampak pada kesehatan masyarakat jangka panjang maupun jangka pendek. Pengolahan limbah cair diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah[2].

Pada tugas akhir ini dapat mengembangkan sebuah purwarupa alat pengolahan limbah cair industri yang secara otomatis mengolah limbah cair industri menjadi lebih ramah terhadap lingkungan masyarakat. Dalam sistem yang dibuat yaitu menghilangkan kandungan lumpur pada limbah diharapkan dapat mengubah warna air serta menjernihkan cairan limbah yang telah dibuang pada parit-parit masyarakat dan mengontrol nilai pH pada limbah. Sistem akan mengontrol ketiga masalah tersebut secara otomatis.

## 2. Dasar Teori dan Perancangan

### 2.1. Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Pengolahan Buah			
	Kadar (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar (mg/L)	Beban (kg/ton)
pH	6-9			

Tabel 1. Parameter Kandungan Limbah Cair Industri Buah Menurut Menteri LH RI.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Berikut tabel parameter menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI[2].

### 2.2. Limbah Cair Hasil Industri Buah

Pada umumnya, limbah dari industri buah dapat dikategorikan sebagai limbah padat dan cair serta limbah organik dan anorganik. Parameter penilaian limbah organik antara lain adalah kandungan lumpur, bau serta warna air, dan kandungan pH yang terdapat pada limbah. Aturan mengenai penanganan limbah dapat dilihat pada SNI Indonesia yaitu SNI 6989-59.2008[3].

Limbah dari pengolahan makanan berbahan buah umumnya melalui banyak proses pencucian dalam pengolahannya yang mengakibatkan limbah cair hasil pembuangan mempunyai pH tinggi karena banyak menggunakan larutan alkali pada prosesnya. PH yang diizinkan menurut peraturan Menteri LH pada hasil limbah industri pengolahan limbah adalah antara 6-9. Selain itu warna serta bau hasil pengolahan limbah terkadang sangat mengganggu lingkungan sekitar masyarakat.

### 2.3. Pengolahan Biji Kakao

Terdapat dua proses yang biasa digunakan pada pengolahan biji kakao menjadi produk, yaitu proses konvensional dan *solvent process*. Berikut adalah tahapan dari kedua proses tersebut:

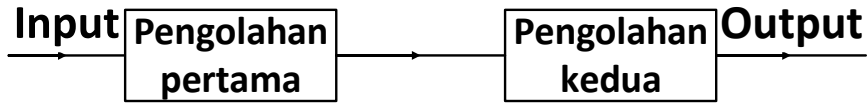
Proses konvensional

1. Pembersihan biji, *Breaking*, dan *Winnowing*
2. Sterilisasi
3. Alkalisasi
4. *Drying* dan *Roasting*
5. *Grinding*
6. *Pressing*
7. *Crushing*, *Pulverising*, dan *Stabilizing*

*Solvent Process*

*Solvent process* merupakan pengembangan dari proses konvensional dimana pada tahapan ekstraksi lemak kakao dilakukan dengan pelarut. Proses ini menghasilkan bubuk coklat berkadar lemak rendah sehingga lebih cocok digunakan sebagai produk makanan rendah lemak.

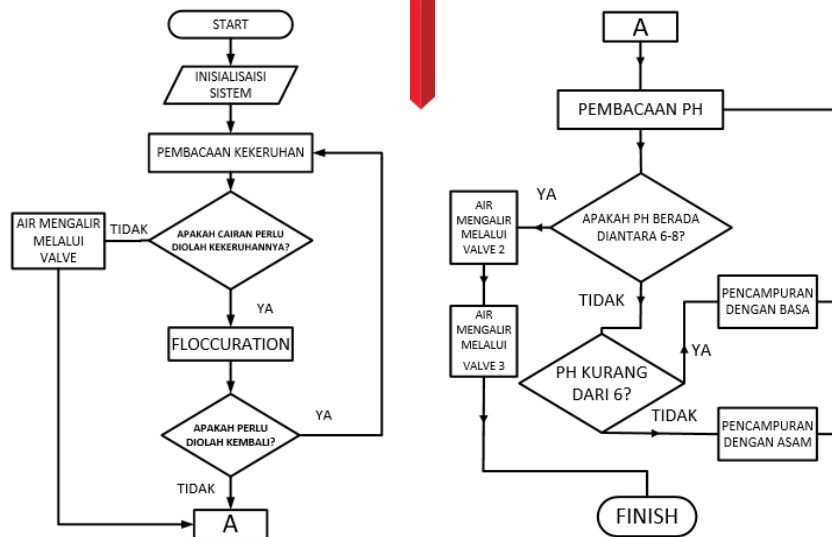
**2.4. Blok Diagram Sistem Keseluruhan**



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Keseluruhan.

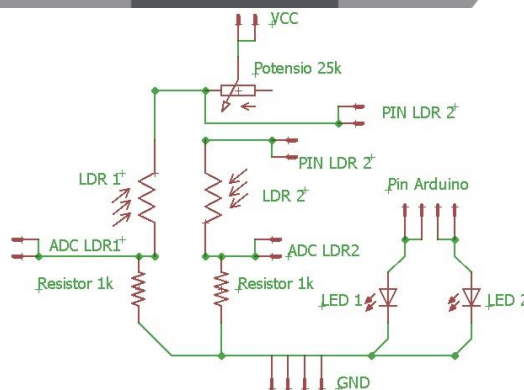
Pada gambar 1 merupakan blok diagram keseluruhan sistem dan pada gambar 2 merupakan diagram alir keseluruhan sistem.

Pengolahan limbah akan melalui dua tahap. Pertama, limbah akan diatur kekeruhannya menggunakan senyawa Alum ( $Al_2(SO_4)_3$ ). Pengolahan kedua, limbah yang sudah diatur kekeruhannya. Akan diatur derajat keasamannya atau pH oleh sistem. Pengolahan kedua ini menggunakan sesor pH Meter analog yang akan menjadi umpan balik sistem. Hasil dari pembacaan pH meter analog ini selanjutnya akan diolah dengan mikrokontroler.



Gambar 2. Flowchart Keseluruhan Sistem

**2.5. Rangkaian Sensor Kekeruhan**



Gambar 3. Rangkaian Sensor Kekeruhan.

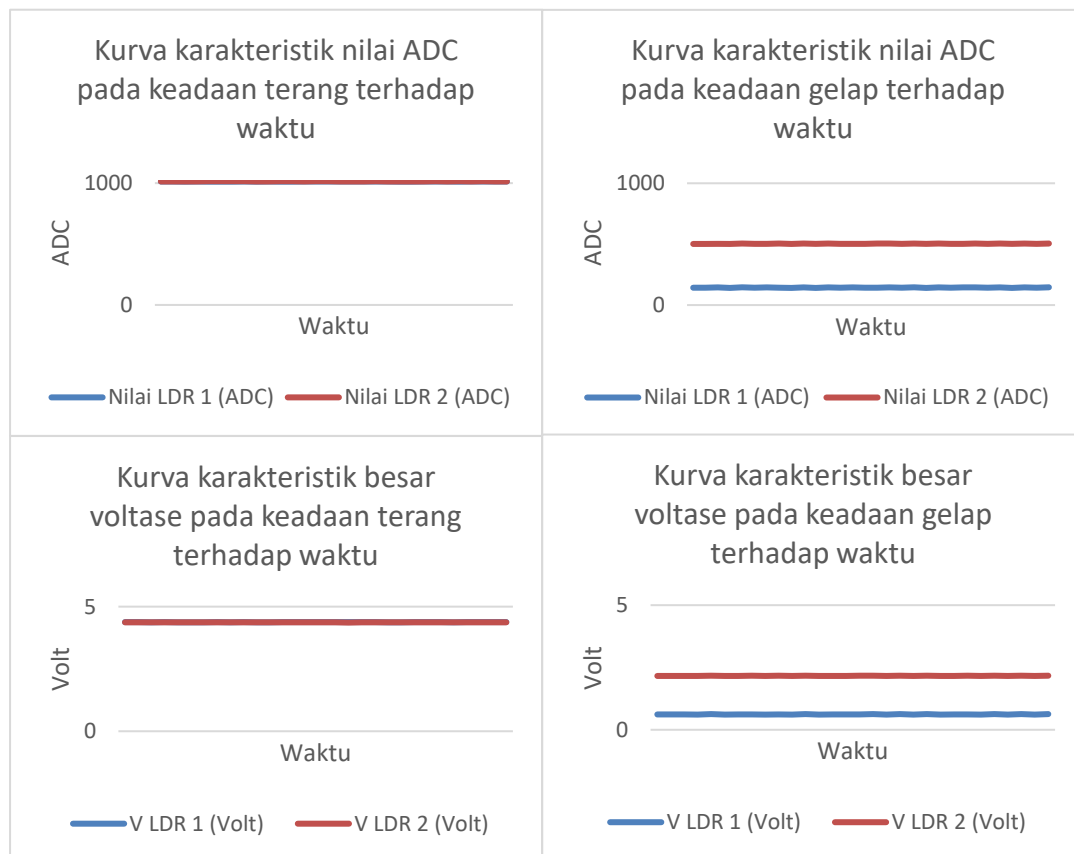
Pada gambar 3 merupakan rangkaian LDR untuk mendeteksi kekeruhan air. Dengan menggunakan dua buah LDR untuk membaca perbedaan resistansi cahaya yang diterima dari pantulan cahaya LED pada cermin di bagian sisi penampang air.

### 3. Hasil Pengujian dan Analisis

#### 3.1. Karakterisasi Sensor Kekeruhan

Pengujian karakteristik sensor kekeruhan untuk membaca kekeruhan dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan dan ADC yang dihasilkan oleh sensor. Pengujian awal dilakukan untuk mengetahui batasan nilai tegangan dan ADC pada 2 kondisi, yaitu pada kondisi terang dan kondisi gelap.

Kondisi terang diukur pada keadaan sensor kekeruhan disinari oleh LED dari Ponsel, dan kondisi gelap didapatkan pada kondisi sensor kekeruhan ditutupi oleh solasi berwarna hitam. Pada data dibawah (Gambar IV-1) didapatkan nilai maksimal dan minimal tegangan dan nilai ADC pada kondisi gelap dan terang. Data tersebut menjadi referensi nilai maksimal dan minimal pada LDR. Berikut kurva hasil pengujiannya:

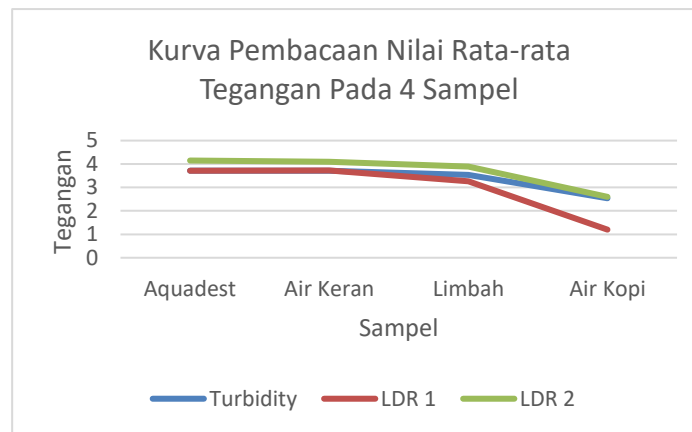


Gambar 4. Kurva Karakteristik Sensor Kekeruhan Nilai ADC dan Tegangan Terhadap Waktu Pada Dua Kondisi.

Hasil yang berbeda disebabkan karena tipe sensor LDR yang berbeda saat menampilkan nilai resistansi minimum pada kondisi gelap. Tetapi pada pembacaan hasil tegangan dapat dikatakan kedua sensor bergerak pada garis yang relatif sebanding.

#### 3.2. Analisis Sensor Kekeruhan

Tujuan dari pengujian kedua ini adalah untuk menampilkan dan membandingkan hasil pembacaan dari sensor LDR 1 dan sensor LDR 2 dengan sensor kekeruhan (*Turbidity sensor SKU: SEN0189*) sebagai pembandingan. Dari pengujian ini dapat diketahui seberapa baik sensor kekeruhan bekerja.



Gambar 5. Kurva Karakteristik Perbandingan Nilai Tegangan dan ADC.

Dari data kurva diatas (Gambar 5) didapatkan perbandingan nilai ADC dan tegangan dari sensor LDR dan sensor pembanding (Turbidity Meter) yang berbeda namun relatif sebanding pada beberapa data.

Pada sampel air aquadest yang merupakan sampel dari air jernih, nilai tegangan dan ADC bernilai paling tinggi dan pada sampel air kopi yang merupakan sampel dari air keruh, didapatkan nilai tegangan dan ADC yang paling rendah. Hal tersebut dapat membuktikan sensor LDR dapat membedakan air jernih dan air keruh. Tetapi terdapat nilai tegangan dan ADC yang tidak sebanding pada sampel air kopi. Ke-tidak sebandingan nilai tersebut disebabkan salah satunya karena kondisi pencahayaan yang berbeda pada saat percobaan. Karena ketiga sensor ini sangat sensitif terhadap perubahan cahaya.

Data Hasil Uji-t dan Uji-f

Sampel	Sensors	$t \left( \frac{\mu x1 - \mu x2}{StDer} \right)$	One Tail	Two Tail	Sig		Mean	
					One Tail	Two Tail	Ref	LDR
Aquadest	LDR 1	0,0002290	0,4999	0,9998	No Sig	No Sig	3,7154	3,7154
	LDR 2	-0,004565	0,4981	0,9963	No Sig	No Sig	3,7154	3,715
Air Keran	LDR 1	0,0083797	0,4966	0,9933	No Sig	No Sig	3,7110	3,7117
	LDR 2	0,0045911	0,4981	0,9963	No Sig	No Sig	3,7110	3,7114
Air Limbah	LDR 1	0,0011607	0,4995	0,9990	No Sig	No Sig	3,5428	3,5429
	LDR 2	-0,004564	0,4981	0,9963	No Sig	No Sig	3,5428	3,5424
Air Kopi	LDR 1	-0,00486	0,4980	0,9961	No Sig	No Sig	2,5182	2,5181
	LDR2	0,005025	0,498	0,9960	No Sig	No Sig	2,5182	2,5182

Tabel 2. Tabel Sensor Kekeruhan Setelah Penambahan Nilai Offset.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai nilai signifikansi  $< t$  Critical pada keempat sampel, sehingga  $H_0$  dan  $H_1$  dapat diterima. Berdasarkan hasil uji-T ini dapat dikatakan bahwa perbedaan nilai rata-rata tidak signifikan.

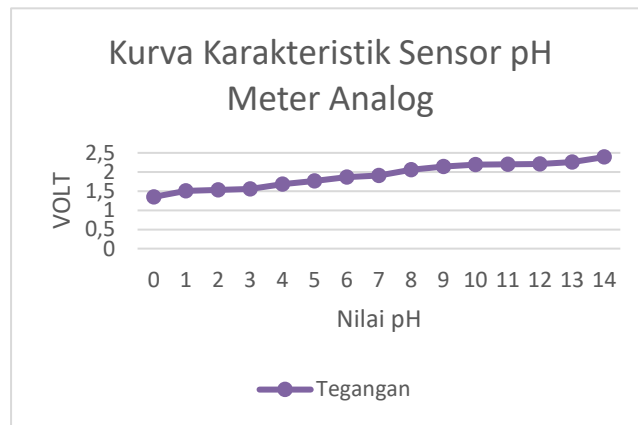
### 3.3. Karakteristik Sensor PH Meter Analog

Percobaan dilakukan dengan sampel cairan dengan Acid Nitric ( $HNO_3$ ) yang merupakan asam kuat dengan pH 0, larutan Buffer pH 4, cairan Buffer pH 7, dan Natrium Hidroksida ( $NaOH$ ) yang merupakan basa kuat dengan pH 14. Sampel cairan di tuangkan pada gelas ukur dengan ukuran  $\pm 50$ ml. Sensor pH meter analog di rendam pada cairan tersebut selama kurang lebih 60 detik untuk dilihat kestabilan pembacaan tegangan pada sensor.

Berikut adalah table dan kurva karakteristik (Tabel 23 dan Gambar 6) pembacaan tegangan sensor dengan mengambil nilai tegangan tertinggi pada setiap sampel pH (0-14).

Tabel 3. Tabel Karakteristik Perubahan Tegangan Sensor pH Meter Analog.

pH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tegangan	1.35	1.51	1.53	1.56	1.68	1.77	1.87	1.91	2.06	2.14	2.19	2.2	2.21	2.26	2.39

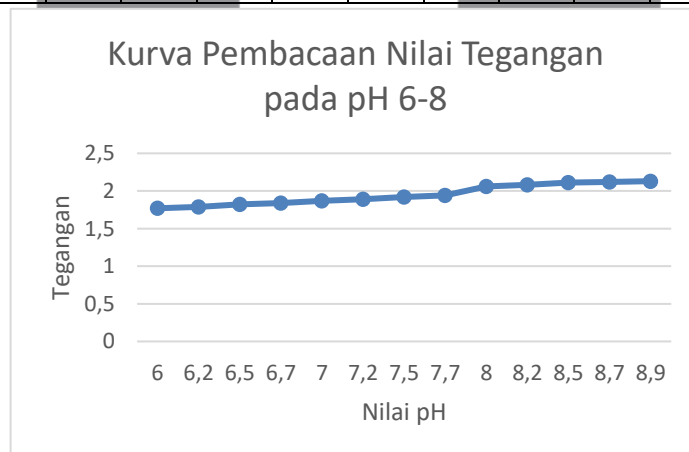


Gambar 6. Kurva Karakteristik Perubahan Tegangan Sensor pH Meter Analog.

Berikut adalah pembacaan data nilai tegangan pada nilai pH yang ingin dicapai yaitu nilai 6-8 (Tabel 3 dan Gambar 7).

Tabel 4. Tabel Karakteristik Perubahan Tegangan Sensor pH Meter Analog.

pH	6	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7	7.1	7.2	7.3	7.4
Tegangan	1.77	1.78	1.79	1.8	1.81	1.82	1.83	1.84	1.85	1.86	1.87	1.88	1.89	1.9	1.91
pH	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9
Tegangan	1.92	1.93	1.94	1.95	1.96	2.06	2.07	2.08	2.09	2.1	2.11	2.12	2.12	2.13	2.13



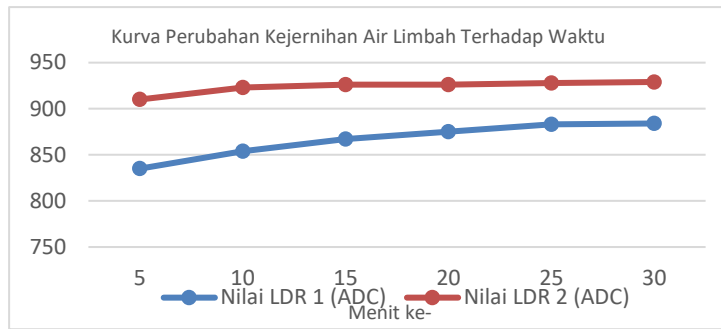
Gambar 7. Kurva Karakteristik Sensor pH Meter (pH 6-8) Terhadap Tegangan.

### 3.4. Pencampuran Cairan Penjernih Air

Pada pengolahan pertama, dilakukan pencampuran cairan dengan menggunakan larutan flokulan (Alum) pada limbah. Pencampuran dilakukan untuk menghilangkan kandungan lumpur serta meningkatkan kejernihan air limbah. Perbandingan antara flokulan dan limbah yaitu 2-4 sendok pengaduk stainless steel dengan air baku 100 ml untuk ±1600 mL.

Proses pencampuran air dengan larutan Alum membutuhkan waktu minimal selama 25 menit. Durasi waktu tersebut sudah termasuk proses pengadukan larutan.

Berikut adalah kurva perubahan kejernihan air limbah terhadap waktu.



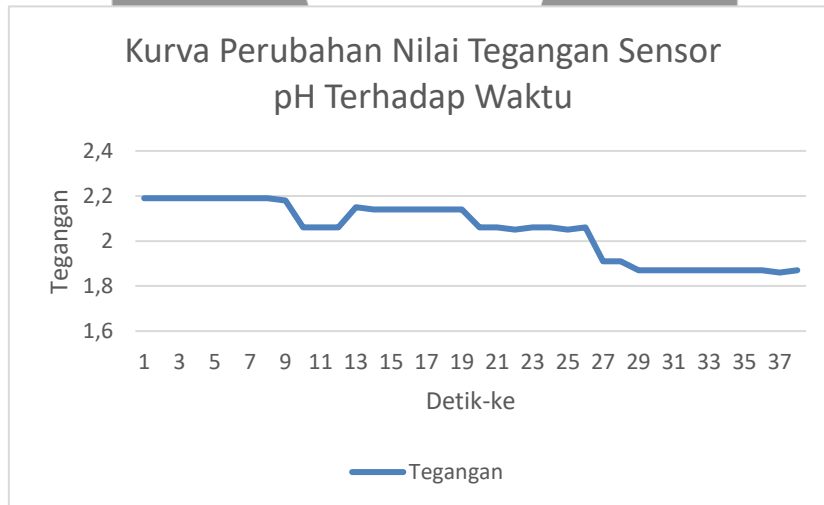
Gambar 8. Kurva Karakteristik Sensor pH Meter (pH 6-8) Terhadap Tegangan.

Pada Gambar 8 terlihat nilai ADC berubah menjadi lebih tinggi pada saat menit ke 10 dan terus naik pada menit selanjutnya. Pada LDR 2 perubahan nilai ADC terlihat tidak begitu signifikan di lima menit selanjutnya. Itu dikarenakan nilai LDR 2 mencapai nilai maksimalnya pada batas tersebut. Dan nilai LDR 2 terus terjadi kenaikan tiap 5 menit, nilai stabil mulai tercapai pada saat menit ke 30. Tetapi perubahan yang signifikan terjadi pada saat menit ke 25. Hal tersebut menjadi acuan batasan tunggu yang paling efektif untuk sistem.

Pada proses pencampuran ini, volume air yang keluar tidak sama dengan yang dimasukkan. Hal tersebut dikarenakan terdapat air keruh yang tertinggal dan tidak dikeluarkan oleh sistem.

### 3.5. Pencampuran pH Cairan

Pada pengolahan kedua dilakukan pencampuran cairan penetralisir keasaman atau pH. Pencampuran dilakukan dengan dua jenis cairan yaitu, asam dan basa. Cairan asam yang digunakan berupa asam kuat (HNO<sub>3</sub>) dan cairan basa yang digunakan yaitu cairan basa kuat (NaOH). Pada pencampuran ini diharapkan nilai pH Limbah akan berubah menjadi 6, 7, atau 8.



Gambar 9. Kurva Perubahan Nili Tegangan Sensor pH Terhadap Waktu.

#### 4. Kesimpulan

1. Sensor kekeruhan yang digunakan dapat membaca nilai kekeruhan dengan baik pada sampel Aquadest. Hasil pengukuran alat ini 95% dapat dipercaya berdasarkan Uji T dan Uji F.
2. Pada percobaan sensor kekeruhan disampel Air Keran, Limbah, dan Air Kopi terdapat *offset* yang signifikan dari sensor primer.
3. Pada Sensor Analog pH Meter dapat membaca nilai pH dengan cara membedakan nilai tegangan dari keluaran sensor.
4. Pada pencampuran cairan asam dihasilkan Limbah yang mencapai target, yaitu dengan nilai pH 6-8.
5. Sistem secara keseluruhan dapat berjalan dengan baik, namun dengan nilai persentase hasil pengolahan yang kecil.

#### 5. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, agar sistem bekerja lebih baik dan memperbaiki kekurangan yang ada pada sistem ini, maka disarankan:

1. Percobaan karakterisasi sensor LDR untuk kekeruhan dengan sensor turbidity dilakukan pada kondisi cahaya yang sama, agar nilai ADC maupun tegangan yang keluar dapat dibandingkan.
2. Akan lebih baik jika volume tangki disesuaikan atau berbanding dengan besarnya volume Limbah yang dikeluarkan oleh pabrik.
3. Akan lebih baik jika sistem ditambahkan dengan metode kontrol agar hasil pengolahan bisa lebih maksimal.

#### Daftar Pustaka:

- [1] Tim Penulis dan Editor BPPT (2002). Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. Jakarta : Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi Material dan Lingkungan, Badan Pengkaji dan Penerapan Teknologi.
- [2] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- [3] Ebelinga, J. M., Sibrellb, P. L., Ogdena, S. R., & Summerfelt, S. T. (2003). Evaluasi Proses Koagulasi-Flokulasi Dalam Upaya Mereduksi Padatan Terlarut Dan Kandungan Fosfor Pada Saluran Pembuangan Limbah Akuakultur Sistem Resirkulasi Intensif. *Aquaculture Engineering Journal*, Vol. 29., 23-42.
- [4] Sutrisno, Totok, dkk. 2006. Teknologi Penyediaan Air Bersih. Rineka Cipta. Jakarta.
- [5] Wicaksono, Andrika Wahyu., Widasari, Edita Rosana., Utaminingrum, Fitri. (2017). Implementasi Sistem Kontrol dan Monitoring pH pada Tanaman Kentang Aeroponik secara Wireless. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* Vol. 1, No. 5, Mei 2017, e-ISSN: 2548-964X., 386-398.
- [6] Harvesting and Processing Cocoa Beans <https://www.cadbury.com.au/About-Chocolate/Harvesting-and-Processing-Cocoa-Beans.aspx>. Dikunjungi pada 15 November 2017.
- [7] Said Zul Amraini, Hari Rionaldo, Hermanto, Nyoman Kurniawan, Zulfansyah. (2011). Review Teknologi Proses Pengolahan Kakao. *Conference Paper* November 2011, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, ISSN: 1693-1750.