



**SISTEM KONTROL PROSES ANAEROBIK PADA PENANGANAN
LIMBAH CAIR PENGOLAHAN KOPI MENGGUNAKAN
REAKTOR *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB)**

SKRIPSI

Oleh

**Salman Alfarisi Hafid
NIM 121710201042**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**SISTEM KONTROL PROSES ANAEROBIK PADA PENANGANAN
LIMBAH CAIR PENGOLAHAN KOPI MENGGUNAKAN
REAKTOR *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh

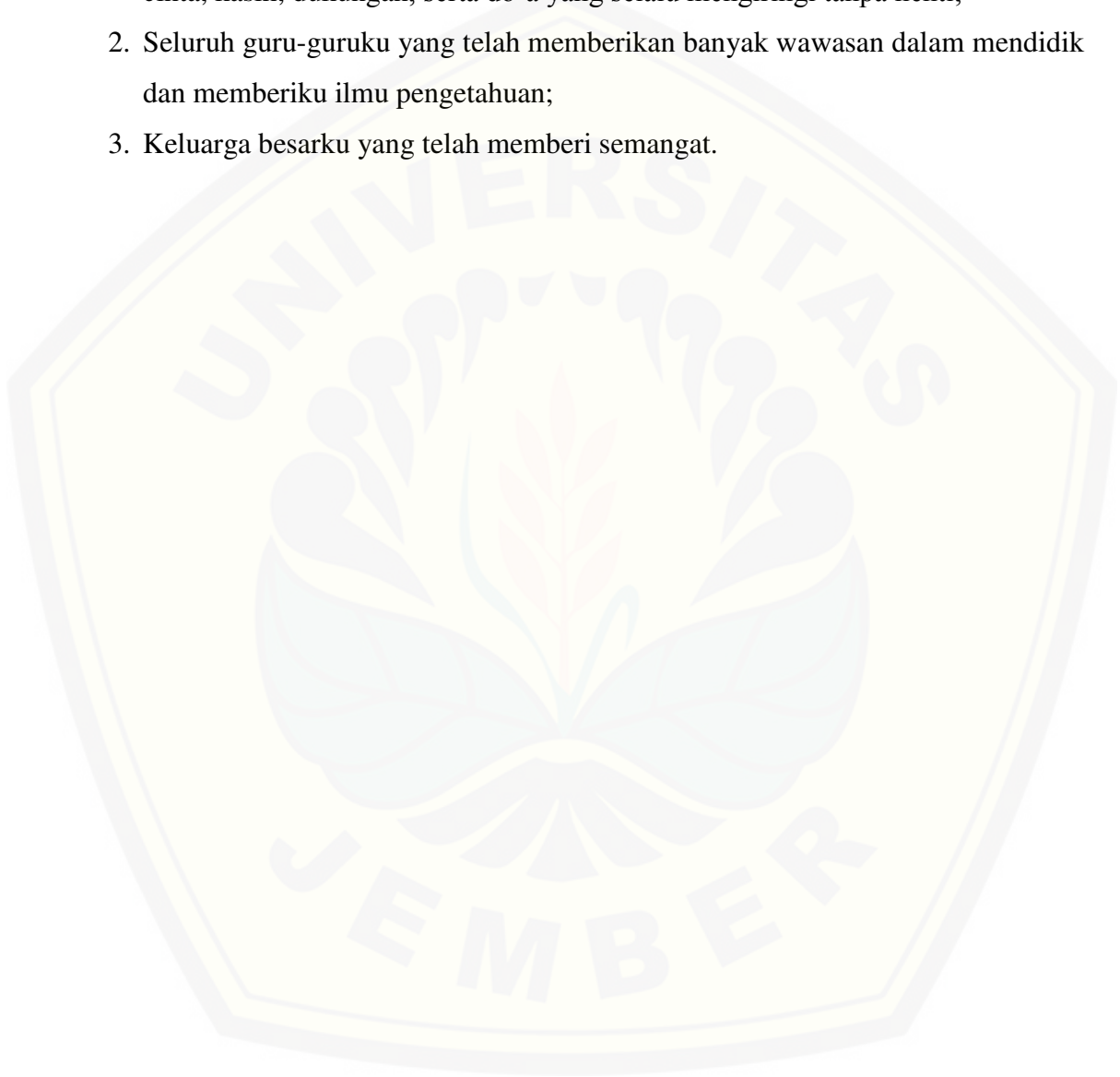
Salman Alfarisi Hafid
NIM 121710201042

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ayahanda Abdu Latif dan Ibunda Siti Romlah yang selalu memberi ketulusan cinta, kasih, dukungan, serta do'a yang selalu mengiringi tanpa henti;
2. Seluruh guru-guruku yang telah memberikan banyak wawasan dalam mendidik dan memberiku ilmu pengetahuan;
3. Keluarga besarku yang telah memberi semangat.



MOTTO

“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri, dan jika kamu berbuat jahat, maka kejahatan itu untuk dirimu sendiri”

(QS. Al-Isra’: 7)*

“Tuntutlah ilmu, tapi tidak melupakan ibadah, dan kerjakanlah ibadah tapi tidak boleh lupa pada ilmu”

(Hassan Al Bashri)

“Bersukur dari segala apa yang datang padamu, karena kunci kebahagiaan datang dari hal kecil tersebut”

*⁾ Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur’an Dan Terjemahannya*. Semarang : PT. Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Salman Alfarisi Hafid

NIM : 121710201042

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Sistem Kontrol Proses Anaerobik Pada Penanganan Limbah Cair Pengolahan Kopi Menggunakan Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB)“ adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Adapun data yang terdapat di dalam tulisan ini dan hak publikasi adalah milik Laboratorium Teknologi Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 10 Oktober 2016

Yang menyatakan,

Salman Alfarisi Hafid

NIM 121710201042

SKRIPSI

**SISTEM KONTROL PROSES ANAEROBIK PADA PENANGANAN
LIMBAH CAIR PENGOLAHAN KOPI MENGGUNAKAN
REAKTOR *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB)**

Oleh

Salman Alfarisi Hafid
NIM. 121710201042

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Sistem Kontrol Proses Anaerobik Pada Penanganan Limbah Cair Pengolahan Kopi Menggunakan Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB)” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 02 November 2016

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.
NIP. 197311301999032001

Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.
NIP 196312121990031002

Tim Penguji

Ketua

Anggota

Ir. Setiyo Harri, M.S.
NIP. 195309241983031001

Drs. Rudju Winarsa, M.Kes.
NIP.196008161989021001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P.
NIP 196912121998021001

RINGKASAN

Sistem Kontrol Proses Anaerobik Pada Penanganan Limbah Cair Pengolahan Kopi Menggunakan Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB); Salman Alfarisi Hafid, 121710201042; 2016: 53 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Proses pengolahan kopi secara basah akan menghasilkan limbah cair yang cukup tinggi. Jika tidak ditangani terlebih dahulu maka dapat memicu sebagai pencemar bagi lingkungan karena mengandung banyak bahan polutan di dalamnya. Penanganan limbah cair pengolahan kopi beragam caranya, salah satunya dengan memanfaatkan limbah cair sebagai bahan biogas menggunakan reaktor *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB). Reaktor UASB merupakan reaktor anaerob dengan prinsip *upflow*, yaitu *input* berada pada bagian bawah dan *output* berada pada bagian atas. Aliran limbah ke permukaan akan melewati lumpur aktif yang berisi mikroorganisme pengurai, sehingga dapat mengurangi beban pencemaran serta menghasilkan biogas. Mikroorganisme tersebut berupa bakteri mesofilik yang memerlukan penyesuaian suhu dan pH untuk keberlangsungan hidup dan perkembangbiakannya dalam reaktor. Suhu yang dibutuhkan yaitu antara 30-35°C dan pH 6-8. Tujuan penelitian untuk menyediakan suhu dan pH yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam reaktor UASB dengan menggunakan mikrokontroler. Sehingga suhu akan tetap berada pada kisaran 30-35°C dan pH 6-8. Mengetahui kualitas limbah setelah proses anaerobik yang terjadi melalui beberapa parameter, yaitu TSS, kekeruhan, dan rasio C/N.

Penelitian ini dilaksanakan selama 36 hari dengan empat kali penambahan beban, yaitu penambahan pertama pada hari ke 8; penambahan kedua pada hari ke 15; penambahan ketiga pada hari ke 22; dan penambahan keempat pada hari ke 30. Pengamatan suhu, pH, dan kekeruhan dilakukan setiap hari; sedangkan pengukuran TSS dan C/N dilakukan setiap kali penambahan dan pengurangan beban. Sistem Kontrol Proses Anaerobik Pada Penanganan Limbah Cair

Pengolahan Kopi Menggunakan Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) mampu menyediakan suhu 30-35°C yang dibutuhkan oleh mikroorganisme. Kualitas limbah setelah proses anaerobik pada parameter rasio C/N mengalami penurunan dengan jumlah yang berbeda-beda. Untuk parameter kekeruhan dan TSS mengalami fluktuasi selama proses berlangsung yang disebabkan oleh *upflow* dan *sludge* dalam prinsip kerja reaktor, sehingga tidak bisa dijadikan parameter utama dalam penelitian.



SUMMARY

Anaerobic Process Control System In Handling Liquid Waste Coffee Processing Use Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactor; Salman Alfarisi Hafid, 121710201042; 2016: 53 pages; Department of Agricultural Engineering Faculty of Agriculture University of Jember.

Coffee wet processing will produce high number of wastewater. Without treat in advance, it causes a pollution to the environment because it contains many pollutants. There are various ways to handle liquid waste of coffee processing, one of them by using wastewater as biogas materials using upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB). UASB reactor is an upflow anaerobic reactor which has principle that the input are at the bottom and output are on the top. Waste flow to the surface will pass the activated sludge that contain of decomposing microorganisms, thus reducing the pollution load and produce biogas. The type of microorganisms is mesophilic bacteria that have to adjustment with temperature and pH for survive and breeding in the reactor. It needs temperature in between 30-35°C and pH 6-8. The purposes of this research are to provide temperature and pH that needed by microorganisms in UASB reactor using a microcontroller. So the temperature will remain in the range of 30-35°C and pH 6-8. The quality of the waste after the anaerobic process can be obtained through several parameters, such as TSS, turbidity, and C/N ratio.

This research was held for 36 days with four times load addition, the first addition on day 8th; second addition on day 15th; third addition on day 22nd; and the fourth addition on day 30th. Temperature, pH, and turbidity were observed every day; while the measurement of TSS and C/N were observed every addition and reduction of the load. Anaerobic Process Control System Handling Waste Liquid Coffee Processing Use Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (UASB) provided a temperature of 30-35°C that needed by the microorganisms. The quality of the waste after the anaerobic process in parameters C/N ratio decreased with different value. The value of turbidity and TSS was fluctuated

during the process. It caused by upflow and sludge on the reactor. Therefore turbidity and TSS it can not be used as the main parameters in this research.



PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah tertulis yang berjudul “Sistem Kontrol Proses Anaerobik Pada Penanganan Limbah Cair Pengolahan Kopi Menggunakan Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah bersedia meluangkan waktu, arahan dan dukungannya. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan perhatian, nasehat dan arahan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah memberikan banyak arahan, semangat dan motivasi sehingga karya tulis ilmiah ini bisa terselesaikan dengan baik;
3. Ir. Muharjo Pudjojono selaku Ketua Komisi Bimbingan yang telah memberikan banyak bimbingan, motivasi, kritik dan saran yang membangun untuk menyelesaikan skripsi ini;
4. Segenap Dosen dan Staf Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang memberikan dukungan sarana dan prasarana dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi;
5. Guru besarku (KH. Abdul Mujib Imron, S.H., M.H.) yang selalu memberikan iringan do'a dan ilmu;
6. Keluarga besarku ayah, ibu dan kakakku (Uyun Nurrohmah, Mustofa, dan Nurhasan) tiada kata yang layak dilantunkan atas pemberian kalian semua; juga Septa Silvia B. R., yang selalu memberi semangat, doa, dan tenaga dalam kelancaran penelitian ini hingga selesai;

7. keluarga besar HMJ IMATEKTA yang telah memberikan pengalaman, semangat, senyuman serta ejekan-ejekan yang membangun dalam pelajaran hidup yang begitu berarti.
8. teman-teman seperjuangan (Wawan, Zainul, Mastuki, Widad, Vivin, Zabit, Atas, Andi, Ika, Ria, Rizki, Faris, Irma, Amelia, Safiantika, Rosyad, Indra, Ikfi, Aini, Agung, Bagas, Brain, Helen, Masfiah, Hazmi, Denny, Angga, Avif, Dimas, Miki, Wicak, Yuski, Bram, dan Bobby) yang telah memberikan banyak dukungan dan rasa kebersamaan. Terima kasih untuk selalu menemani dengan candaan dan celaan yang tiada habisnya setiap hari;
9. semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini sehingga tidak bisa dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Saran dan kritik sangat penulis harapkan demi kesempurnaan karya tulis ilmiah ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jember, Oktober 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Limbah Cair Pengolahan Kopi	4
2.2 Biogas	4
2.3 Proses Anaerobik	5
2.4 Prinsip Kerja Reaktor <i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i> (UASB)	6
2.5 Sistem Mikrokontroler	7
2.6 Sensor Suhu LM35	9
2.7 Sensor pH (Kadar Keasaman)	9
2.8 Relay	10

2.9 Liquid Cristal Display (LCD)	11
2.10 Transistor	11
2.11 Resistor	12
2.12 Kapasitor	12
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	13
3.2.1 Alat	13
3.2.1 Bahan	13
3.3 Prinsip Kerja Alat	13
3.4 Rancangan Fungsional	14
3.4.1 Sensor Suhu LM35	15
3.4.2 Sensor pH	15
3.4.3 Mikrokontroler	15
3.4.4 <i>Relay</i>	16
3.4.5 <i>Heater</i>	16
3.4.6 Pompa Wiper	16
3.4.7 <i>Liquid Cristal Displaay</i>	16
3.5 Rancangan Struktural	17
3.6 Tahapan Penelitian	18
3.7 Pengamatan Proses Anaerobik pada Reaktor UASB	19
3.7.1 Parameter Pengamatan	19
3.7.2 Analisis Data	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Hasil Perancangan	22
4.1.1 Perancangan Reaktor	22
4.1.2 Perancangan Unit Kontrol	24
4.2 Hasil Pengujian	31
4.2.1 Pengujian Unit Kontrol	32
4.2.2 Proses Pengolahan Limbah	37
BAB 5. PENUTUP	49

5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	54



DAFTAR TABEL

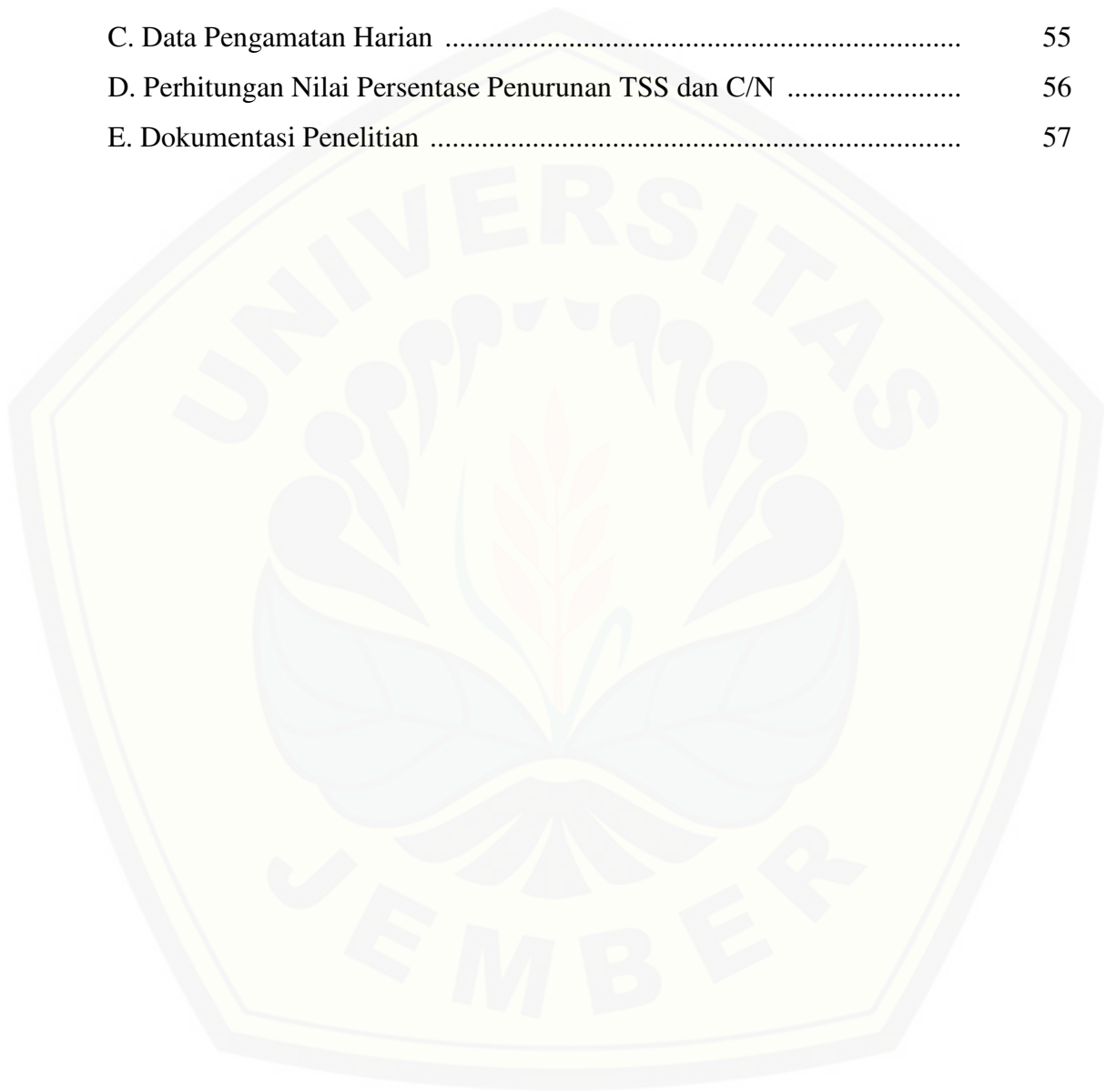
	Halaman
2.1 Baku Mutu Limbah Industri Pengolahan Kopi	4
4.1 Listing Registrasi Pemrograman	28
4.2 Konfigurasi PIN LCD yang Digunakan	29
4.3 Listing Pemrograman Data Sensor yang Digunakan	29
4.4 Listing Pemrograman <i>Set Point</i> Menggunakan Potensio	30
4.5 Penulisan Karakter Derajat (°) pada <i>LCD Designer</i>	31
4.6 Data Pengamatan Pengujian Sesnsor	33
4.7 Data Hasil Percobaan dari <i>Analog pH-meter Kit</i>	36
4.8 Karakteristik Awal Limbah Cair Pengolahan Kopi	39
4.9 Rasio C/N pada Proses Anaerobik Limbah Cair Pengolahan Kopi	41
4.10 Nilai TSS Sebelum dan Sesudah Proses Anaerobik	44

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Skema Reaktor UASB	7
2.2 Kemasan PDIP ATmega 8.....	8
2.3 LM35	9
2.4 Analog pH-meter Kit	10
2.5 Relay	10
2.6 Liquid Cristal Display (LCD)	11
3.1 Rancangan Fungsional	14
3.2 Desain Struktural Reaktor UASB	17
3.3 Diagram Alir Penelitian	18
4.1 Hasil Perancangan Reaktor UASB	22
4.2 Komponen Reaktor	23
4.3 Simulasi Kontrol Suhu Dengan <i>Proteus ISIS 7 Profesional</i>	25
4.4 Rangkaian Unit Kontrol	25
4.5 Rangkaian Sensor Suhu LM35	26
4.6 Simulasi Rangkaian <i>Relay</i>	27
4.7 Grafik Persamaan garis Keluaran ADC dengan <i>Thermometer Glass</i>	32
4.8 Tampilan LCD	34
4.9 Kinerja <i>Relay</i>	35
4.10 Grafik Perbandingan Suhu Terkontrol dengan Suhu Tanpa Kontrol..	38
4.11 Grafik Perubahan Derajat Keasaman (pH)	40
4.12 Nilai C/N Sebelum dan Sesudah Proses Anaerobik.....	42
4.13 Nilai Kekeruhan Setelah Proses Anaerobik	43
4.14 Nilai TSS Sebelum dan Sesudah Proses Anaerobik	45
4.15 Jumlah Biogas yang Dihasilkan	46

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Listing Program Sistem Kontrol Suhu dan pH	52
B. Data Kalibrasi Sensor LM35	54
C. Data Pengamatan Harian	55
D. Perhitungan Nilai Persentase Penurunan TSS dan C/N	56
E. Dokumentasi Penelitian	57



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pengolahan kopi secara basah akan menghasilkan limbah cair kopi yang cukup tinggi. Limbah cair kopi bila dibiarkan dapat berdampak buruk bagi lingkungan karena mengandung tingkat keasaman yang tinggi dan bersifat korosif. Penanganan limbah cair kopi beragam caranya, salah satunya dengan mengubah kandungan polutan dalam limbah cair kopi menjadi biogas menggunakan Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB). Reaktor UASB merupakan reaktor anaerobik dengan input (*influen*) dimasukkan ke dalam tangki dari arah bawah reaktor dan kemudian limbah cair tersebut mengalir ke atas melewati lapisan anaerob. Lapisan anaerob berupa lumpur aktif yang terdiri dari mikroorganisme pengurai bahan organik dan merubahnya menjadi biogas (Padmono dan Susanto, 2007).

Mikroorganisme yang bekerja dalam reaktor membutuhkan temperatur dan pH yang sesuai untuk mendegradasi kandungan polutan yang terdapat dalam limbah tersebut, agar kinerjanya berjalan dengan baik. Menurut Said (1987:295), ada dua rentang suhu yang biasa digunakan dalam reaktor anaerobik, yaitu suhu mesofilik (30-40°C) dan suhu termofilik (40-60°C). Instalasi biogas biasanya menggunakan rentang suhu mesofilik karena pengoperasiannya lebih mudah (Rahayu *et al.*, 2015:14). Temperatur optimum untuk kinerja bakteri mesofilik adalah 35°C (Indriyati, 2005). Sedangkan pH yang membantu proses fermentasi dalam kinerja mikroorganisme kisaran pH 6,5-7,5 akan tetapi proses masih dapat berjalan pada pH 6-8 (Indriyati, 2005).

Pengolahan limbah cair kopi akan berjalan secara optimal, jika temperatur dan pH yang menjadi parameter tersebut dapat dikontrol dengan tepat. Pengkondisian suhu dan pH secara tepat, sesuai dengan kebutuhan hidup mikroorganisme dapat menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler sebagai otak dari suatu sistem dapat membantu proses anaerobik dalam pemenuhan temperatur dan pH yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dengan mudah. Hasil yang didapatkan juga bisa maksimal. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dirancang

sebuah reaktor UASB yang dilengkapi dengan kontrol suhu dan pH yang akurat yang mempunyai fleksibilitas dalam pengaturannya. Sehingga suhu dan pH yang terdapat dalam reaktor dapat terkontrol secara efektif, dan kinerja mikroorganismenya di dalamnya dapat berjalan secara optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang yang telah disampaikan, permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana rancangan reaktor UASB yang dilengkapi dengan kontrol suhu dan pH?
2. Bagaimana kinerja reaktor UASB yang dilengkapi dengan kontrol suhu dan pH dalam proses penanganan limbah cair kopi?
3. Bagaimana kualitas limbah cair kopi selama proses anaerobik menggunakan reaktor UASB yang dilengkapi dengan kontrol suhu dan pH?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya merancang sistem kontrol proses anaerobik pada penanganan limbah cair pengolahan kopi menggunakan reaktor *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) yang dilengkapi dengan sensor suhu dan pH.
2. Penelitian ini hanya mengamati karakteristik performa alat yang dirancang secara umum serta mengamati baku mutu limbah sebelum dan sesudah proses anaerob meliputi beberapa parameter, yaitu suhu, pH, TSS, kekeruhan, C/N dan volume gas yang dihasilkan.
3. Jenis mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega 8.
4. Sensor suhu yang digunakan adalah jenis IC LM35.
5. Sensor pH yang digunakan yaitu sensor *analog pH-meter kit* yang dilengkapi dengan *module BNC connector*.
6. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah *BASCOM-AVR*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari adanya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang sistem kontrol proses anaerobik pada penanganan limbah cair pengolahan kopi menggunakan reaktor UASB yang dilengkapi dengan sensor suhu dan pH.
2. Mengetahui kinerja reaktor UASB yang dilengkapi dengan kontrol suhu dan pH dalam proses penanganan limbah cair kopi.
3. Mengetahui kualitas limbah cair kopi selama proses anaerobik menggunakan reaktor UASB yang dilengkapi dengan kontrol suhu dan pH.

1.5 Manfaat Penelitian

Rancangan reaktor UASB yang dilengkapi dengan sistem kontrol suhu dan pH dapat dimanfaatkan untuk masyarakat dan peneliti berikutnya.

1. Manfaat bagi masyarakat yaitu merancang reaktor UASB yang dilengkapi dengan sensor suhu dan pH untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh kandungan polutan dalam limbah cair pengolahan kopi.
2. Manfaat bagi peneliti berikutnya yaitu membantu memberi gambaran tentang proses anaerobik menggunakan reaktor UASB yang dilengkapi dengan kontrol suhu dan pH.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Pengolahan Kopi

Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam limbah yang akan dibuang atau dilepas kedalam media air dari suatu usaha. Batas maksimal kandungan limbah ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku mutu limbah industri pengolahan kopi

No.	Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)
1.	TSS	150
2.	BOD	90
3.	COD	200
5.	pH	6-9
6.	Kuantitas air limbah	30 m ³ /ton produk

(Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014)

Penanganan pasca panen kopi berkaitan erat dengan masalah limbah terutama yang menggunakan pengolahan secara basah. Proses pengolahan kopi secara basah membutuhkan air sebanyak 10-30 m³ per ton yang berpotensi menjadi limbah cair. Limbah cair pengolahan kopi mempunyai kandungan bahan organik yang cukup tinggi. Kandungan tersebut berupa COD dengan nilai 50.000 mg/l dan BOD mencapai 20.000 mg/l yang dapat menaikkan beban pencemaran hingga 80%. Dampak tersebut dapat mengurangi kandungan oksigen di dalam air sehingga menyebabkan kondisi anaerob (Suriadi, 2011).

2.2 Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi tanpa oksigen (anaerob). Menurut Rahayu *et al.* (2015:10) menyatakan biogas terbentuk ketika mikroorganisme menurunkan kadar zat organik pada kondisi anaerob. Biogas terdiri dari 50% sampai 75% metana (CH₄), 25% sampai 45% karbon dioksida (CO₂) dan sejumlah kecil gas lainnya. Menurut Budiyo *et al.* (2013) menyatakan terdapat dua jenis bakteri yang sangat berperan dalam reaktor biogas, yaitu bakteri asidogenik dan

bakteri metanogenik. Kedua bakteri ini memanfaatkan bahan organik dan memproduksi metan dan gas lainnya dalam siklus hidupnya pada kondisi anaerob. Bakteri metanogenik tidak aktif pada temperatur terlalu tinggi atau rendah, temperatur optimumnya yaitu sekitar 35°C. Jika temperatur turun menjadi 10°C maka produksi gas akan berhenti (Haryati, 2006).

2.3 Proses Anaerobik

Proses anaerobik adalah pengolahan biologi yang memanfaatkan mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik dalam kondisi tidak ada atau sangat sedikit oksigen terlarut. Menurut Wahyuni (2013:16-19), tahapan yang terjadi dalam proses pembentukan biogas secara terperinci terdapat tiga proses utama, yaitu proses hidrolisis, asidifikasi, dan metanogenesis. Keseluruhan proses ini tidak terlepas oleh bantuan kinerja mikroorganisme anaerob. Berikut ini tahapan proses anaerobik :

1. Proses Hidrolisis

Proses hidrolisis merupakan tahap awal dari proses fermentasi. Tahap ini merupakan tahap penguraian bahan organik dengan senyawa kompleks yang memiliki sifat mudah larut seperti lemak, protein, dan karbohidrat menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa yang dihasilkan dalam proses ini diantaranya senyawa asam organik, glukosa, etanol, CO₂, dan senyawa hidro karbon lainnya. Senyawa ini dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas fermentasi.

2. Proses Asidifikasi

Pada proses ini, bahan organik terlarut akan diubah menjadi asam organik rantai pendek seperti asam butirat, asam propionat, asam amino, asam asetat, dan asam-asam lainnya oleh bakteri asidogenik. Salah satu bakteri yang hidup dalam kelompok asidogenik adalah bakteri pembentukan asam asetat yaitu bakteri asetogenik. Bakteri asetogenik berperan dalam tahap perombakan asam propionat, asam amino, asam butirat, maupun asam rantai panjang lainnya menjadi asam organik yang mudah menguap/volatil asam asetat.

3. Proses Metanogenesis

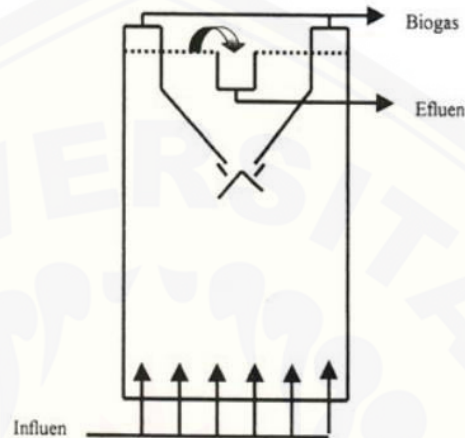
Proses metanogenesis adalah proses bakteri metanogenik akan mengkonversi asam organik volatil menjadi gas metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Menurut Rahayu *et al.* (2015:13), selama proses metanogenesis, metana dibentuk melalui dua rute utama yakni rute primer dan sekunder. Pada rute primer, fermentasi produk utama yang berasal dari tahap pembentukan asam yakni asam asetat diubah menjadi metana dan karbon dioksida. Pada rute sekunder menggunakan hidrogen untuk mengurangi CO_2 untuk menghasilkan CH_4 .

2.4 Prinsip Kerja Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB)

Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) merupakan sebuah reaktor yang pada operasinya dibantu oleh bakteri anaerob dengan input dari bawah dan output di bagian atas. Proses fermentasi akan menyebabkan tekanan gas metan yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik. Desain reaktor UASB terdiri dari zona reaksi biologis dan zona sedimentasi. Zona reaksi biologis, senyawa organik yang dimasukkan melalui *influen* akan mengalir ke atas (*upflow*) melewati endapan lumpur yang sangat aktif. Menurut Kristianto dan Nugrahini (2013), lumpur yang mengandung banyak mikroorganisme akan berperan untuk memperlancar proses pendegradasian. Sebaliknya, jika lumpur aktif hanya mengandung sedikit mikroorganisme maka akan menyebabkan sulitnya limbah untuk didegradasi sehingga reaktor UASB tidak akan menghasilkan biogas. Senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair pengolahan kopi akan di konversi ke gas metana dan CO_2 oleh bakteri metanogenik. Dalam reaktor tipe UASB, konsentrasi biomassa dipertahankan agar penguraian nilai COD dalam limbah cair dapat dilakukan secara baik (Hung, 1999).

Reaktor UASB membutuhkan substrat lain pada lumpur aktif yang memiliki mikroorganisme anaerob aktif ke dalam aktivator reaktor UASB. Substrat yang sangat potensial untuk ditambahkan ke dalam aktivator adalah feses sapi. Feses sapi banyak mengandung mikroorganisme aktif dan pasokan nutrisi untuk mikroorganisme sehingga dengan penambahan ini diharapkan akan

meningkatkan unjuk kerja dari reaktor UASB dalam mendegradasi kadar COD dan menghasilkan biogas (Hasanah, dalam Kristianto dan Nugrahini, 2013). Berikut merupakan skema gambar dari reaktor UASB yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema Reaktor UASB (Departemen Perindustrian, 2007:19).

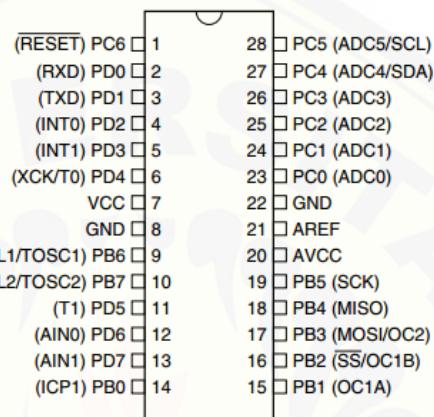
2.5 Sistem Mikrokontroler

Agung *et al.* (Tanpa Tahun), mengemukakan bahwa mikrokontroler merupakan sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar dari komponennya dikemas dalam satu *chip Intergrated Circuit* (IC) kecil, sehingga sering juga disebut sebagai *single chip microcomputer*, yang juga termasuk dalam *embedded computer*. Mikrokontroler terdiri dari beberapa bagian adalah sebagai berikut.

1. *Central Prossesing Unit* (CPU) bekerja sebagai otak untuk mengontrol seluruh aktivitas sistem.
2. *Read Only Memory* (ROM) berperan sebagai pengingat yang bersifat membaca.
3. *Random Acces Memory* (RAM) bekerja sebagai pembaca dan penulis berulang kali, berbeda dengan ROM yang hanya bisa membaca.
4. I/O yaitu download data yang bisa melalui *Personal Computer* (PC), *ISP* maupun perangkat elektronika lainnya.

Salah satu jenis mikrokontroler adalah ATmega8 yang merupakan mikrokontroler CMOS 8-bit buatan atmel. ATmega8 mempunyai 32 register

general-purpose, Serial UART, *mode power saving*. Mikrokontroler ini mempunyai performa yang tinggi (16 MHz) dan dapat menghemat daya. Selain itu ATmega8 juga mempunyai memori internal SRAM sebesar 1K Byte, memori program *flash* sebesar 8K Byte, dan EEPROM sebesar 512 Byte (Nurhadi dan Puspita, 2012). Atmega8 memiliki pin yang mempunyai fungsi masing-masing. Berikut gambar konfigurasi kaki ATmega8 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kemasan PDIP ATmega8 (Atmel, dalam Nurcahyo, 2012:3).

Mikrokontroler ATmega8 memiliki 28 buah kaki yang memiliki fungsi berbeda, baik sebagai *port* atau sebagai fungsi yang lain. Adapun susunan kaki-kaki dari ATmega8 dapat dilihat pada Gambar 2.2. Keterangan mengenai fungsi kaki-kaki ATmega8 adalah sebagai berikut (Atmel, 2013).

VCC : Tegangan catu daya (+ 5V)

GND : *Ground*.

Port B (PB7.. PB0) : *Port B* adalah *port input* dan *output 8-bit bi-directional* dengan resistor internal *pull-up*. *Port B* ini digunakan untuk proses pemrograman dengan adanya pin *MOSI*, *SCK*, *MISO*.

Port C (PC5..PC0) : *Port C* adalah *port I/O* yang dapat digunakan sebagai masukan ADC (*Analog Digital Converter*) yang berfungsi sebagai pengubah data analog menjadi data digital.

PC6 / RESET : *Port C* digunakan untuk memprogram ulang mikrokontroler pada saat rendah atau saat aktif.

Port D (PD7..PD0) : *Port D* digunakan untuk masukan atau keluaran (I/O). *Port D* memiliki karakter yang simetris dengan kemampuan

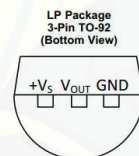
keduanya *sink* dan *source* yang tinggi. *Port D* berfungsi sebagai input dengan memiliki *pull external* yang rendah akan menjadi sumber arus jika resistor *pull-up* diaktifkan.

AVcc : Pin *supply* untuk tegangan masuk *A/D converter*, Port C dan ADC. Pin ini akan terhubung dengan Vcc ketika pin ADC tidak digunakan.

AREF : Pin referensi analog untuk *A/D converter*.

2.6 Sensor Suhu LM35

LM35 adalah salah satu komponen elektronik yang mempunyai fungsi mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. IC ini memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain. Sensor ini memerlukan tegangan sebesar 5 volt. Sensor LM35 bekerja dengan mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan. Tegangan ideal yang keluar dari LM35 mempunyai perbandingan 1°C setara dengan 10 mV (Nurcahyo, 2012:89). Sensor suhu LM35 dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 LM35 (Texas Instrumen, 2016:3)

2.7 Sensor pH (kadar keasaman)

pH adalah suatu satuan ukur yang menguraikan tingkat keasaman atau kadar alkali dari suatu larutan. Unit pH diukur pada skala 0-14. *Analog pH-meter kit* merupakan sensor pengukur tegangan dan mengkonversi kedalam bentuk pH. Pada prinsipnya pengukuran suatu pH adalah didasarkan pada potensio 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*. Analog pH meter kit ini dilengkapi *module* berukuran 43mm x 32 mm dengan input daya 5.00 V. Akurasi yang dimiliki $\pm 0,1$ pH (Robot Wiki, 2014). Berikut gambar analog pH meter kit dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Analog pH meter kit (Robot Wiki, 2014).

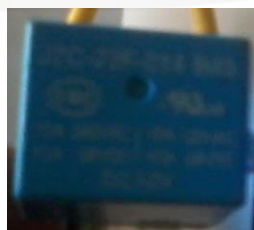
2.8 Relay

Menurut Wicaksono (2009:11), *relay* dikenal sebagai komponen yang dapat mengimplementasikan logika *switching*. *Relay* merupakan alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup atau membuka kontak saklar. Saklar tersebut digerakkan secara mekanis oleh daya atau energi listrik. Isi dari rangkaian ini terdiri dari kumparan yang bila dialiri arus listrik akan menimbulkan energi magnetik dan berfungsi untuk menarik atau menolak pegas.

Jenis *relay* terdiri dari dua macam yaitu *timing relay* dan *latching relay*. *Timing relay* adalah jenis *relay* khusus yang bekerja jika *coil* dari *timing relay* *On*, maka beberapa detik kemudian *relay* akan kembali pada posisi semula. *Latching relay* adalah *relay* yang digunakan untuk mempertahankan kondisi input.

Secara umum *relay* digunakan untuk memenuhi fungsi-fungsi berikut:

1. penguatan daya, yang dapat menguatkan arus atau tegangan, dan
2. pengatur logika kontrol suatu sistem. berikut gambar relay dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Relay

2.9 Liquid Cristal Display (LCD)

Liquid Cristal Display (LCD) adalah jenis *device* penampilan yang menggunakan teknologi kristal cair. Kristal cair disusun dalam plastik atau kaca kemudian dilengkapi dengan rangkaian elektronik sehingga dapat dikonfigurasi untuk menampilkan titik, garis, huruf, angka atau gambar. Secara umum, LCD dapat dikelompokkan dalam dua macam, yaitu *Text-LCD* dan *Graphic-LCD*. *Text-LCD* adalah LCD yang hanya mampu menampilkan huruf dan angka, sedangkan *Graphic-LCD* ialah LCD yang dapat menampilkan titik, garis, dan gambar (Nurcahyo, 2012:228). Berikut merupakan gambar LCD dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Liquid Cristal Display* (LCD)

2.10 Transistor

Menurut Sugiri (2004:49), transistor merupakan komponen elektronika yang mempunyai tiga buah kaki, yaitu *Basis (B)*, *Collector (C)*, dan *Emitor*. Prinsip kerja dari transistor yaitu mentransfer atau memindahkan arus. Sedangkan fungsinya yaitu sebagai penguat, penyearah, pencampur, osilator, saklar elektronik, dan lain-lain.

Sebagia penguat, transistor digunakan untuk menguatkan tegangan, arus atau daya, baik itu bolak balik atau searah. Sebagai penyearah, transistor digunakan untuk mengubah tegangan bolak balik menjadi tegangan searah. Dan sebagai pencampur, transistor berperan sebagai pencampur dua macam tegangan bolak balik atau lebih yang mempunyai frekuensi berbeda.

2.11 Resistor

Resistor merupakan sebuah komponen elektronik yang bersifat pasif yang berfungsi mengatur serta menghambat arus listrik. Resistor yang digunakan dalam elektronika dibedakan menjadi dua macam, yaitu resistor tetap dan resistor tidak tetap. Resistor tetap adalah resistor yang nilai tahanannya tetap. Sedangkan resistor tidak tetap adalah resistor yang besar tahanannya dapat berubah-ubah akibat pengaruh faktor-faktor luar seperti fotoresistor, thermistor, dan sebagainya (Sugiri, 2004:18).

Fotoreistor adalah sebuah resistor yang nilai tahanannya dipengaruhi oleh cahaya dan memiliki sifat sangat peka terhadap sinar. Thermistor adalah sebuah transistor yang nilai tahanannya dapat berubah-ubah jika dipengaruhi oleh panas. Dengan kata lain thermistor dapat disimpulkan sebagai resistor yang peka terhadap panas (Sugiri, 2004:18).

2.12 Kapasitor

Kapasitor atau kondensator berfungsi sebagai penyimpan tenaga listrik untuk sementara. Fungsi lain dari kondensator yaitu untuk penapisan (*filtering*), penalaan (*tuning*), pembangkitan gelombang bukan sinus, pengopelan sinyal dari satu rangkaian ke rangkaian yang lain, dan sebagainya (Sugiri, 2004:28).

Kapasitor atau kondensator mempunyai nilai satuan yaitu *farad* (F). namun satuan ini untuk kapasitor masih terlalu besar sehingga banyak yang menggunakan satuan yang lebih kecil seperti mikro farad (μF), nano farad (nF), dan piko farad (pF). Nilai konversi satuannya ialah $1 \text{ F} = 1.0000.0000 \mu\text{F}$, $1 \mu\text{F} = 1000 \text{ nF}$, dan $1 \text{ nF} = 1000 \text{ pF}$ (Sugiri, 2004:28). Kapasitor dibedakan menjadi dua macam, yaitu kapasitor tetap dan kapasitor tidak tetap. Kapasitor tetap adalah kapasitor yang nilai kepastiannya tidak dapat diubah-ubah, sedangkan kapasitor tidak tetap adalah kapasitor yang nilai tahanannya dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan (Sugiri, 2004:30-31).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Juni 2015 sampai Januari 2016. Tempat penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Air, Laboratorium Instrumentasi, dan *green house* Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : reaktor UASB, obeng, tang, solder, penyedot timah, termometer, multimeter, USB *downloader*, perangkat komputer, *Software BASCOM AVR IDE versi 2.0.7.7*, pH meter, desikator, oven, turbidimeter, jirigen, kertas saring 0,45 mikron, dan gelas ukur.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : limbah cair kopi, starter (feses sapi dan air 1:1 yang sudah ditumbuhkan), mikrokontroler ATmega8, sensor suhu LM35, papan PCB, LCD 2 x 16, *relay*, *heater*, kristal 8000, resistor 100 k Ω dan 1 k Ω , transistor C828, kapasitor 16V 1 μ F, dioda 1A, *adaptor* 12V, 2 buah potensio, timah, soket mikrokontroler kaki 28, LED, kabel, tombol *on/of*, bak air, *ic regulator* 7805, besi hider, dan pipa.

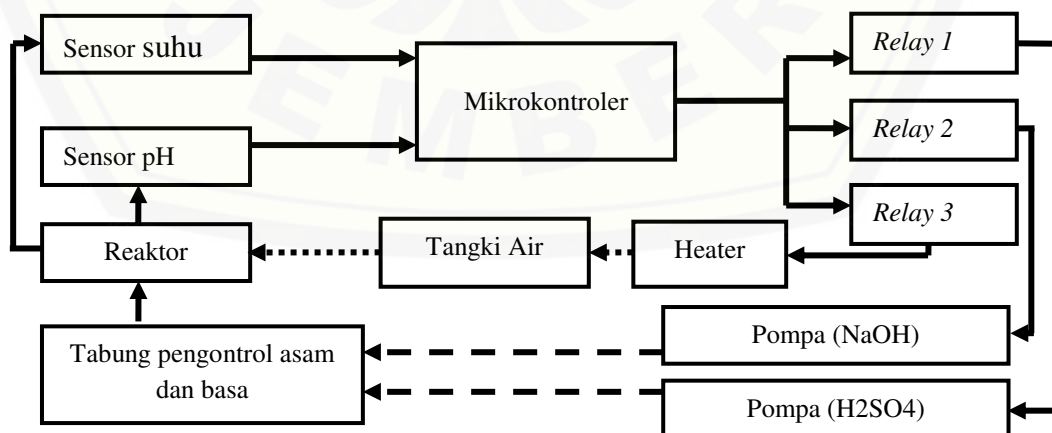
3.3 Prinsip Kerja Alat

Desain kontrol proses penanganan limbah cair kopi metode anaerobik menggunakan reaktor *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) merupakan reaktor UASB yang dilengkapi dengan pengontrol suhu dan pH yang bekerja secara otomatis untuk menjaga temperatur dan derajat keasaman secara konstan. Prinsip kerja dari alat ini yaitu dengan pembacaan suhu dan pH oleh sensor yang dikonversi pada tegangan. Sensor LM35 sebagai komponen pendeteksi panas dan *analog pH-meter kit* sebagai pendeteksi pH dipasang ke dalam reaktor UASB

sebagai komponen pembaca keadaan suhu serta pH limbah pada proses anaerobik. Pada saat suhu dan pH terbaca, mikrokontroler sebagai otak sistem akan memproses perintah. Sebagai eksekutor dalam perintah mikrokontroler untuk menjaga suhu, dipasang sebuah elemen pemanas (*heater*) yang akan kontak langsung dengan air pada bak pemanas di luar reaktor. Sedangkan untuk menjaga derajat keasamannya, dipasang dua paket pompa wiper untuk mengantarkan cairan asam atau basa pada limbah dalam reaktor. *Heater* dan pompa wiper akan dihubungkan dengan *relay* sehingga hidup dan matinya bisa berjalan secara otomatis sesuai dengan perintah mikrokontroler. Dalam penelitian ini, nilai suhu yang dijadikan sebagai perlakuan utama yaitu antara 30°C sampai 35°C . Jika suhu limbah cair kopi dalam reaktor sebesar 30°C , maka pemanas akan hidup, dan jika suhu 35°C maka pemanas akan mati. Kedua nilai tersebut telah diatur pada program mikrokontroler. pH yang diatur dalam listing program untuk perintah mikrokontroler yaitu 6-8.

3.4 Rancangan Fungsional

Alat pengontrol suhu yang diaplikasikan untuk rancangan reaktor UASB ini terdiri dari beberapa unit fungsional, yaitu : (1) sensor suhu (LM35), (2) analog pH meter kit, (3) unit pengolah data (mikrokontroler), (4) *relay*, (5) *heater*, (6) bak pemanas, (7) pompa wiper dan, (8) reaktor. Dari beberapa unit tersebut mempunyai hubungan timbal balik antara satu dengan yang lain.



Gambar 3.1 Rancangan fungsional

3.4.1 Sensor Suhu LM35

Sensor suhu adalah komponen yang biasanya digunakan untuk merubah panas menjadi listrik untuk mempermudah dalam pembacaan besarnya. *LM35* akan mendeteksi suhu limbah cair pengolahan kopi dalam reaktor kemudian disampaikan pada mikrokontroler. Panas yang digunakan dalam perlakuan adalah panas konveksi. Konveksi merupakan perpindahan panas yang diikuti gerakan fluida. Desain kontrol proses penanganan limbah cair kopi metode anaerobik menggunakan reaktor UASB, menempatkan sensor ke dalam reaktor. Tujuannya untuk mengetahui suhu limbah cair kopi yang terdapat dalam reaktor, yang kemudian dikontrol secara otomatis dengan *set point* yang telah ditetapkan untuk mengoptimalkan perkembangbiakan serta kinerja mikroorganisme. Panas yang didapatkan dalam reaktor yaitu dari panas air di luar reaktor yang akan terjadi perambatan pada reaktor untuk memanaskan limbah cair di dalamnya.

3.4.2 Sensor pH

Sensor pH merupakan sensor yang digunakan untuk mengubah besaran pH menjadi besaran listrik. Sensor pH ini digunakan dengan menghubungkan sensor pH dengan konektor BNC dan dihubungkan pada port input analog dari *controller* AVR. Tegangan yang dibutuhkan dalam sensor ini sebesar 5.00V. Sensor ini diletakkan pada reaktor untuk membaca pH limbah dalam reaktor. pH yang terbaca oleh sensor akan disampaikan pada mikrokontroler dan akan di eksekusi oleh *relay* untuk menghidupkan pompa wiper sebagai penyalur larutan asam atau basa.

3.4.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan otak dari sistem yang bekerja sebagai pemroses data *input* dan *output*. Mikrokontroler mempunyai beberapa *port* yang nantinya berfungsi sebagai masukan dan keluaran dari proses pengontrolan. Keluaran dari mikrokontroler bersifat informasi yang kemudian memerintah komponen yang berfungsi sebagai eksekutor untuk menjalankannya. Salah satu

kaki mikrokontroler dihubungkan dengan kaki sensor sebagai input data, dan juga dihubungkan dengan kaki *relay* sebagai *output*

3.4.4 *Relay*

Relay memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan dalam sebuah inti dan arus nominal yang harus dipenuhi *output* rangkaian pengemudi. Arus yang dibutuhkan dalam *relay* adalah arus DC. Fungsi *relay* sebagai saklar untuk menghidupkan atau mematikan elemen pemanas dan pompa wiper. Prinsip kerja *relay* mengikuti perintah mikrokontroler yang sudah diatur dengan bahasa pemrograman.

3.4.5 *Heater*

Heater merupakan elemen yang berfungsi memanaskan air dalam tangki pemanas diluar reaktor. *Heater* diletakkan pada bak pemanas yang diisi air, jika ada perintah dari *relay* maka *heater* akan bekerja dan kontak langsung dengan air di luar reaktor. Elemen pemanas ini dihubungkan pada salah satu kaki *relay* agar bekerja sesuai perintah mikrokontroler setelah pembacaan LM35 dari suhu lingkungan.

3.4.6 Pompa Wiper

Pompa wiper dihubungkan pada mikrokontroler melalui *relay*. Fungsi pompa wiper yaitu untuk menambahkan larutan asam atau basa jika dibutuhkan, setelah sensor membaca kondisi pH di dalam reaktor. Penelitian ini menggunakan dua pompa wiper sebagai penyalur larutan asam dan larutan basa.

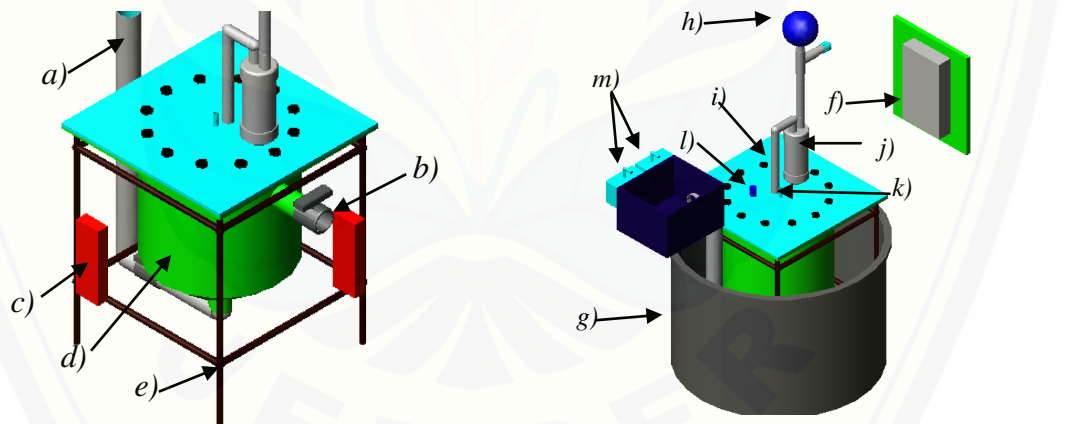
3.4.7 *Liquid Cristal Display (LCD)*

LCD merupakan suatu media yang menyampaikan informasi dari mikrokontroler yang dibaca oleh sensor. Bentuk informasi yang ditampilkan pada LCD berupa karakter huruf dan angka. Pada penelitian ini LCD akan menyampaikan informasi mengenai suhu untuk mengetahui kondisi dalam reaktor tanpa mengamati secara manual.

3.5 Rancangan Struktural

Rangkaian elektronik sebagai pengontrol suhu disusun dalam satu papan *Printed Circuits Board (PCB)* yang dilengkapi dengan potensio sebagai pengatur LCD dan *set point*, LCD, dan perangkat pendukung lainnya. Sensor suhu dan pH diletakkan dalam reaktor yang disambungkan ke PCB dengan menggunakan kabel.

Heater sebagai pemanas diletakkan di dalam bak pemanas yang berada di luar reaktor agar tidak kontak langsung dengan bakteri di dalamnya. Panas yang digunakan untuk mempertahankan suhu dalam reaktor yaitu melalui perambatan yang terjadi pada tabung reaktor. Tabung reaktor berbahan resin dan akrilik yang tidak mempunyai sifat konduktor, sehingga tidak mempengaruhi pada kehidupan bakteri di dalamnya. Pompa wiper sebagai pengantar larutan asam dan basa diletakkan di tabung pengontrol pH, yaitu pada lubang *input* limbah. **Gambar 3.2** menunjukkan konstruksi reaktor UASB.



Keterangan:

a) input limbah
b) output limbah
c) Heater

d) Tabung reaktor
e) Kaki penyangga
f) Mikrokontroler

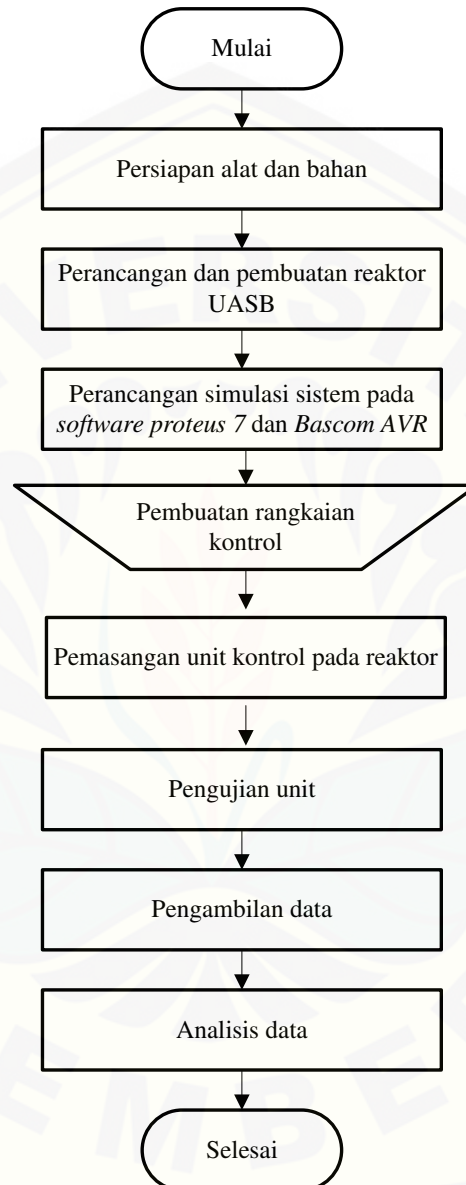
g) Bak Pemanas
h) Penampung gas
i) output gas

j) Watertrap
k) Sensor LM35
l) Sensor pH
m) Pompa wiper

Gambar 3.2 Desain Struktural Reaktor UASB

3.6 Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahap yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

1. Persiapan Alat dan Bahan

Tahap pertama yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam perancangan mikrokontroler dan reaktor.

2. Perancangan dan Pembuatan Reaktor UASB

Perancangan reaktor berupa pembuatan reaktor dalam bentuk 3 dimensi dengan menggunakan aplikasi autocad dengan mengacu pada ukuran sebenarnya. Sedangkan pembuatan reaktor dilakukan setelah perancangan menggunakan aplikasi autocad sudah selesai. Hal ini ditujukan untuk kesesuaian ukuran serta posisi *influent* dan *effluent* yang sesuai dengan yang diharapkan.

3. Perancangan Simulasi Sistem

Perancangan simulasi sistem menggunakan software proteus bertujuan untuk penentuan kaki pada ATmega8 yang digunakan serta komponen yang dibutuhkan. BASCOM AVR digunakan dalam pemrograman perintah pada sistem yang kemudian di *compile* ke dalam rangkaian kontrol.

4. Pembuatan Rangkaian Kontrol

Pembuatan rangkaian kontrol dilakukan setelah perancangan simulasi berhasil berjalan. Pembuatan rangkaian ini berupa pembuatan fisik dengan mengacu pada simulasi yang sudah dibuat di software proteus.

5. Pemasangan Unit Kontrol pada Reaktor

Unit kontrol yang sudah dirangkai dan berhasil dijalankan kemudian dirakit menjadi satu kesatuan dengan reaktor UASB sebagai kontrol dari perlakuan suhu.

6. Pengujian Unit

Uji kinerja yang dilakukan mengenai sensor suhu yaitu, apakah sensor dapat mendeteksi suhu sesuai dengan set poin yang telah ditentukan. Jika belum sesuai maka akan dilakukan pengaturan ulang.

3.7 Pengamatan Proses Anaerobik pada Reaktor UASB

3.7.1 Parameter Pengamatan

Parameter yang akan diamati dalam penelitian ini meliputi suhu yang ditampilkan oleh LCD, pH, TSS, kekeruhan, C/N, dan gas yang dihasilkan pada limbah cair kopi selama proses anaerobik. suhu akan terkontrol sendirinya oleh unit mikrokontroler yang sudah terpasang pada unit reaktor. Untuk mengetahui

nilai yang terkandung dalam limbah cair maka diperlukan perhitungan dalam beberapa parameter tersebut. Berikut merupakan beberapa perhitungan untuk mengetahui jumlah kandungan pada setiap parameter dalam limbah cair.

a. Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter dan analog pH meter kit yang digunakan sebagai kontrol.

b. Pengukuran TSS

Pengukuran TSS yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode gravimetri dan dihitung dengan persamaan 3.1.

$$TSS = \frac{(a-b)}{c} \times 1000 \dots\dots\dots 3.1$$

Keterangan: a = berat kertas saring + residu (mg)
 b = berat kertas saring kosong (mg)
 c = volume sampel (ml)

c. Pengukuran Kekeruhan

Pengukuran kekeruhan dilakukan menggunakan alat turbidimeter.

d. Pengukuran C/N

Pengukuran C/N dilakukan dengan analisis laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Lingkungan dan Rekayasa Proses, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

e. Pengukuran Volume Gas

Lubang output gas pada reaktor dipasang sebuah kantong plastik untuk menampung gas yang dihasilkan oleh mikroorganisme dalam reaktor. Kemudian kantong plastik yang berisi gas dilakukan pengukuran ke dalam gelas ukur yang berisi air. Air yang keluar merupakan perbandingan jumlah gas yang dihasilkan.

3.7.2 Analisis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari sumber pengamatan. Pengambilan data dilakukan dengan pengamatan harian serta setiap kali penambahan yaitu kondisi

sebelum dan sesudah limbah diproses. Data yang didapatkan kemudian diolah kedalam *Ms. Excel* menjadi sebuah grafik *independend* (sumbu x) yang berupa waktu, dan variable *dependend* (sumbu y) berupa hasil analisis parameter suhu, pH, kekeruhan dan volume gas, dikarenakan parameter tersebut merupakan parameter harian dan dilakukan sendiri di Laboratorium Kualitas Air Jurusan teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Sedangkan untuk parameter C/N dan TSS merupakan parameter awal dan akhir limbah yang dianalisis setiap kali penambahan dan pengurangan. Metode pengolahan data untuk kedua parameter tersebut menggunakan persamaan efisiensi. Persamaan nilai efisiensi adalah sebagai berikut $EFF = \frac{AB-AC}{AB} \times 100\%$ 3.2

Keterangan : AB = Nilai parameter awal dan

AC = Nilai parameter akhir.

Analisis data kontrol suhu dilakukan dengan pengambilan data yang muncul pada LCD. Pengambilannya dilakukan setiap sehari sekali dengan menggunakan waktu yang seragam. Selain data dari mikrokontroler, data suhu pada reaktor lain juga dibutuhkan untuk dijadikan perbandingan antara sistem kontrol dengan perlakuan manual.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

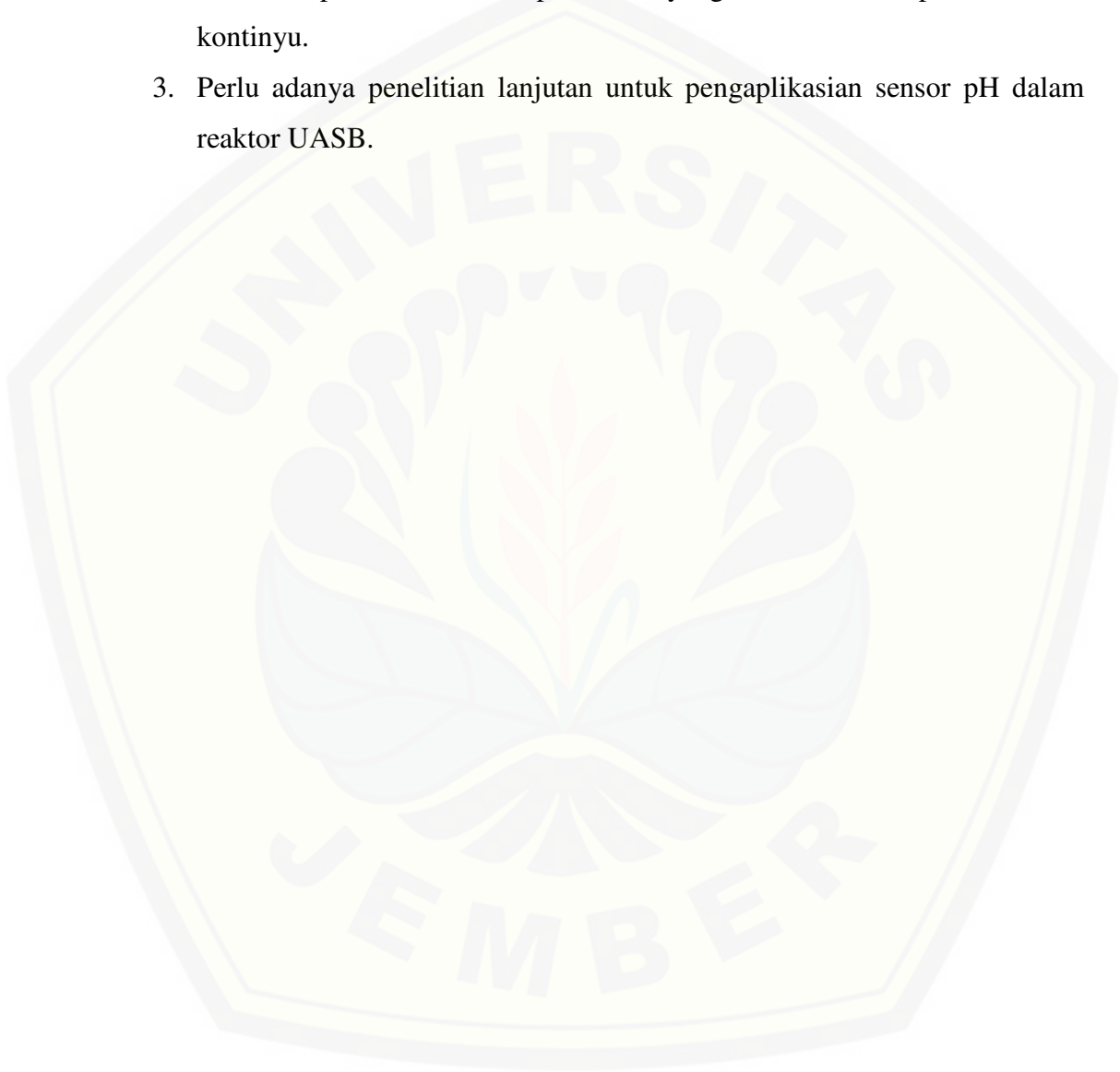
Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian yang sudah dilakukan tentang sistem kontrol proses anaerobik pada penanganan limbah cair pengolahan kopi menggunakan reaktor *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) sebagai berikut.

1. Reaktor atau digester yang digunakan dalam penanganan limbah cair pengolahan kopi berupa reaktor UASB yang dilengkapi dengan sistem kontrol suhu yang dapat menjaga suhu dengan volume total 7,5 liter. Sensor pH dengan spesifikasi khusus diperlukan untuk penanganan limbah secara kontinyu.
2. Pengujian tegangan keluaran dari unit sensor diperoleh nilai determinasi (R^2) sebesar 0,9996 sehingga dapat disimpulkan sensor LM35 berfungsi dengan baik dan peka terhadap perubahan suhu yang terjadi. Hubungan perubahan tegangan keluaran dengan suhu dari unit sensor bersifat linier dengan persamaan regresi $Y = 0,2583x + 0,974$ yang dimasukkan kedalam bahasa pemrograman sebagai kalibrasi sensor.
3. Kualitas limbah setelah proses anaerobik pada parameter rasio C/N mengalami penurunan, dengan jumlah yang berbeda-beda, menunjukkan bahwa unsur C mengalami penurunan yang diakibatkan oleh penguapan, pemanfaatan bakteri, serta menjadi penyusun senyawa CO_2 dan CH_4 . Sehingga mengalami penurunan pada parameter rasio C/N. Untuk parameter kekeruhan dan TSS mengalami fluktuasi selama proses berlangsung yang disebabkan oleh *upflow* dan *sludge* dalam prinsip kerja reaktor, selain itu disebabkan juga oleh campuran feses sapi sebagai *starter* sehingga kedua parameter tersebut tidak bisa dijadikan parameter utama dalam penelitian.

5.2 Saran

Berdasarkan Kekurangan dari penelitian ini ada beberapa saran yang perlu disampaikan peneliti, yaitu:

1. Perancangan digester yang lebih baik dan saluran listrik yang aman.
2. Mencari spesifikasi sensor pH meter yang sesuai untuk aplikasi secara kontinyu.
3. Perlu adanya penelitian lanjutan untuk pengaplikasian sensor pH dalam reaktor UASB.



DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Farhan, Rachmansyah, dan Widiyanto. Tanpa Tahun. Sistem Deteksi Asap Rokok Pada Ruang Bebas Asap Rokok Dengan Keluaran Suara. [Serial Online]. [http://eprints.mdp.ac.id/773/1/JURNAL%20fajr i%20dan%20Septia%20Agung. pdf](http://eprints.mdp.ac.id/773/1/JURNAL%20fajr%20dan%20Septia%20Agung.pdf) [diakses pada tanggal 30 April 2015].
- Angraini, Sutisna, M., dan Pratama, Y. 2014. Pengolahan Limbah Cair Tahu Secara Anaerob Menggunakan Sistem Batch. [Seril Online]. <http://eprints.ums.ac.id/32310/20/Naskah%20Publikasi.pdf>. [diakses pada tanggal 28 Juni 2016]. *Jurnal Teknik Lingkungan Itenas*, Vol. 2 (1): 1-10.
- Budiyono, Khaerunnisa, G., dan Rahmawati, I. 2013. Pengaruh pH dan Rasio COD:N Terhadap Produksi Biogas dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Ninasse). [Serial Online]. http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2014-sustaingas_handbook.pdf. [diakses pada tanggal 28 Juni 2016]. *Jurnal Penelitian Kimia*, Vol. 11 (1): 1-6.
- Departemen Perindustrian. 2007. Pengelolaan Limbah Industri Pangan.[Serial Online]. [www.kemenperin.go.id/download/138/Pengelolaan-Limbah-Industri-Pangan-\(Cleaner-Production\)](http://www.kemenperin.go.id/download/138/Pengelolaan-Limbah-Industri-Pangan-(Cleaner-Production)). [diakses pada tanggal 25 Juli 2016].
- Haryati, T. 2006. Biogas: Limbah Peternakan Yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. [Serial Online]. http://ira.lib.polyu.edu.hk/bitstream/10397/958/2/b15354325_ir.pdf. [diakses pada tanggal 28 Juni 2016]. *Jurnal Wartazoa*, Vol. 16 (3): 160-169.
- Hung, N. K. 1999. *Effect Of Step Loadings On Stability Of Anaerobic Hybrid Reactor*. [Serial Online]. http://ira.lib.polyu.edu.hk/bitstream/10397/958/2/b15354325_ir.pdf. [diakses pada tanggal 26 Juni 2016].
- Ikhsan, D., Handayani, D. dan Murni. 2013. Rancang Bangun Digester Semi Kontinyu pada Produksi Biogas dan Pupuk Organik dari Sampah Organik. [Serial Online]. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/metana/article/viewFile/7611/6270>. [diakses pada tanggal 28 Juni 2016]. *Jurnal Metana*, Vol. 9 (2): 1-7.
- Indriyati. 2005. Pengolahan Limbah Cair Organik Secara Biologi Menggunakan Reaktor Anaerobik Lekat Diam.[Serial Online]. <http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JAI/article/download/73/55>. [diakses pada tanggal 04 Maret 2015]. *Jurnal JAI*, Vol. 1 (3): 340-343.

- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2014. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. [Serial Online]. www.pelatihanlingkungan.com/wp-content/uploads/2015/01/Permen-LH-5-2014-tentang-Baku-Mutu-Air-Limbah.pdf. [diakses pada tanggal 25 Juli 2016].
- Kristinto, A. dan Nugrahini, P. 2013. Pengaruh Penambahan Fases Sapi Pada Proses Degradasi Bahan Organik Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB). *Jurnal Ilmu-ilmu Hayati*. Vol. 15 (1)
- Mujdalipah, Dohong, Suryani, dan Fitria. 2014. Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Produksi Biogas Menggunakan Digester Dua Tahap Pada Berbagai Konsentrasi Palm Oil-Mill Effluent dan Lumpur Aktif. [Serial Online]. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/metana/article/download/7611/6270>. [diakses pada tanggal 28 Juni 2016]. *Jurnal Agritech*, Vol. 34 (1): 56-64.
- Nurchahyo, S. 2012. *Aplikasi Dan Teknik Pemrograman Mikrokontroler AVR Atmel*. Yogyakarta : Andi.
- Nurhadi, I. dan Puspita, E. 2012. *Rancang Bangun Mesin Penetas Telur Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8 menggunakan Sensor SHT11*. Surabaya: PENS Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Padmono, D. dan Susanto, J. P. 2007. Granulasi Lumpur Biogas Anaerobik. [Serial Online]. <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=62338&val=4561>. [diakses pada tanggal 28 Juni 2016]. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 8 (2): 128-134.
- Rahayu, Karsiwulan, Yuwono, Trisnawati, Mulyasari, Rahardjo, Hokermin, dan Paramita. *Konversi POME Menjadi Biogas, Pengembangan Proyek Di Indonesia*. Penyunting oleh Rahayu, Karsiwulan, Yuwono, dan Paramita. (Eds.). 2015. Winrock International: USAID From The American People. [Serial on line]. <http://winrock-indo.org/4732.html>. [diakses pada tanggal 25 Juli 2016].
- Robot Wiki. 2014. pH meter (SKU: SEN0161). [Serial Online]. http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter%28SKU:_SEN0161%29. [diakses pada tanggal 10 Juni 2016].
- Sa'id, E. G. 1987. *Bioindustri: Penerapan Teknologi Fermentasi*. Cetakan I. Jakarta: PT Madiyatama Sarana Perkasa.

- Sugiri. 2004. *Elektronika Dasar Dan Peripheral Komputer*. Yogyakarta : Andi.
- Suriadi. 2011. Pengolahan Limbah Cair Kopi Dengan Metode Elektrokoagulasi Secara Batch. Medan: Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe. Vol. 11 (2): 73 ISSN: 1412-1476.
- Texas Instruments. 2016. LM35 Precision Centigrade Temperature Sensor. [Serial on line]. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>. [diakses pada tanggal 22 September 2016].
- Wahyuni, S. 2013. *Biogas Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas, dan Listrik*. Bogor: PT. Agromedia Pustaka.
- Wicaksono, H. 2009. *Programmable Logic Controller*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Widarti, B. N., Wahdhini, W. K., dan Sarwono, E. 2015. Pengaruh Rasio C/N Bahan Baku Pada Pembuatan Kompos dari Kubis Dan Kulit Pisang. [Serial on line]. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip/article/download/200/125>. [diakses pada tanggal 08 November 2016]. *Jurnal Integrasi Proses*, Vol. 05 (2): 75-80.

LAMPIRAN

A. Listing Program Sistem Kontrol Suhu

```
$regfile = "m8adef.dat".dat "  
$crystal = 8000000  
Config Portd = Output  
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Internal  
Config Lcdpin = Pin , Db5 = Portb.2 , Db6 = Portb.1 , Db7 =  
Portb.0 , Db4 = Portb.3 , E = Portb.4 , Rs = Portb.5  
Config Lcd = 16 * 2  
  
Dim S As Word , Sx As Single  
Dim A As Word , Zx As Single  
Dim L As Single  
Dim M As Single  
Dim I As Integer  
Dim N As String * 10  
Dim H As String * 10  
Dim F As String * 10  
  
Deflcdchar 1 , 4 , 10 , 17 , 17 , 17 , 17 , 10 , 4  
'replace [x] with number (0-7)  
Cls  
  
Cursor Off  
Locate 1 , 1  
Lcd "KONTROL T UASB"  
Locate 2 , 1  
Lcd "121710201042 SAH"  
Waitms 400  
  
For I = 1 To 39  
Shiftlcd Left  
Waitms 400  
Cls  
  
Locate 1 , 1  
Lcd "ASSALAMU'ALAIKUM"  
Waitms 300  
  
Set Portd.0  
Waitms 100
```

```
Reset Portd.0
Cls

Start Adc
Do

S = Getadc(0)
M = S * 0.2583
Sx = M + 0.974

N = Fusing(sx , "##.#")
Locate 1 , 1
Lcd "Cont T"
Locate 1 , 10
Lcd "TA:"
Locate 2 , 1
Lcd "T:"
Locate 2 , 10
Lcd "TB:"
Locate 2 , 3
Lcd N
Locate 2 , 7
Lcd Chr(1)
Locate 2 , 8
Lcd "C"

A = Getadc(3)
Zx = A / 20

H = Fusing(zx , "##.#")
L = Zx + 5
F = Fusing(1 , "##.#")
Locate 2 , 13
Lcd Zx
Locate 1 , 13
Lcd L
If Sx < Zx Then Set Portd.0
If Sx > L Then Reset Portd.0
Wait 1
Loop
Next
End
```

B. Data Kalibrasi Sensor LM35

No.	<i>Thermometer glass</i>	Keluaran ADC (Volt)			
		Data 1	Data 2	Data 3	Rata-rata
1	32	120	123	118	120,3
2	34	123	127	132	127,3
3	35	125	133	135	131,0
4	36	131	135	138	134,7
5	40	147	150	153	150,0
6	41	155	154	156	155,0
7	42	160	158	159	159,0
8	43	165	161	164	163,3
9	44	168	166	167	167,0
10	45	171	170	171	170,7
11	46	177	173	175	175,0
12	47	180	180	180	180,0
13	48	185	183	184	184,0
14	50	192	189	192	191,0
15	53	199	200	203	200,7
16	55	204	208	209	207,0
17	56	212	212	214	212,7
18	57	215	216	218	216,3
19	58	222	219	223	221,3
20	59	226	225	225	225,3
21	60	229	229	229	229,0
22	62	235	234	237	235,3
23	64	243	242	243	242,7
24	65	249	246	248	247,7
25	66	250	253	252	251,7
26	67	253	257	255	255,0
27	68	259	260	260	259,7
28	69	263	262	263	262,7
29	70	269	268	267	268,0
30	71	271	273	272	272,0

C. Data Pengamatan Harian

No.	Suhu	pH	Volume Gas	Kekeruhan		rata-rata
				1	2	
1	31,4	6,7	100	223	223	223
2	30,6	6,7	130	269	265	267
3	33,5	6,5	105	264	263	263,5
4	30,6	6,5	70	297	298	297,5
5	31,1	6,6	120	262	267	264,5
6	31,9	6,6	110	427	431	429
7	30	6,6	100	321	335	328
8	31,4	6,6	55	353	345	349
9	31,7	6,8	95	21,1	21,2	21,15
10	31,1	6,3	60	142	190	166
11	33	6,4	90	278	273	275,5
12	34	6,5	100	70,5	76,2	73,35
13	32,2	6,6	140	142	218	180
14	31,1	6,7	115	278	282	280
15	30,9	6,4	55	355	346	350,5
16	32,2	6,3	80	501	514	507,5
17	32,4	6,5	110	512	511	511,5
18	32,4	6,5	90	627	627	627
19	33	6,4	60	638	632	635
20	31,1	6,8	100	608	622	615
21	32	6,6	65	273	337	305
22	33	6,6	50	576	569	572,5
23	33,7	6,6	75	570	565	567,5
24	31,9	6,6	75	543	553	548
25	34,8	6,8	65	571	565	568
26	33,7	6,6	50	589	588	588,5
27	32,2	6,7	50	552	553	552,5
28	32,4	6,6	105	551	576	563,5
29	31,9	6,6	80	578	568	573
30	31,6	6,4	90	521	532	526,5
31	32,2	6,3	75	595	586	590,5
32	34	6,5	55	558	553	555,5
33	33,5	6,6	65	510	519	514,5
34	34	6,5	60	501	511	506
35	31,9	6,6	80	477	489	483
36	31,4	6,5	90	440	442	441

D. Perhitungan Nilai Persentase Penurunan TSS dan C/N

1. Persentase Fluktuasi TSS

Penambahan	Awal			Jumlah Input Limbah (liter)	Beban pencemaran	Akhir			Persentasi Fluktuasi (%)
	Awal	Akhir	$(((aw-ak)/40)*1000)*1000$			awal	akhir	$(((aw-ak)/40)*1000)*1000$	
Awal	0,4635	0,4847	530	2,5	1325	0,4573	0,6637	5160	-289,434
Pertama	0,4523	0,4625	255	1	255	0,4531	0,5835	3260	-1178,43
Kedua	0,4623	0,4667	110	1	110	0,4634	0,6411	4442,5	-3938,64
Ketiga	0,4569	0,4622	132,5	1	132,5	0,462	0,6711	5227,5	-3845,28
Keempat	0,4627	0,5093	1165	1	1165	0,4556	0,5061	1262,5	-8,3691

2. Persentase Penurunan C/N

Penambahan	Awal			Jumlah Input Limbah (liter)	C/N Kotoran sapi	Jumlah Input Inokulum (liter)	Total C/N $(C/Ni*Ji)+(C/Nk*Jk)$	Akhir			Persentase Penurunan (%)
	C	N	C/N					C	N	C/N	
Awal	726	129,44	5,608776	2,5	24 mg/l	2,6	76,42194	78,19	5885	75,26538	1,513389
Pertama	1584	15,58	101,6688	1	24 mg/l	-	101,6688	2910,48	18110	6,222341	93,87979
Kedua	820	21,71	37,77061	1	24 mg/l	0,5	49,77061	320,35	2228	6,954893	86,02611
Ketiga	7,17	88,71	0,080825	1	24 mg/l	0,5	12,08083	4450	1196	0,268764	97,77528
Ketiga	3920	18,72	209,4017	1	24 mg/l	0,5	221,4017	147,52	990	6,710954	96,96888

E. Dokumentasi Penelitian



a. Kontruksi Sistem Kontrol Suhu



b. Unit Sistem Kontrol Suhu



c. Pengamatan Parameter pH Pada Limbah Cair Pengolahan Kopi



d. Media Penumbuhan *Starter* (feses sapi)