PENGATURAN KEKENTALAN CAIRAN LIMBAH PADA SISTEM PENGADUK BIODIGESTER

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh:

GIGIH GUMILAR

NIM. 105060307111025 - 63

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2016

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan rahmat, taufik dan hidayah-Nya lah skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi berjudul "Pengaturan Kekentalan Cairan Limah Pada Sistem Pengaduk Biodigester" ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyususnan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terimakasih kepada:

- Allah SWT atas rahmat dan hidayah yang diberikan,
- Rasulullah Muhammad SAW semoga sholawat dan salam tetap tercurah kepada beliau,
- Bapak Ponidi dan Ibu Suharlin atas kasih saying, perhatian dan kesabarannya di dalam membesarkan dan mendidik penulis, serta telah banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini,
- Saudara tua Anjar Pradita yang sudah rela membagi waktu dan pikirannya mengenai skripsi ini.
- Bapak Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Pembimbing I dan juga Ketua Jurusan Teknik Elektro Brawijaya atas segala ilmu, bimbingan nasehat, gagasan, ide, saran, motivasi dan bantuan yang telah diberikan,
- Ibu Rahmadwati, ST., MT., Ph.D selaku Pembimbing II atas segala ilmu, bimbingan, nasehat, gagasan, ide, saran, motivasi dan bantuan yang telah diberikan,
- Bapak Purwanto Ir., MT selaku KKDK Sistem Kontrol Teknik Elektro Universitas Brawijaya atas segala bimbingan, nasehat, pengarahan, motivasi, saran, dan masukan yang telah diberikan,
- Staf Rekording Jurusan Teknik Elektro,
- Dulur UKM Persaudaraan Setia Hati Terate Universitas Brawijaya terimaksih atas petuah-petuahnya "*Sepiro Gedening Sengsoro Yen Tinompo Amung Dadi Coba*".

- Teman Elektro bagian Pak Lan 2010 terima kasih sudah berbagi keluh kesah,
- Warga Mertojoyo N-2 dan juga Pak Pardi selaku bapak kos terimaksih sudah memberi naungan selama ini.
- Bolo Fifa Garena server Mertojoyo (MrGareng aka Willi Bangun Iswara, MonteCarlo41 aka Delief Wida Khaidir dan DewiSiUlarPutih aka saya sendiri) atas segala ilmu skill sledingnya.
- Tim SMKS Suramadu Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Balai V Surabaya.
- Via Vallen yang lewat lagu-lagunya saya bisa semangat di pagi hari untuk mengerjakan skripsi "*Keep Calm And Always Listening Via Vallen*",
- Seluruh teman-teman dan semua pihak yang tidak mungkin untuk dicantumkan namanya satu-persatu, terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Malang, 20 Januari 2016

Penulis

"OJO GUMUNAN, OJO KAGETAN, OJO DUMEH LAN MEMAYU HAYUNING BAWONO "

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL
LEMBAR PENGESAHAN
KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **iii**
DAFTAR GAMBAR ..... **v**
DAFTAR TABEL ..... **vii**
ABSTRAK ..... **ix**

1. PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Batasan Masalah 2
1.4. Tujuan 3
1.5. Sistematika Penulisan 3

2. TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Motor DC (*Direct Current*) 5
2.2 Motor DC Servo 7
2.3 Viskositas 7
2.3.1 Viskositas Zat Cair 8
2.3.2 Pengukuran Viskositas Metode Silinder Konsentris 8
2.4 *Pulse Widht Modulation* (PWM) 10
2.5 Arduino Uno 11
2.6 Sensor Strain Gauge 12
2.7 Kontroler 13
2.7.1 Kontroler On-Off 14
2.7.2 Pengaturan Sistem Kontrol Tak Linier Pada Kontroler On-Off 16
2.8 Modul Pengendali Motor DC EMS 5A H-Bridge 18
2.9 LCD (*Liquid Crystal Display*) 19
2.10 Karakteristik Beban (Limbah Cair Kotoran Sapi) 21

3. METODE PENELITIAN
3.1 Penentuan Spesifikasi Alat 23
3.2 Perancangan Sistem 23
3.3 Blok Diagram Sistem 24
3.4 Realisasi Pembuatan Sistem 25
3.4.1 Perangkat Keras 25
3.4.2 Perangkat Lunak 20
3.5 Pengujian Alat 25
3.6 Kesimpulan dan Saran 25

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT
4.1 Diagram Blok Sistem 27
4.2 Prinsip Kerja Alat 28
4.3 Perancangan Perangkat Keras *(Hardware)* 28
4.3.1 Spesifikasi Alat 28
4.3.2 Sensor Strain Gauge 30
4.3.3 Perancangan Driver Motor DC 31
4.3.4 *Liquid Crystal Display* (LCD) 32
4.3.5 Modul Arduino Uno Rev.3 34
4.4 Pemograman Kontroler On-Off 30
4.4.1 Alur Pengendalin Kontroler On-Off 30
4.4.2 Pemrograman Kontroler On-Off 35
4.5 Perancangan Perangkat Lunak 36

5. PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM
5.1 Pengujian Sensor Viskositas (*Strain Gauge*) 37
5.1.1 Peralatan yang Digunakan 37
5.1.2 Prosedur Pengujian 37
5.1.3 Hasil Pengujian 38
5.2 Pengujian Driver Motor DC Servo 39
5.2.1 Peralatan yang Digunakan 39
5.2.2 Prosedur Pengujian 40
5.2.3 Hasil Pengujian 40
5.3 Pengujian LCD 43
5.3.1 Peralatan yang Digunakan 43
5.3.2 Prosedur Pengujian 44
5.3.3 Hasil Pengujian 44
5.4 Pengujian Keseluruahan Sistem 44
5.4.1 Peralatan yang Digunakan 45
5.4.2 Prosedur Pengujian 45
5.4.3 Hasil Pengujian Tanpa Gangguan 45
5.4.4 Hasil Pengujian dengan Gangguan 46

6. KESIMPULAN DAN SARAN
6.1 Kesimpulan 47
6.2 Saran 47

DAFTAR PUSTAKA 49

LAMPIRAN 1 51
LAMPIRAN 2 69
LAMPIRAN 3 73

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR GAMBAR

2.1 Motor DC 6
2.2 Motor DC Servo 7
2.3 Skema Metode Silinder Konsentris 9
2.4 Sinyal PWM Secara Umum 10
2.5 Tampak Depan Arduino Uno 11
2.6 Definisi *Stress* dan *Strain* 12
2.7 Sensor *Strain Gauge* 12
2.8 Penguat Sensor *Strain Gauge* 13
2.9 Kerja Kontroler *On-Off* 14
2.10 Diagram Blok Kontroler *On-Off* 15
2.11 Diagram Bok Kontroler *On-Off* dengan *Dead Band* 15
2.12 Kurva Sistem Kendali *On-Off* 16
2.13 Modul Rangkaian *Driver* Motor EMS 5A H-Bridge 18
2.14 Modul Rangkaian Driver Motor EMS 5A H-Bridge 19
2.15 LCD (Liquid Crystal Display) LM162A 19
3.1 Blok Diagram Sistem 24
4.1 Blok Diagram Sistem 27
4.2 Sistem Pengaduk 29
4.3 Bak Penampung 29
4.4 Bak Penampung Terhadap Sensor 30
4.5 SensorStrain Gauge 30
4.6 Koneksi Modul EMS 5A H-Bridge 31
4.7 Modul Rangkaian *Driver* EMS 5A H-Bridge 31
4.8 Rangkaian LCD Terhadap Arduino 33
4.9 Modul Arduino Rev.3 34
4.10 Diagram Blok Kontroler *On-Off* 34
4.11 Flowchart Pemrograman Kontroler *On-Off* 35
4.12 Flowchart Perangkat Lunak Sistem 36
5.1 Rangkaian Untuk Sensor *Strain Gauge* 37
5.2 Grafik Pengukuran Sensor Strain Gauge 39
5.3 Sinyal Kontrol Pada Sudut 0° 41
5.4 Sinyal Kontrol Pada Sudut 30° 41
5.5 Sinyal Kontrol Pada Sudut 45° 41
5.6 Sinyal Kontrol Pada Sudut 60° 42
5.7 Sinyal Kontrol Pada Sudut 90° 42
5.8 Sinyal Kontrol Pada Sudut 135° 42
5.9 Sinyal Kontrol Pada Sudut 150° 43
5.10 Sinyal Kontrol Pada Sudut 180° 43
5.11 Tampilan Layar LCD 44
5.12 Hasil Pengujian Tanpa Gangguan 45
5.13 Hasil Pengujian Sistem Dengan Gangguan 46

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR TABEL

4.1 Tabel LCD 32
5.1 Data Hasil Pengukuran Sensor 38
5.2 Hasil Pengujian Motor Servo 40

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

ABSTRAK

Makalah ini menyajikan hasil penelitian berupa terbentuknya cairan limbah digester yang merata dari hasil pencampuran kotoran sapi dengan air. Tahap pengadukan merupakan tahap awal dari pembuatan biodigester. Pada tahap ini kekentalan dari cairan limbah digester perlu diperhatikan. Karena kekentalan dari cairan limbah digester akan menentukan hasil output gas metana yang dihasilkan. Dan selain itu akan mempermudah proses fermentasi setelahnya. Sistem pengadukini merupakan *prototype* yang dibuat sendiri. Pada penelitian ini diharapkan campuran dari limbah kotoran sapi dapat bercampur dengan air secara merata. Nilai yang ditetapkan untuk kekentalan saat limbah kotoran sapi dan air adalah 70 – 75 cPois. Untuk mendapatkan nilai tersebut akan digunakan kontroler *on-off* berbasis Arduino Uno dengan harapan diperoleh suatu desain pengendailian kekentalan cairan limbah yang seperti diinginkan.

Perancangan dan pembuatan sistem pengendalian kekentalan cairan limbah digester ini berhasil dilakukan dengan menggunakan kontroler *on-off* dengan nilai dead band 70-75 cPois. Sistem pengaduk digester dapat mencapai nilai *steady* pada 73.527 cPois dengan waktu setling time 107 detik. Didasari dari nilai tersebut perancangan perangkat lunak untuk sistem pengaduk digester menggunakan Arduino Uno ini dapat bekerja dengan baik pada karena dapat menjaga nilai kekentalan pada kisaran 73.395-73.539 cPois.

Kata Kunci—*digester, kontroler on-off, biogas, strain gauge, viskositas.*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi mempunyai peran yang sangat penting bagi pembangunan ekonomi nasional. Energi sangat diperlukan untuk pertumbuhan kegiatan industri, jasa, perhubungan an rumah tangga. Dalam jangka panjang, peran energi akan lebih berkembang khususnya guna mendukung pertumbuhan sektor industri dan kegiatan lain yang terkait. Meskipun Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak dan gas, namun berkurangnya cadangan minyak, penghapusan subsidi menyebabkan harga minyak naik dan penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan menyebabkan penurunan kualitas lingkungan hidup. Oleh karena itu, pemanfaatan sumber-sumber energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan menjadi pilihan.

Salah satu dari energi terbarukan adalah biogaas, biogas memiliki peluang yang besar dalam pengembangannya. Biogas adalah gas mudah terbakar yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara). Pada umumnya semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas, namun demikian hanya bahan organik seperti kotoran dan urin hewan ternak yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Pada proses awal anaerob terdapat proses asidifikasi, yaitu proses penguraian atau dekomposisi komponen penyusun bahan organik menjadi asam-asam organik tanpa oksigen. Tahapan proses yang kedua adalah proses methanasi, yaitu proses perubahan asam-asam organik menjadi biogas. Untuk proses fermentasi anaerob ini dilakukan dalam sebuah biodigester.

Dalam proses biodigester tersebut pada tahap awal terdapat proses pengadukan. Proses pengadukan ini sangat mempengaruhi dalam pembuatan biogas. Pada dasarnya setiap limbah cair atau bahan organic memiliki kandungan sludge atau kotoran seperti halnya lumpur. Dan hal ini merupakan salah satu hal yang mempengaruhi saat proses pembuatan biogas di dalam biodigester. Pengadukan dalam biodigester memilik beberapa fungsi diantaranya untuk menjaga tidak terjadinya endapan di dasar reaktor, dikarenakan hal ini bisa

menyebabkan terhambatnya aliran gas yang terbenteuk di daerah dasar sehingga berpengaruh terhadap jumlah biogas yang akan dihasilkan. Selain itu dapat meningkatkan kontak antara mikroba dengan substrat sehigga bakteri mendapatkan nutrisi dengan baik.

Pengaduk yang digunakan atau yang yang disebut agitator umumnya terdiri dari rangkaian motor DC sebagai penggerak padel dan propeller atau blade, yang disesuaikan dengan jenis limbah atau bahan organik yang digunakan. Pada proses ini diharapkan kekentalan pada campuran limbah digester bisa merata. Sebagai aktuator dari sistem menggunakan motor DC servo yang nantinya akan mengaktifkan pompa yang akan mengalirkan air paa pengaduk digester.

1.2 Rumusan Masalah

1 Bagaimana merancang dan membuat sistem pengaturan kekentalan pada alat pengaduk biodigester menggunakan kontroler on-off ?

2. Bagaimana merancang *hardware* dan *software* sistem pengaturan kekentalan cairan limbah digester pada alat pengaduk biodigester menggunakan kontroller on-off?

1.3 Batasan Masalah

1. Alat pengaduk berbentuk silinder.
2. Biodigester bertipe *batch*.
3. Tempat adonan berbentuk tabung.
4. Pembahasan ditekankan pada penggunaan kontroller on-off dengan variabel kekentalan bahan yang berbeda.
5. Motor yang digunakan yaitu motor DC dengan kecepatan maksimal 21 rpm.
6. Kinerja driver dan elektronika tidak dibahas mendalam.
7. Reaksi kimia pada pencampuran limbah tidak dibahas mendalam.
8. Bahan yang digunakan yaitu limbah cair (kotoran sapi) dan air.

1.4 Tujuan

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk merancang sistem yang dapat mempertahankan kekentalan pada alat pengaduk sistem biodigester sesuai setpoint yang diinginkan agar tingkat kekentalan cairan limbah bisa merata yang nantinya bisa menghasilkan biogas yang efisien.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini sebagai berikut :

BAB I **Pendahuluan**

Memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika pembahasan.

BAB II **Tinjauan Pustaka**

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

BAB III **Metode Penelitian**

Berisi tentang metode penelitian dan perencanaan alat serta pengujian.

BAB IV **Perencanaan dan Pembuatan Alat**

Perancangan alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja dan pembuatan alat.

BAB V **Pengujian dan Analisis Sistem**

Melakukan pengujian dari alat dan pengambilan data alat lalu menganalisis data yang diperoleh

BAB VI **Kesimpulan dan Saran**

Membuat kesimpulan dari data yang diperoleh dan memberikan saran.

.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Dalam merencanakan dan merealisasikan sebuah alat pengaduk sistem biodigester ini, maka dibutuhkan pemahaman tentang berbagai hal yang mendukung sistem ini. Pemahaman akan bermanfaat untuk merancang perangkat keras dan perangkat lunak sistem. Pengetahuan yang mendukung perencanaan dan realisasi alat meliputi sebagai berikut :

- Motor *Direct Current (DC)*
- Viskositas
- *Pulse Widht Modulation* (PWM)
- Mikrokontroler Arduino Uno
- Sensor *strain gauge* sebagai sensor kekentalan
- Kontroller on-off
- *Driver* motor DC
- LCD *(Liquid Crystal Display)*
- Karakteristik bahan adonan limbah cair

2.1 Motor DC *(Direct Current)*

Prinsip kerja motor DC sesuai dengan hukum kemagnetan Lorentz, yaitu membangkitkan fungsi magnet pada suatu konduktor berarus dalam medan magnet sehingga timbul GGL induksi. Setiap arus yang mengalir sebuah konduktor akan menimbulkan medan magnet. Arah medan magnet dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri.

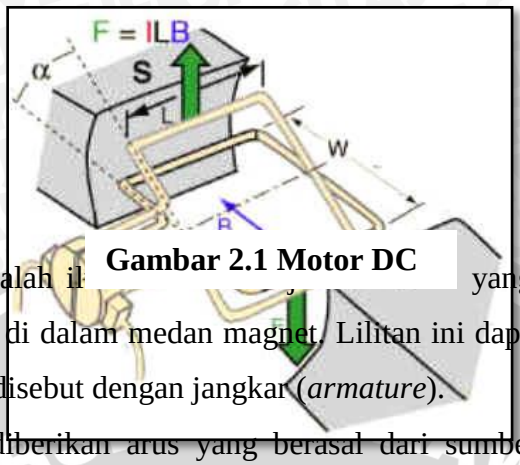
Kaidah tangan kiri untuk motor menunjukkan arah arus yang mengalir di dalam sebuah konduktor yang berada dalam medan magnet. Jari tengah menunjukkan arah arus yang mengalir pada konduktor, jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet dan ibu jari menunjukkan arah medan putar. Adapun besarnya gaya yang bekerja pada konduktor tersebut dapat dirumuskan dengan :

F=B.I.L (Newton)……2.1

Dimana : B=kerapatan fluks magnet (weber)

L=panjang konduktor (meter)

I=arus listrik (ampere)



Gambar 2.1 Motor DC

Gambar 2.1 adalah il yang mempunyai satu lilit kawat A-B berada di dalam medan magnet. Lilitan ini dapat berputar dengan bebas, lilitan ini biasa disebut dengan jangkar (*armature*).

Pada jangkar diberikan arus yang berasal dari sumber yang terhubung dengan sikat (*brushes*). Sikat-sikat ini terpasang pada sebuah cincin yang terbelah dua, yang disebut cincin belah (*comutator*). Adapun tujuan dari konstruksi ini adalah agar lilitan kawat dapat berputar apabila ada arus listrik yang melewatinya.

Pada kawat yang berada di kanan arus mengalir dari depan ke belakang. Pada kawat yang berada di bagian kiri, arus mengalir dari belakang ke depan kawat A dan B secara bergantian berada di kiri dan kanan. Karena iktu arah arus di A dan arah arus di B selalu bersifat bolak-balik. Pembalikan arah arus itu terjadi pada saat lilitan kawat melintasi posisi vertikal.

Bagian *comutator* berfungsi sebagai penyearah mekanik. Fluksi magnet yang ditimbulkan magnet permanen disebut medan magnet motor. Dalam gambar 2.1 arah fluks magnetik adalah dari kiri ke kanan. Adapun gaya yang bekerja pada penghantar B adalah ke atas, sementara gaya yang bekerja pada penghantar A adalah ke bawah. Gaya-gaya yang bekerja sama kuatnya, sehingga terdapat kopel yang bekerja pada kawat sehingga lilitan jangkar dapat berputar. Setelah berputar 180° arah arus berbalik, pada saat itu penghantar A dan B bertukar tempat. Akibatnya arah gerak putaran tidak berubah. (Soemarwanto,1999)

2.2 Motor DC Servo

Motor servo adalah motor dengan sistem *close feedback* yang berarti posisi dari motor akkan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada dalam motor servo. Motor ini terdiri atas sebuah motor, serangkaian *internal gear*, potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut potaran servo. Sedangkan

sudut sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Gambar 2.2 merupakan motor DC servo.

Gambar 2.2 Motor DC Servo

2.3 Viskositas

Viskositas adalah sifat yang penting dari sebuah zat cair. Sistem fisis dan berbagai macam aplikasi dalam aliran dalam pipa, aliran darah, pelumasan komponen-komponen mesin, dinamika curah hujan, lelehan lava gunung berapi, pembentukan medan magnet dalam planet dan bintang, segala macam aliran zat cair dikontrol oleh tingkat viskositas dari cairan tersebut. Viskositas didefinisikan sebagai gesekan internal dari cairan. Sifat mikroskopis dari gesekan internal dalam cairan adalah analog dengan konsep makroskopis mekanika gesekan dalam sistem obyek bergerak pada suatu permukaan yang diam. Energi harus diberikan untuk menghasilkan pergersan diantara dua benda yang saling menempel yang disebabkan oleh ketidakhalusan permukaan, energi ini juga digunakan untuk mengawali dan menjaga gerakan obyek pada permukaan itu.

Pengukuran viskositas dilakukan dengan banyak cara, diantaranya adalah metode bola jatuh, silinder konsentrik, metode *plate and cone*, piringan sejajar dan metode kapilaritas. Semua metode diatas menggunakan sistem mekanik dan pembacaannya simpangan juga dalam bentuk mekanik atau analog. Pembacaan analog ini sudah mulai ditinggalkan dan digantikan dengan pembacaan secara digital. Untuk pembacaan digital akan lebih mudah dilakukan apabila besaran sudah berapa besaran listrik. Dalam penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat ukur viskositas cat cair dengan menggunakan *strain gauge* menggunakan prinsip silinder konsentris.

2.3.1 Viskositas Zat Cair

Viskositas merupakan gaya gesekan antara molekul-molekul yang menyusun suatu fluida, dalam hal ini zat cair dan zat gas. Atau viskositas adalah gaya gesekan internal fluida. Molekul-molekul yang membentuk suatu fluida tersebut mengalir. Pada zat cair, viskositas disebabkan karena adanya gaya kohesi (gaya tarik menarik antara molekul sejenis). Sedangkan dalam zat gas, viskositas disebabkan oleh tumbukan antara molekul.

Fluida yang lebih cair biasanya lebih mudah mengalir, contohnya air. Sebaliknya, fluida yang lebih kental lebih sulit mengalir, contohnya minyak goreng, oli, madu, dan lain-lain. Hal ini dapat buktikan dengan menuangkan air dan minyak goreng di atas lantai yang permukaannya miring. Pasti air mengalir lebih cepat daripada minyak goreng atau oli. Tingkat kekentalan suatu fluida juga bergantung pada suhu. Semakin tinggi suhu zat cair, semakin kurang kental zat cair tersebut. Minyak goreng yang digunakan untuk menggoreng pada awalnya lebih kental setelah mengalami pemanasan menjadi lebih cair.

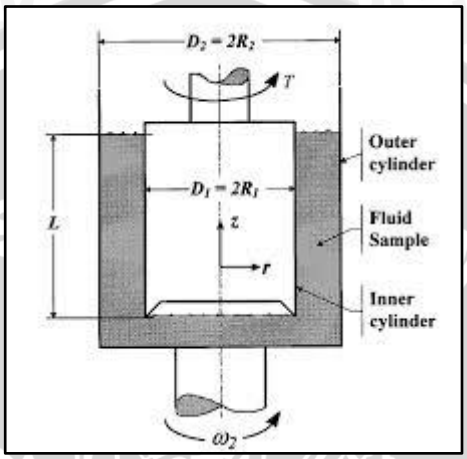
2.3.2 Pengukuran Viskositas Metode Silinder Konsentris

Instrumen untuk pengukuran viskositas didesain untuk menentukan resistansi fluida untuk mengalir. Mengingat viskositas ini merupakan salah satu parameter mekanik, maka alat ukurnya akan sangat berguna. Aliran fluida dapat dimodifikasi dengan membuat dua pelat yang dipisahkan oleh fluida kemudian salah satu pelat dikenakan gaya, atau permukaan itu dapat berupa silinder. Dapat juga dengan menjatuhkan benda di dalam fluida, mengalirkan fluida ke dalam tabung silinder. Resistansi untuk mengalir diukur sebagai gaya atau torsi penurunan tekanan.

Keuntungan utama dari prinsip pengukuran viskositas ini disbanding yang lain adalah kemampuannya untuk beroperai secara kontinyu. Dengan demikian pengukuran dapat dilakukan terus – menerus pada temperature yang diubah-ubah. Inilah sebab metode ini digunakan dalam pengukuran viskositas.

Silinder konsentris biasanya digunaka untuk pengukuran viskositas absolute dimana harus diketahui dengan baik gaya shear dan tekanan. Viscometer rotasi silinder sesumbu (*concentric cylinder*) dibuat berdasarkan 2 standar, sistem

Searle dimana silinder bagian dalam berputar dengan silinder dengan silinder bagian luar diam dan sistem Coutte di mana bagian luar silinder yang diputar sedangkan bagian dalam silinder diam. Fluida yang akan diukur ditempatkan pada celah diantara kedua silinder. Persamaan matematis untuk menghitung viskositas diturunkan dari hokum newton tentang aliran viskos.



Gambar 2.3 Skema Metode Silinder Konsentris

Viskometer silinder konsentris ditunjukkan dalam Gambar 2.3 terdiri dari dua silinder satu sumbu dengan fluida diantara keduanya. Silinder bagian luar diputar dan torsi diukur pada silinder bagian dalam. Jika: R_1 = jari-jari silinder dalam; R_2 = jari-jari silinder luar; L = panjang silinder; C = radial clearance; ω_2 = kecepatan sudut putaran maka hukum Newton dapat dituliskan:

$$F = \eta A \frac{\mu}{C} \quad \text{.....2.2}$$

Dimana : A = luas area ($2\pi r_0 L$)

μ = kecepatan linier ($r_0\omega$)

η = koefisien kekentalan bahan

maka :

$$F = \eta(2\pi r_0 L)\frac{r_0\omega_2}{C} \quad \text{.....2.3}$$

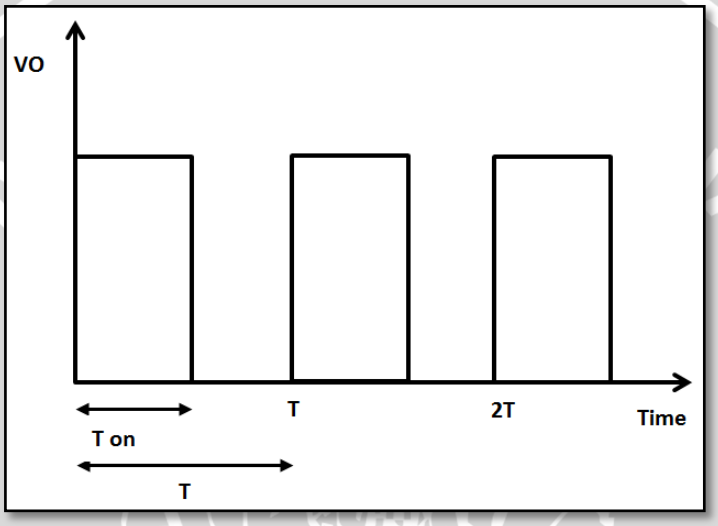
Sehingga jika Gaya Newton (F) dan torsi (T) pada silinder dalam adalah

$$T = F.r_1 = \frac{2\pi\eta {r_0}^2 r_1 L\omega_2}{C} \quad \text{.....2.4}$$

2.4 *Pulse Widht Modulation* (PWM)

Pulse Widht Modulation (PWM) digunakan untuk mengatur kecepatan dari motor DC. Kecepatan motor DC tergantung pada besarnya *duty cycle* yang diberikan pada motor DC tersebut. *Duty cycle* adalah rasio atau perbandingan lama waktu suatu sinyal berada dalam kondisi *high* dengan lama waktu suatu sinyal tersebut dalam kondisi (*high+low*).

Pada sinyal PWM, frekuensi sinyal konstan sedangkan *duty cycle* bervariasi dari 0%-100%. Dengan mengatur *duty cycle* akan diperoleh keluaran yang diinginkan. Sinyal PWM secara umum dapat dilihat dalam Gambar 2.4



Gambar 2.4 Sinyal PWM Secara Umum

$$Duty\ Cycle = \frac{Ton}{T}\ x\ 100\% \quad \text{.....2.5}$$

Dengan :

T_{on} = Periode logika tinggi

T = Periode keseluruhan

$$Vdc = Duty\ cycle\ x\ Vcc \quad \text{.....2.6}$$

$$f_{on} = \frac{fclk\ I/O}{N.256} \text{....(Hz)} \quad \text{.....2.7}$$

2.5 Arduino Uno

Arduino uno adalah board mikrokontroler berbasis Atmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi

USB, *jack power*, ICSP *header*, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya.

Uno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter *USB-to-serial* dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver *USB-to-serial*. Gambar 2.5 merupakan tampak depan Arduino Uno.

Gambar 2.5 Tampak Depan Arduino Uno

Nama "Uno" berarti dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0 Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino. Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian board USB Arduino, dan sebagai model referensi untuk platform Arduino, untuk perbandingan dengan versi sebelumnya.

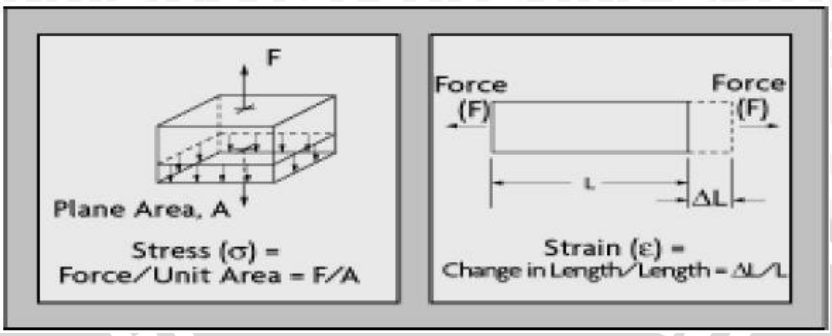
2.6 Sensor *Strain Gauge*

Ketika sebuah gaya luar dikenakan pada obyek yang diam, maka akan menghasilkan tegangan (*stress* dan *strain*). Tekanan didefinisikan sebagai gaya lawan obyek sedangkan strain adalah *displacement* dan deformasi yang terjadi. Gambar 2.6 merupakan gambaran definisi *Stress* dan *Strain*. Untuk sebuah gaya internal yang uniform, stress (tegangan) dapat dihitung dengan memberi gaya yang diberikan (F) dengan luasan (A)

$$Stress\ (\sigma) = \frac{F}{A} \qquad (2.8)$$

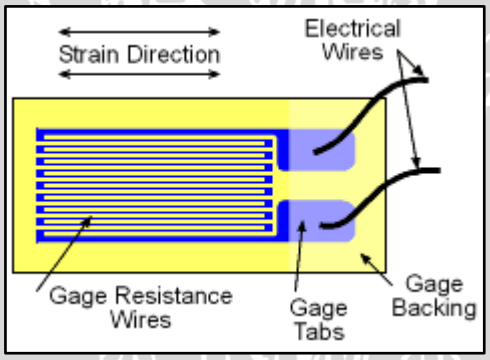
Strain (regangan) didefinisikan sebagai besarnya deformasi tiap satuan panjang sebuah obyek yang dikenai gaya. Strain dihitung dengan membagi perubahan panjang (ΔL) dengan panjang awal (L)

$$Strain\ (\varepsilon) = \frac{\Delta L}{L} \quad \text{.....} 2.9$$



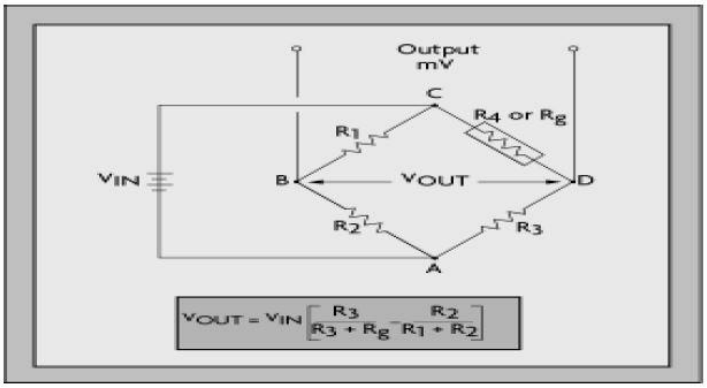
Gambar 2.6 Definisi *Stress* dan *Strain*

Untuk mengukur strain ini salah satu sensor yang sering digunakan adalah *strain gauge*. *Strain gauge* merupakan susunan filament tahanan (resistor) yang dibuat sedemikian rupa sehingga membentuk lembaran tipis dengaan tebal sekitar 0,025 mm. Sensor ini dapat ditempel langsung pada benda yang diukur strainnya.



Gambar 2.7 Sensor *Strain Gauge*

Sensor *Strain Gauge* ditunjukkan Gambar 2.7. Aplikasi *strain gauge* ini sering menggunakan jembatan Wheatstone. Tegangan keluaran jembatan Wheatstone diekspresikan dalam millivolt per volt.



Gambar 2.8 Penguat Sensor *Strain Gauge*

Dalam Gambar 2.8, R1, R2, R3 dan R4 sama nilainya, dan Vin diberikan pada titik A dan C, maka keluaran pada titik B dan D akan nol karena tegangan titik B = tegangan tiitik D sehingga dikatan jembatan dalam keadaan seimbang. Bila R4 berubah maka jembatan tidak lagi seimbang, sehingga akan ada perbedaan tegangan antara titik B dan D.

2.7 Kontroler

Keberadaan kontroler dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Pada prinsipnya hal itu disebabkan oleh tidak dapat diubahnya komponen penyusun sistem tersebut. Artinya, karakteristik plant harus diterima sebagaimana adanya, sehingga perubahan perilaku sistem hanya dapat dilakukan melalui penambahan suatu suatu sub sistem, yaitu kontroler.

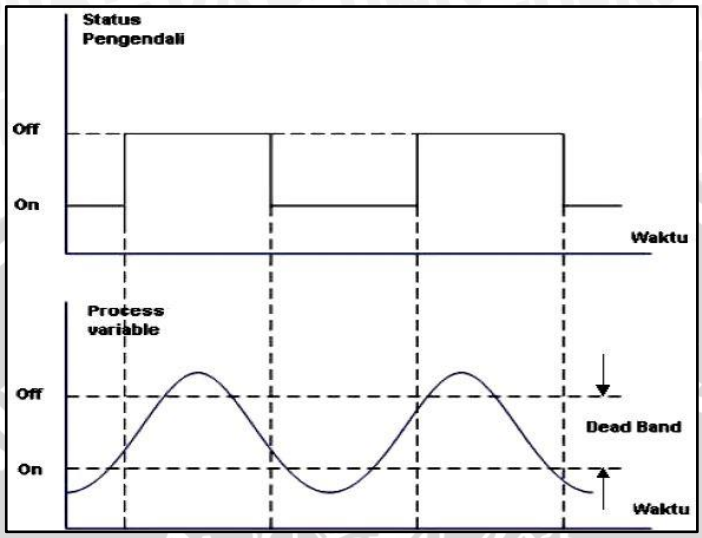
Salah satu fungsi komponen kontroler adalah mengurangi sinyal kesalahan, yaitu perbedaan antara nilai referensi/nilai yang diinginkan dan nilai aktual. Hal ini sesuai dengan tujuan sistem kontrol dimana mendapat nilai sinyal keluaran sama dengan nilai yang diinginkan referensi. Semakin kecil kesalahan yang terjadi, semakin baik kinerja sistem kontrol yang diterapkan.

Apabila perbedaan antara nilai referensi dengan nilai keluaran relatif besar, maka kontroler yang baik seharusnya mampu mengamati perbedaan ini untuk segera menghasilkan sinyal keluaran untuk mempengaruhi *plant*. Dengan demikian sistem secara cepat mengubah keluaran *plant* sampai diperoleh selisih dengan nilai referensi sekecil mungkin.

Prinsip kerja kontroler adalah membandingkan nilai aktual keluaran plant dengan nilai referensi, kemudian menentukan nilai kesalahan dan akhirnya menghasilkan sinyal kontrol untuk meminimalkan kesalahan (Ogata, 1996: 197-204).

2.7.1 Kontroller *On-Off*

Dalam kontroler *on-off*, elemen pembangkit hanya mempunyai dua keadaan yaitu *on* dan *off*. Karena kerjanya yang *on-off*, hasil pengendalian kontroler *on-off* akan menyebabkan proses variable yang bergelombang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 di bawah ini.



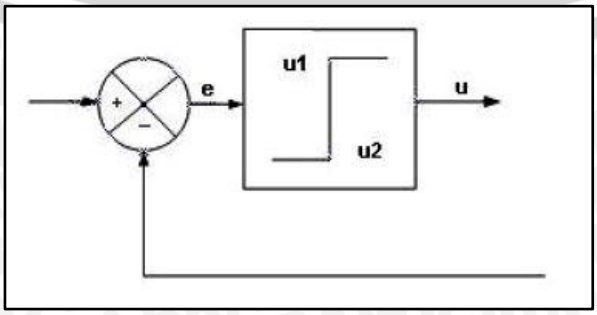
Gambar 2.9 Kerja Kontroler *On-Off*

Misal sinyal keluaran kontroler adalah u(t) dan sinyal pembangkit kesalahan (*dead band*) adalah e(t). pada kontroler on-off, sinyal u(t) akan tetap pada salah satu nilai maksimum attau minimum tergantung pada sinyal pembangkit kesalahan positif atau negatif sedemikian rupa sehingga.

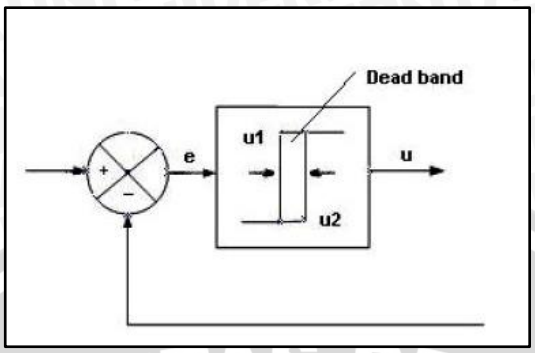
$u(t) = u_1$ untuk e(t) > 0…….2.10

$u(t) = u_2$ untuk e(t) < 0…….....2.11

dimana u_1 dan u_2 adalah konstan. Harga minimum u_2 biasanya nol atauu $-u_1$.

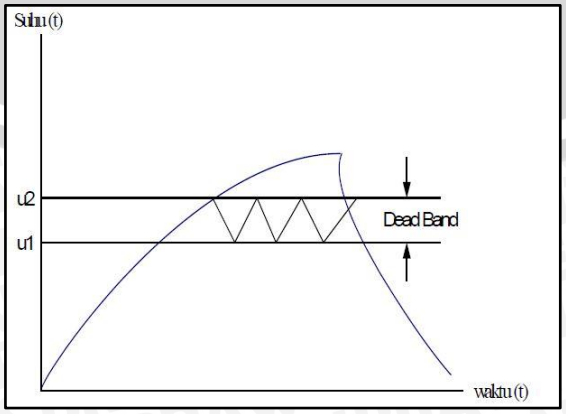


Gambar 2.10 Diagram Blok Kontroler *On-Off*



Gambar 2.11 Diagram Blok Kontroler *On-Off* dengan *dead band*

Gambar 2.10 dan 2.11 menunjukkan diagram blok kontroler *on-off*. Daerah dengan sinyal pembangkit kesalahan yang digerakkan sebelum terjadi switching disebut dead band. *Dead band* ditunjukkan pada gambar 2.11. *Dead band* ini menyebabkan keluaran kontroler u(t) tetap pada nilai awal sampai sinyal pembangkit kesalahan bergerak mendekati nilai nol. Dalam beberapa hal *dead band* terjadi sebagai akibat adanya penghalang yang tidak diinginkan dan gerakkan yang hilang, sering juga hal ini dimaksudkan untuk mencegah opersi yang berulang ulang dari mekanisme *on-off*.



Gambar 2.12 Kurva Sistem Kendali *On-Off*

Kerja kontroler *on-off*, seringkali di dapat dengan memanfaatkan *dead band* atau suatu proses *switch*. Gambar 2.12 merupakan kurva sistem kendali *on-off*. Contoh pengendalian *on-off* yang paling mudah ditemui adalah pengendalian suhu pada setrika atau pompa air listrik otomatis. Kedua alat ini bekerja secara *on-off* engan memanfaatkan *adjustable dead band* yang ada pada *temperature switch* dan *pressure switch*. Sistem kontroler *on-off* relatif sederhana dan tidak mahal dan dalam hal in angat banyak digunakan dalam sistem kendali industri maupun domestik.

2.7.2 Pengaturan Sistem Kontrol Tak Linier Pada Kontroler On-Off

Pada sistem kontrol dua posisi (on-off), aksi pengontrolan adalah "on" dan "off" dan tidak terdapat hubungan yang linier antara masukan dan keluaran kontroler. Karakteristik yang paling penting dari system tak linier adalah tidak berlakunya prinsip superposisi. Prosedur untuk menjawab persoalan yang melibatkan system tak linier semacam itu, pada umumnya sangat komplek. Karena sulitnya matematik pada system tak linier ini, maka perlu untuk memperkenalkan system ekuivalen untuk menggantikan system tak linier. System tak linier ekivalen semacam itu hanya berlaku pada daerah kerja yang terbatas. Setelah sistem tak linier didekati dengan model matematik linier, maka dapat digunakan sejumlah alat bantu liner untuk analisa dan desain, yang dapat juga dilakukan dengan prinsip linierisasai (system tak linier menjadi system linier).

Dalam menganalisis dan mendesain system kontrol, harus mempunyai suatu dasar perbandingan performansi dari berbagai sistem kontrol. Dasar ini dapat disusun dengan menetapkan sinyal-sinyal uji tertentu dengan membandingkan respon dari berbagai sistem terhadap sinyal-sinyal masukan yang berlaku. Beberapa kriteria desain system kontrol yang didasarkan pada sinyal-sinyal semacam itu atau respon system terhadap perubahan syarat awal.

Sinyal uji yang khas, dari sinyal uji yang biasa digunkan adalah fungsi tangga, fungsi ramp, fungsi perceptan, fungsi impulse, fungsi sinusoida, dan sebagainya. Dengn sinyal uji ini dapat dilakukan analisis matematik dan

eksperimental system kontrol secara mudah karena sinyal-sinyal ini merupakan fungsi waktu yang sangat sederhana.

Linierisasi model matematik tak linier, akan dilakukan teknik linierisasi yang dapat diterapkan pada beberapa system tak linier, contohnya seperti pada motor servo-hidrolik. Pendekatan linier dari sistem tak linier, untuk memperoleh model matematik yang linier dari sutu system tak linier, dianggap bahwa variable hanya mengalami deviasi yang kecil dari titik kerjanya. Contoh seperti system yang mempunyai masukan x(t) dan keluaran y(t). Hubungan antara y(t) dan x(t) diberikan oleh:

$$y = f(x) \quad \text{.....2.12}$$

Jika kondisi normal dinyatakan dengan x', dan y', maka persamaan 2.12 di atas dapat diuraikan menjadi deret Taylor di sekitar titik kerja, sebagai berikut:

$$y = f(x)$$

$$= f(x') + \frac{df}{dx}(x - x') + \frac{1}{2!}\frac{df}{dx}(X - X')^2 + \cdots \quad \text{.....2.13}$$

Dimana turunan-turunan d^2/dx, d^2f/dx^2,…, dihitung pada x = x'. Jika variasi x-x' adalah kecil, dengan mengabaikan suku-suku (x-x') berorde tinggi. Selanjutnya persamaan dapat ditulis dengan lebih sederhana, berikut:

$$y = y' + K(x - x') \quad \text{.....2.14}$$

Dimana $y' = f(x')$ dan

$K = \frac{df}{dx}$ untuk x=x'

Persamaan di atas dapat diubah menjadi berikut:

$$y - y' = K(x - x') \quad \text{.....2.15}$$

Yang menunjukkan bahwa y-y' sebanding dengan x-x'. persamaan ini akan memberikan suatu model matematik linier ari system tak linier yang memberikan persamaan sebelumnya melalui pendekatan deret Taylor.

Selanjutnya, tinjau system yang keluarannya y, merupakan fungsi dari dua buah masukan x_1 dan x_2, lalu berlaku :

$$y = f(x_1, x_2) \quad \text{.....2.16}$$

Dengan cara yang sama seperti diatas akan diperoleh hasil model linier sebagai berikut:

$$y - y' = K_1(x_1 - x_1') + K_2(x_2 - x_2') \quad \text{.....2.17}$$

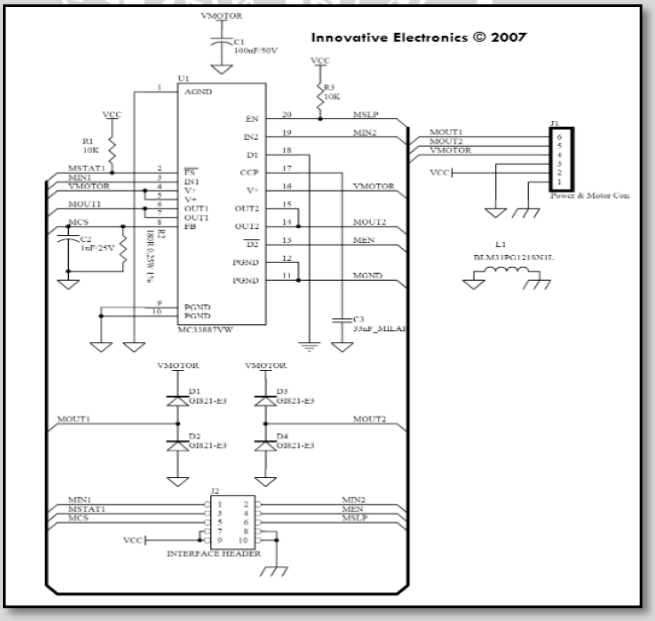
dimana, y' = f(x_1', x_2')

$$K_1 = \frac{df}{dx_1} untuk\ x_1 = x_1' dan x_2 = x_2'$$

$$K_2 = \frac{df}{dx_2} untuk\ x_1 = x_1' dan x_2 = x_2'$$

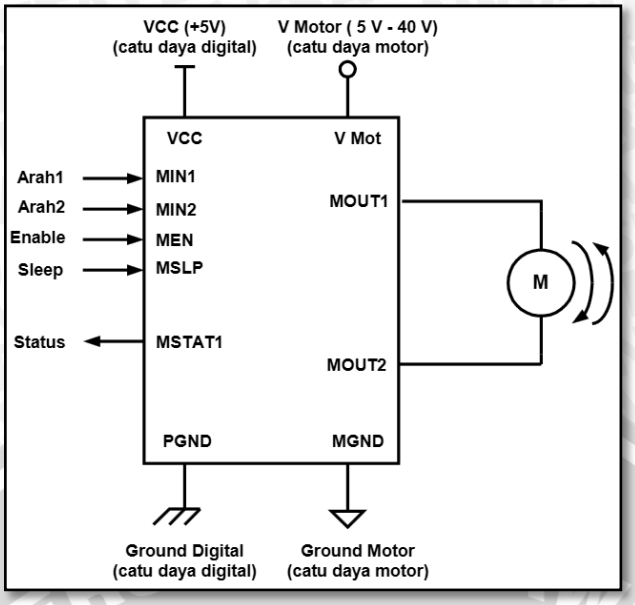
2.8 Modul Pengendali Motor DC EMS 5A H-Bridge

Embedded Module Series (EMS) 5A H-Bridge merupakan *driver* H-Bridge yang didesain untuk menghasilkan drive 2 arah dengan arus kontinyu sampai dengan 5 A pada tegangan 5,5 Volt sampai 16 Volt. Modul ini dilengkapi dengan rangkaian sensor arus beban yang dapat digunakan sebagai umpan balik ke pengendali seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.13. Modul ini mampu men-*drive* beban induktif seperti halnya relay, selenoida, motor DC, motor *stepper*, dan berbagai macam beban lainnya.



Gambar 2.13 Modul Rangkaian *Driver* Motor EMS 5A H-Bridge

Sebuah modul H-bridge dapat digunakan untuk mengatur kerja 1 buah motor DC secara dua arah. Contoh koneksinya dapat dilihat dalam Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Modul Rangkaian Driver Motor EMS 5A H-Bidge

Arah 1 dan 2 pasti berlawanan arah satu sama lain jika arah 1 searah jarum jam maka arah 2 berlawanan arah jarum jam.

2.9 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LMB162A adalah modul LCD (*liquid crystal display*) matrix dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakternya ditunjukkan dengan Gambar 2.15

Gambar 2.15 LCD (*Liquid Crystal Display*) LM162A

Liquid Crytal Display tau biasa disebut LCD merupakan alat tampilan yang biasa digunakan untuk menampilkan karakter ASCII sederhana, dan gambar-gambar pada alat-alat digital seperti jam tangan digital seperti jam tangan, kalkulator dan lain-lain. Deskripsi sederhana cara kerja dari sebuah LCD matrix adalah sebuah *Twisted Nematic* (TN) *Liquid Crystal Display*, yang terdiri dari 2 material yang terpolarisasi, 2 buah kaca, sebuah bentuk elemen elektroda untuk

menentukan pixel, dan *Integreted Circuit* (IC) untuk mengalamatkan baris dan kolom.

Perlu diketahui fungsi dari setiap kaki yang ada pada komponen tersebut.

1. Kaki 1 VCC : Kaki ini berhubungan dengan tegangan +5 volt yang merupakan tegangan untuk sumber daya.
2. Kaki 1 VCC : Kaki ini berhubungan dengan tegangan +5 volt yang merupakan tegangan untuk sumber daya.
3. Kaki 2 (GND) : Kaki ini berhubungan dengan tegangan 0 volt (*ground*).
4. Kaki 3 (VEE/VLCD) : Tegangan pengatur kontras LCD, kaki ini terhubung pada cermet. Kontras mencapai nilai maksimum pada saat kondisi kaki ini pada tegangan 0 volt.
5. Kaki 5 (R/W) : Logika 1 pada kaki ini menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode penulisan. Untuk aplikasi yang tidak memerlukan pembacaan data pada modul LCD, kaki ini dapat dihubungkan langsung ke *ground*.
6. Kaki 6 (E) : Enable Clock LCD, kaki mengaktifkan clock LCD. Logika 1 pada kaki ini diberikan pada saat penulisan atau pembacaan data.
7. Kaki 7 – 14 (D0 – D7) : Data bus, kedelapan kaki LCD ini adalah bagian di mana aliran data sebanyak 4 bit ataupun 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.
8. Kaki 15 (Anoda) : Berfungsi untuk tegangan positif dari backlight LCD sekitar 4,5 volt (hanya terdapat untuk LCD yang memiliki backlight).
9. Kaki 16 (Katoda) : Tegangan negatif backlight LCD sebesar 0 volt (hanya terdapat untuk LCD yang memiliki backlight).

2.10 Karakteristik Beban (Limbah Cair Kotoran Sapi)

Beban yang digunakan adalah limbah cair kotoran sapi. Untuk membuat biogas, limbah cair harus diencerkan terlebih dahulu hingga terbentuk lumpur (*sludge*). Perbandingan kotoran sapi dengan air yang dicampurkan yaitu 1:1. Proses pengenceran dengan cara diaduk akam membuat cairan limbah encer dengan merata (tidak ada sampah yang dibuang). Proses pengadukan dengan kecepatan konstan akan membuat lumpur dari limbah cair merata dan hal tersebut akan menghasilkan biogas yang baik.

Langkah-langkah pembuatan biogas :

1. Kotoran sapi dicampur dengan air hingga terbentuk lumpur dengan perbandingan 1:1 pada bak pengadukan.
2. Lumpur dari bak pengadukan sementara kemudian dialirkan ke digester.
3. Melakukan penambahan *starter* sebanyak 1 liter dan isi rumput segar dari rumah potong hewan (RPH) sebanyak 5 karung.
4. Tunggu hingga 14 hari sampai biogas bisa digunakan.
5. Digester harus terus diisi lumpur kotoran sapi secara kontinu sehingga dihasilkan biogas yang optimal.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendauluan maka diperlukan langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah tersebut. Metode yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut:

3.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara umum ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- Alat pengaduk berbentuk silinder dengan volume total ±1 m^3.
- Alat pengaduk berbahan dasar *stainless steel*.
- Menggunakan sebuah motor DC sebagai penggerak alat pengaduk adonan.
- Menggunakan sebuah motor DC servo sebagai aktuator pompa air.
- Menggunakan *driver* motor *H-Bridge* 5A.
- Sensor berupa sensor *strain gauge*.
- Mikrokontroler yang digunakan Arduino Uno.
- Menggunakan catu daya DC sebesar 12 volt.
- Kontroler yang digunakan adalah kontroler *on-off*.

3.2 Perancangan Sistem

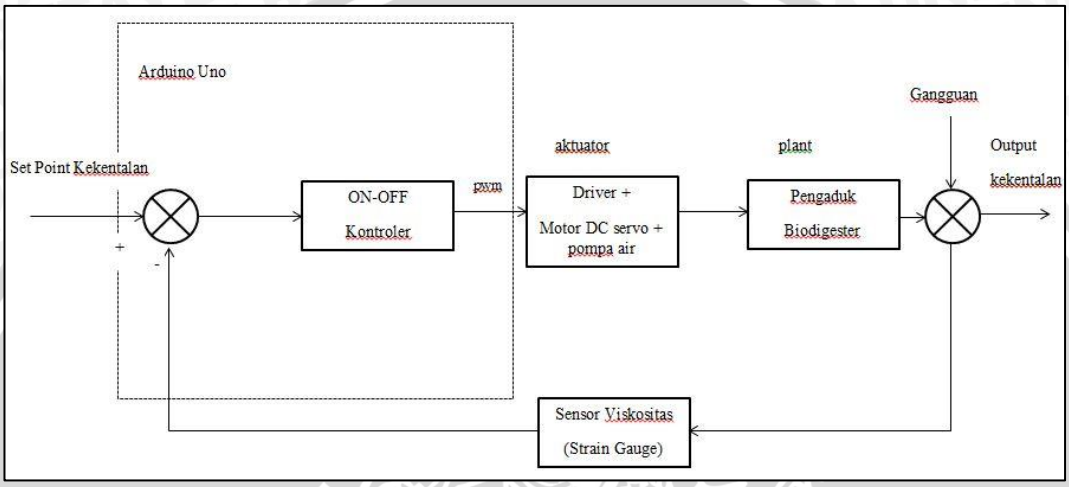
Perancangan sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya, hal ini dimaksudkan agar sistem dapat berjalan sesuai dengan deskripsi awal yang telah direncanakan.

Perancangan sistem yang dilakukan meliputi:

1. Penentuan sensor yang akan digunakan untuk mendeteksi kecepatan putaran motor DC.
2. Penentuan motor DC yang digunakan sebagai penggerak pengaduk.
3. Penentuan spesifikasi sistem yang akan dibuat, meliputi:

a. Penentuan deskripsi kerja sistem secara keseluuhan.
b. Kontroler *on-off* dan rangkaian elektronik pendukung.
c. Perancangan program pada mikrokontroler sebagai pusat pengontrol dengan kontroler *on-off*.

3.3 Blok Diagram Sistem



3.1 Blok Diagram Sistem

Keterangan Gambar 3.1 blok diagram diatas adalah sebagai berikut :

1. *Set point* berupa kekentalan cairan limbah cair sebesar yang dikonversi dalam bentuk tegangan.
2. Pusat pengendalian sistem menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno yang memberikan sinyal keluaran berupa *pulse widht modulation* (PWM) ke driver H-Bridge 5A.
3. Motor DC sebagai penggerak pengaduk cairan limbah.
4. Motor DC servo sebagai aktuator di mana akan mengaktifkan pompa air.
5. Gangguan sistem berupa penambahan bahan saat proses pengadukan.
6. Sebagai *feedback* digunaka sensor kekentalan.

3.4 Realisasi Pembuatan Sistem

3.4.1 Perangkat Keras (*Hardware*)

Komponen utama perangkat keras adalah alat pengaduk yang bertahan dasar satinless steel, motor DC, pendeteksi kecepatan dalam alat pengaduk menggunakan Photo sensor BS5-T2M, *driver* motor H-Bridge 5A dan mikrokontroler Arduino Uno.

3.4.2 Perangkat Lunak (*Software*)

Pembuatan perangkat lunak (*software*) dilakukan dengan pembuatan flowchart terlebih dahulu, kemudian dilakukan perancangan pada software Arduino Uno sebagai pusat pengontrol dengan kontrol *on-off*.

3.5 Pengujian Alat

Setelah semua komponen pada alat sudah terhubung sesuai dengan diagram blok sistem yang telah dirancangdan perangkat lunak untuk mendukung sistem telah dibuat, maka diadakan pengujian dan analisa. Metode pengujian alat sebagai berikut:

1. Menguji pada tiap-tiap blok rangkaian.
2. Menggabungkan beberapa blok rangkaian menjadi sebuah sistem.
3. Mengadakan pengujian sistem secara keseluruhan.
4. Mengevaluasi hasil pengujian sistem secara keseluruhan.

3.6 Kesimpulan dan Saran

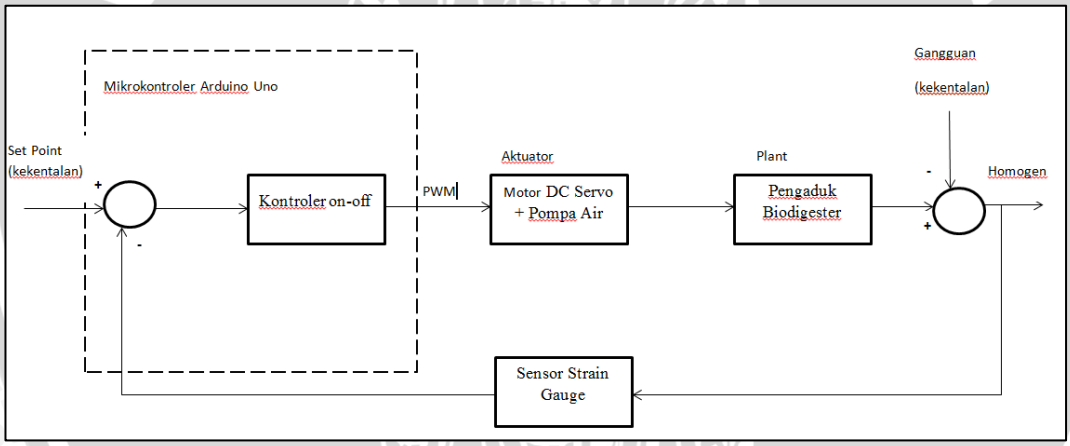
Kesimpulan diambil berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian sistem secara keseluruhan. Jika hasil yang didapatkan telah sesuai dengan yang direjncanakan sebelumnya, maka sistem kendali tersebut telah berhasil memenuhi harapan dan tentunya memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk penyempurnaan.

BAB IV
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan dan pembuatan alat pengaduk biodigester mulai dari diagram blok sistem, desain mekanik, perancangan perangkat keras, dan perancangan perangkat lunak. Perancangan dan pembuatan dilakukan secara bertahap dan sistematis, sehingga nantinya akan memudahkan dalam analisis sistem.

4.1 Diagram Blok Sistem

Pada perancangan alat diperlukan perancangan blok diagram sistem yang dapat menjelaskan sistem secara garis besar dan diharapkan alat dapat bekerja sesuai dengan rencana. Blok diagram tersebut dapat dilihat dari Gambar 4.1 berikut :



Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem

Keterangan :

- Sensor yang digunakan berupa sensor *strain gauge* yang berfungsi mendeteksi viskositas dari cairan digester. Sensor akan mendeteksi kekentalan cairan yang berupa regangan (*stress*) dimana keluaran sensor yang berupa tegangan. Sinyal dari sensor akan diberikan kepada Arduino Uno dimana nantinya akan diproses sebagai snyal kontrol terhadap *plant*.
- Pusat pengendalian sistem menggunakan Arduino UNO yang memberikan keluaran berupa *duty cycle* PWM kepada *driver* motor.

- Motor yang digunakan adalah motor DC yang berfungsi sebagai aktuator.
- *Driver* motor menggunakan modul DI-MDCD0.06A

4.2 Prinsip Kerja Alat

Cara kerja alat adalah sebagai berikut :

- Menggunakan catu daya sebesar 12 volt untuk motor DC dan 5 volt untuk sensor viskositas (*strain gauge*).
- Sensor viskositas (*strain gauge*) sebagai sensor kekentalan (viskositas). Sensor *strain gauge* nantinya akan memberikan sinyal keluaran berupa tegangan yang nantinya di ubah ke ADC untuk memberikan sinyal masukan pada Arduino Uno.
- Tahap pertama yaitu ketika sistem diaktifkan motor akan berputar, sensor akan mendeteksi kekentalan (viskositas) yang terbaca kemudian memberikan masukan ke arduino berupa pulsa.
- Tahap berikutnya yaitu pulsa dari sensor akan diolah di arduino yang akan memberikan sinyal kontrol berupa PWM ke *driver* motor agar motor DV servo berputar sesuai sudut yang diberikan. Jika sudut 0° pompa air akan mati jika sudut 180° pompa air akan menyala.
- Ketika motor telah berputar dan mulai mengaduk adonan, hingga pada kekentalan yang diinginkan, maka proses akan selesai.

4.3 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

4.3.1 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat yang dirancang adalah sebagai berikut :

1. Alat pengaduk beebentuk tabung dengan ukuran:

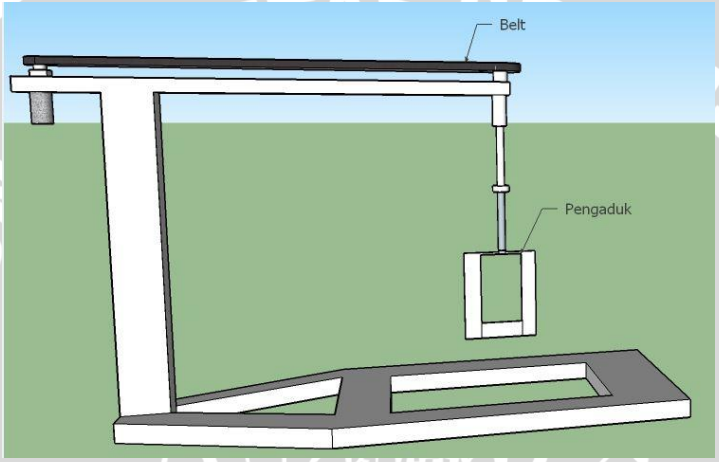
   Tinggi : 36 cm

   Diameter : 27 cm

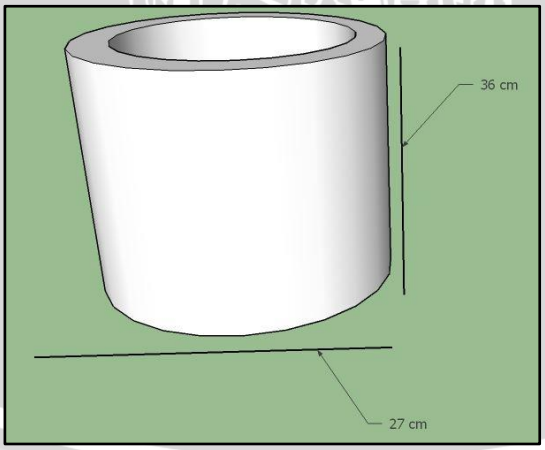
   Kapasitas Adonan : 20 kg
2. Pengaduk berupa motor DC dengan catu daya 12 volt dan kecepatan 10.5 rpm dengan torsi 25 Kg.
3. Aktuator berupa motor DC servo untuk mengaktifkan pompa air.

4. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan adalah sensor *strain gauge* sebagai sensor viskositas.
5. Kontroler yang digunakan adalah *on-off*
6. Menggunakan satu buah mikrokontroler Arduino Uno Rev.3
7. *Software* yang digunakan sebagai pemorograman yaitu Arduino ERW 1.0.5

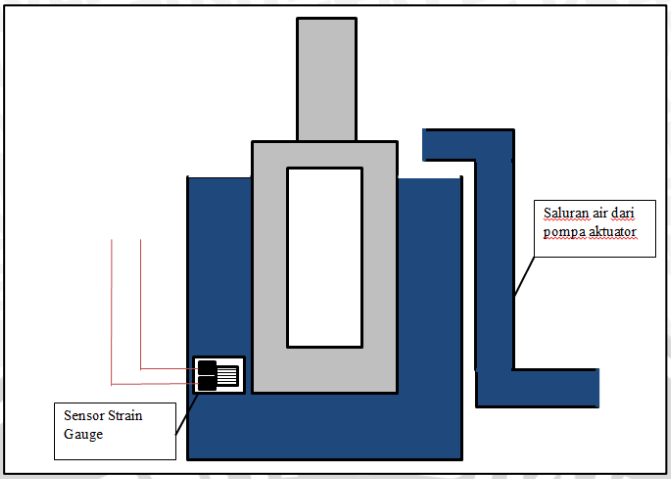
Perancangan perangkat keras alat pengaduk digester dapat dilihat pada Gambar 4.2, 4.3, 4.4 :



Gambar 4.2 Sistem Pengaduk



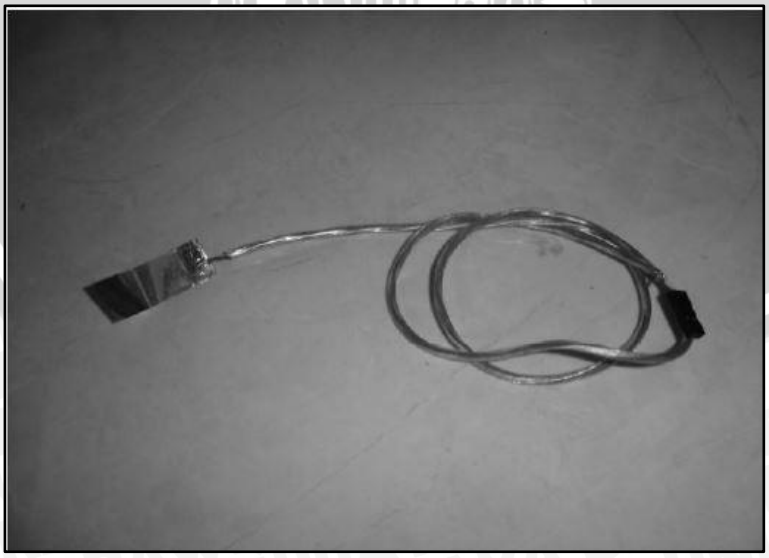
Gambar 4.3 Bak Penampung



Gambar 4.4 Bak Penampung Terhadap Sensor

4.3.2 Sensor *Strain Gauge*

Sensor *strain gauge* digunakan sebagai pengukur kekentalan (viskositas). Sensor strain gauge ditempatkan pada bak sehingga dikenakan pada cairan pada saat proses pengadukan. Jadi, tekanan pada cairan saat proses pengadukan akan membuat perubahan tegangan keluaran pada sensor *strain gauge*. Tegangan keluaran nantinya akan dirubah menjadi ADC yang nantinya akan menjadi masukan dari Arduino Uno. Pada aplikasinya nantinya sensor strain gauge menggunakan pengkondisi sinyal. Pengkondisi sinyal itu berupa jembatan *Wheatstone*. Sensor *Strain Gauge* ditunjukkan Gambar 4.5.

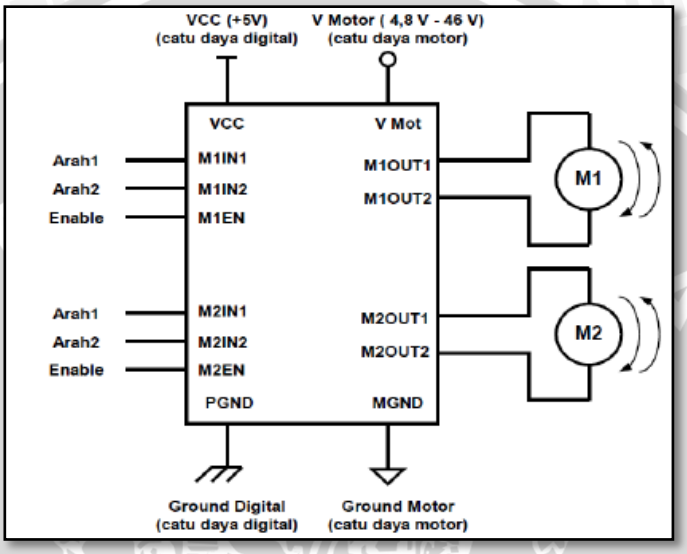


Gambar 4.5 Sensor *Strain Gauge*

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

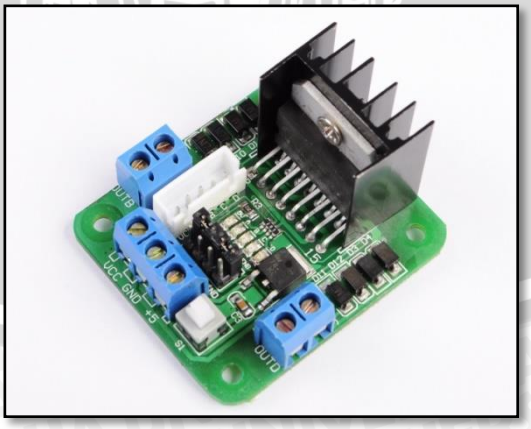
4.3.3 Perancangan Driver Motor DC

Modul pengendali motrd DC yang digunakan adalah modul EMS 5A H-Bridge. Secara garis besar, fungsi modul pengendali motor ini adalah untuk mengendalikan arah dan kecepatan putaran motor DC sesuai instruksi kendali dari Arduino Uno ERW 1.0.5. Gambar koneksi modul pengendali motor DC EMS 5A H-*Bridge* ditunjukkan dalam Gambar 4.6,



Gambar 4.6 Koneksi Modul EMS 5A H-

Rangkaian driver ini sanggup bekerja dengan tegangan maksimal 40 volt, serta kapasitas arus maksimum yang dapat dilewatkan pada modul ini sebesar 5A. Gambar modul rangkaian driver EMS 5A H-*Bridge* dapat dilihat pada Gambar 4.7



4.3.4 *Liquid Crystal Display* (LCD)

LCD yang digunakan dalam perancangan kali ini adalah Hitachi HD 44780 dan di dalam sistem ini berfungsi sebagai penampil atau penunjuk waktu dan *error* yang ditunjukkan. Digunakannya LCD dalam perancangan ini diperlukan karena apabila hasil atau *output* waktu dan *error* ditunjukkan pada serial *monitor* yang ada pada Arduino Uno, untuk pengambilan data sebagai bahan analisis perancangan akan menjadi lebih sulit. Konfigurasi terminal I/O pada sebuah LCD akan tampak seperti dalam Tabel 4.1

Penyemat	Simbol	Logika	Keterangan
1	Vss	-	Catu Daya 0 Volt (*Ground*)
2	Vcc	-	Catu Daya 5 Volt
3	Vee	-	Catu daya untuk LCD
4	RS	H/L	H: Masukan Data, L: Masukan Instruksi
5	R/W	H/L	H: Baca (Read), L: Tulis (Write)
6	E	H/L (L)	*Enable Signal*
7	DB0	H/L	Data Bit 0
8	DB1	H/L	Data Bit 1
9	DB2	H/L	Data Bit 2
10	DB3	H/L	Data Bit 3
11	DB4	H/L	Data Bit 4
12	DB5	H/L	Data Bit 5
13	DB6	H/L	Data Bit 6
14	DB7	H/L	Data Bit 7
15	V+ BL	-	*Backlight* 4-4,2 Volt ; 50-200 mA
16	V- BL	-	*Backlight* 0 Volt (*ground*)

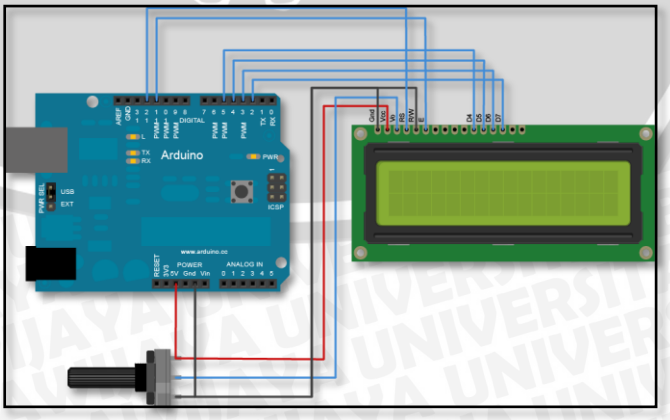
Dari tabel terlihat LCD mempunyai 8 bit data (*bidirectional bus*) dan 3 buah sinyal kontrol yaitu RS, R/W dan E. Ketiga sinyal kontrol tersebut mempunyai fungsi sebagai berikut:

1. RS dgunakan untuk memilih register IR (*Instruction Register*) atau DR (Data Register)
2. R/W digunakan untuk memilih fungsi membaca atau menulis pada kedua register IR dan DR.
3. E digunakan untuk memberikan sinyal bahwa data akan ditulis atau dibaca ke register.

LCD Hitachi dapat dikontrol dalam dua mode: 4-bit atau 8-bit. Mode 4-bit membutuhkan tujuh I/O pin Arduino Uno, sedangkan mode 8-bit membutuhkan sebelas I/O pin Arduino Uno. Untuk rangkaian LCD, diperlukan beberapa *hardware* sebagai penunjang agar LCD dapat berfungsi dengan baik, yaitu:

- Arduino Uno
- LCD screen
- Pin *header* untuk LCD display
- 10k potensiometer
- *Project board*
- Kabel *male to female*

  Dengan pin *header* disolder terlebih dahulu pada LCD, kemudian dengan menggunakan kabel *male to female* dihubungkan ke Arduino Uno seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Rangkaian LCD Terhadap Arduino

4.3.5 Modul Arduino Uno Rev.3

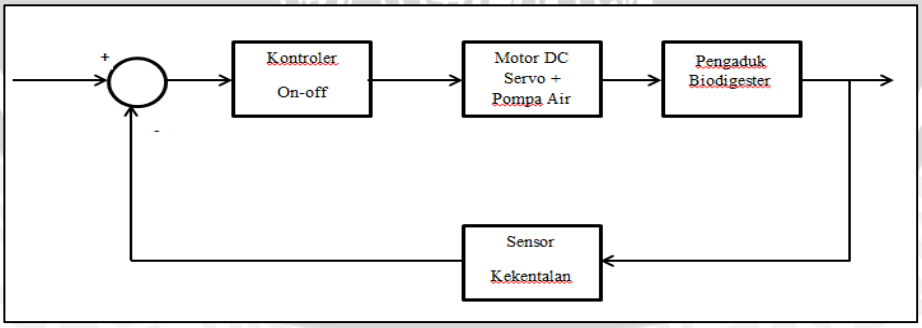
Pada sistem pengendalian kecepatan putaran alat pengaduk biodigester ini digunakan Arduino Uno Rev.3sebagai pengolah data dalam proses pengaturan kecepatan terdapat pada Driver motor H-Bridge untuk menggerakkan motor DC.

Gambar 4.9 Modul Arduino Rev.3

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Memilik 4 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator Kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik AC ke adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya. Modul Arduino Uno ditunjukkan pada Gambar 4.9.

4.4 Perancangan Kontroler ON-OFF

4.4.1 Alur Pengendalian Kontroler ON-OFF



Gambar 4.10 Diagram Blok Kontroler *On-Off*

Keterangan Gambar 4.10 diagram blok di atas sebagai berikut :

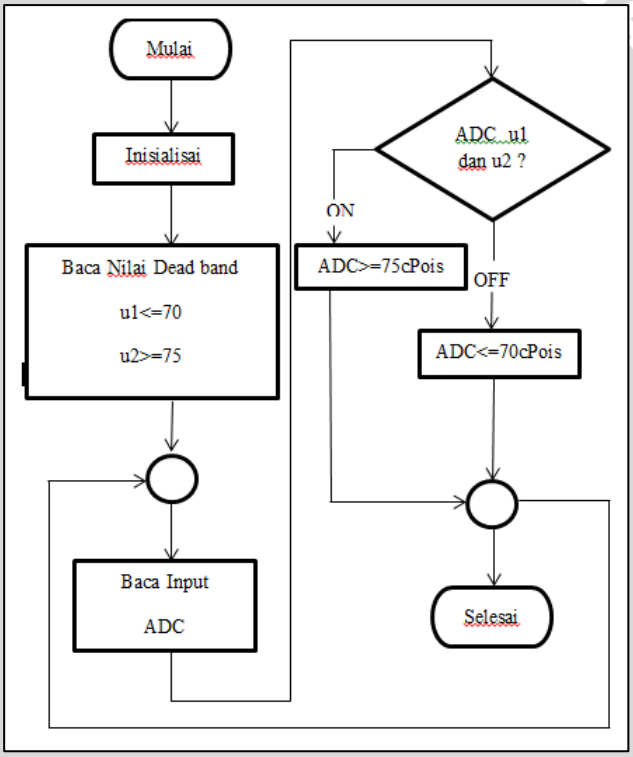
1. Dari *set point* akan menentukan *dead band* yang diinginkan

2. Kontroler *on-off* mengguanakan mikrokontroler Arduino Uno
3. Aktuator berupa motor DC servo dan pompa air
4. Dengan *plant* yang akan dikontorl berupa pengaduk biodigester dengan pengaturan kekentalan
5. Sistem akan melakukan *feedback* dengan menggunakan sensor *strain gauge*

4.4.2 Pemograman Kontroler *On-Off*

Diagram alir program utama kontroler *on-off* meliputi inisialisasi, menentukan set point, proses kontrol *on-off* sebagai proses berjalannya motor.

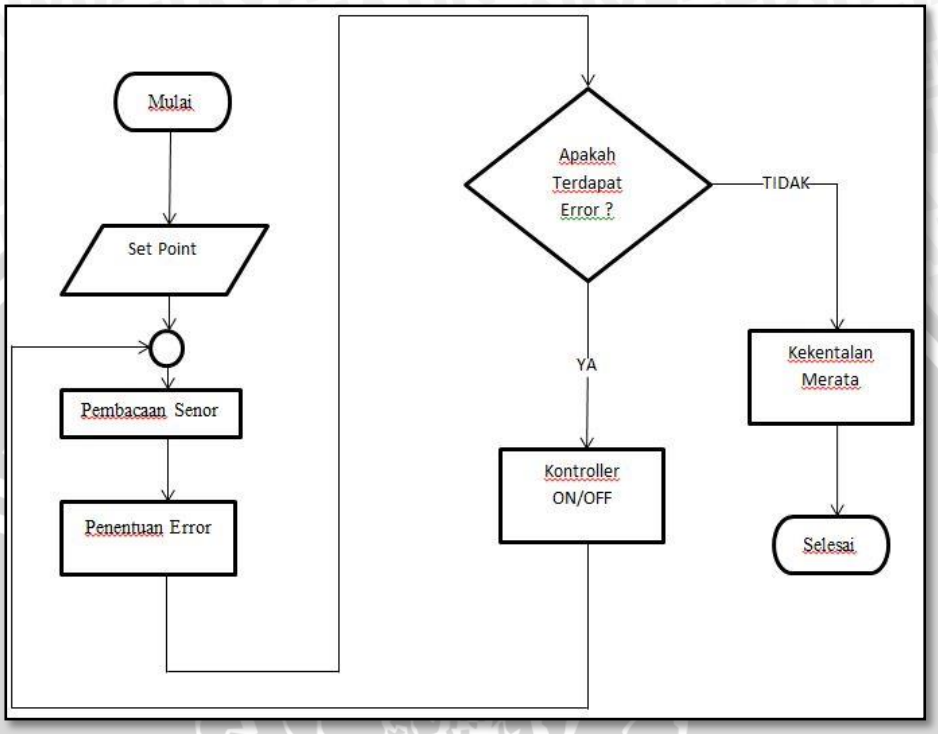
Diagram alir kendali *on-off* dalam progam adalah seperti gambar 4.11 berikut



Gambar 4.11 Flowchart Pemograman Kontroler *On-Off*

4.5 Perancangan Perangkat Lunak

Flowchart perancangan perangkat lunak ditunjukkan pada Gambar 4.12 berikut



Gambar 4.12 Flowchart Perangkat Lunak Sistem

BAB V
PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Tujuan pengujian system ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telat dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada system ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan.

5.1 Pengujian Sensor Viskositas (*Strain Gauge*)

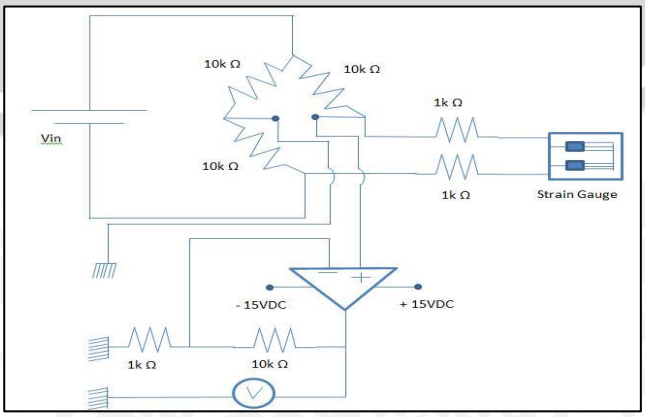
Pengujian sensor kecepatan dilakukan untuk mengetahui pembacaan sensor strain gauge (viskositas) terhadap kekentalan dari cairan digester.

5.1.1 Peralatan yang Digunakan

1. Catu daya 12 V
2. Sensor *strain gauge*
3. Resistor 10K
4. Viskometer merk Rion type VT-06
5. Multimeter

5.1.2 Prosedur Pengujian

1. Merangkai peralatan seperti Gambar 5.1



Gambar 5.1 Rangkaian untuk sensor *strain gauge*

2. Viskometer sebagai alat ukur untuk mendeteksi viskositas cairan
3. Aduk cairan hingga viskometer menunjukkan nilai yang diinginkan.
4. Mencatat nilai tegangan keluaran dari strain gauge melalui multimeter.

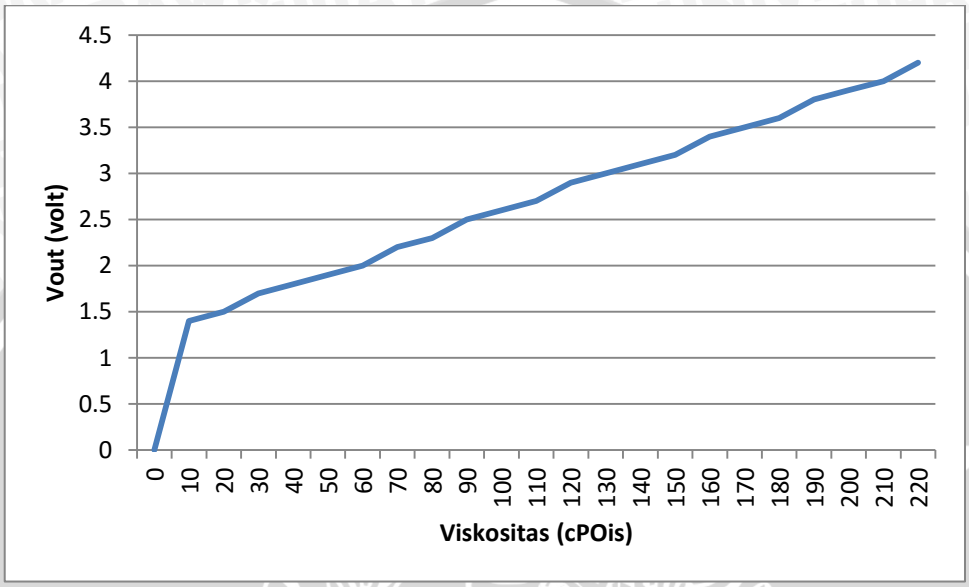
5.1.3 Hasil Pengujian

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan data hasil pengujian sensor viskositas dnegan keluaran tegangan. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.2 berikut.

Tabel 5.1 Data hasil pengukuran sensor

No	Viskositas (cPois)	Vout (volt)	PWM
1	0	0	0
2	10	1.4	72
3	20	1.5	79
4	30	1.7	85
5	40	1.8	92
6	50	1.9	99
7	60	2	105
8	70	2.2	112
9	80	2.3	119
10	90	2.5	126
11	100	2.6	133
12	110	2.7	139
13	120	2.9	146
14	130	3	153
15	140	3.1	159
16	150	3.2	166
17	160	3.4	173
18	170	3.5	180
19	180	3.6	186

20	190	3.8	193
21	200	3.9	200
22	210	4	207
23	220	4.2	213



Gambar 5.2 Grafik pengukuran sensor strain gauge

5.2 Pengujian Driver Motor DC Servo

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan pulsa PWM terhadap sudut putaran dan *duty cycle* pada motor DC servo.

5.2.1 Peralatan yang Digunakan

1. Motor DC Servo Micro GWS 2BBMG
2. *Driver* motor
3. Busur 180^0
4. Komputer
5. Digital Osciloscop Vellemen PCSU1000

5.2.2 Proses Pengujian

1. Menghubungkan *input driver* motor DC servo dengan *output* pada pin 5 Arduino Uno.
2. Menghubungkan *output driver* motor DC servo dengan motor DC servo.

3. Menghubungkan rangkaian catu daya.
4. Mengamati dan mengukur besar sudut putaran motor DC servo dengan menggunakan busur.
5. Mengamati dan mencatat *duty cycle* PWM pada tampilan *waveform* parameter *software* PC-Lab.

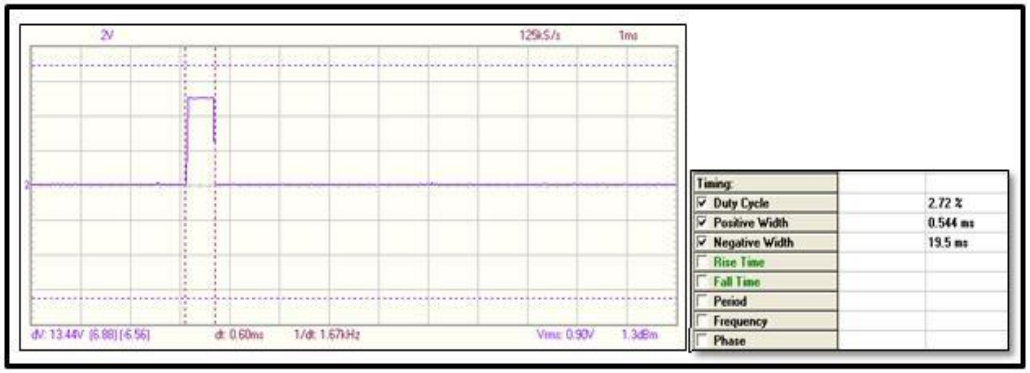
5.2.3 Hasil Pengujian

Tabel 5.2 Hasil pengujian Motor DC Servo

Sudut	*Duty Cycle* (%)	PWM
10	3.2	8.3
20	3.8	9.6
30	4.3	10.9
40	4.8	12.2
50	5.3	13.5
60	5.8	14.9
70	6.3	16.1
80	6.8	17.4
90	7.4	18.7
100	7.9	20
110	8.4	21.3
120	8.9	22.7
130	9.4	24
140	9.9	25.3
150	10.4	26.5
160	10.9	27.9
170	11.5	29.2
180	12	30.6

Dari Tabel 5.2 dihasilkan pengujian motor DC servo menunjukkan bahwa semakin besar pulsa, maka sudut putaran akan semakin besar karena *duty cycle* juga semakin besar.

Sinyal kontrol motor DC pada sudut 0° ditunjukkan pada Gambar 5.3



Gambar 5.3 Sinyal Kontrol pada Sudut 0°

Sinyal kontrol motor DC servo pada sudut 30° ditunjukkan pada Gambar 5.4

Gambar 5.4 Sinyal Kontrol pada Sudut 30°

Sinyal kontrol motor DC servo pada sudut 45° ditunjukkan pada Gambar 5.5

Gambar 5.5 Sinyal Kontrol pad*a* Sudut 45°

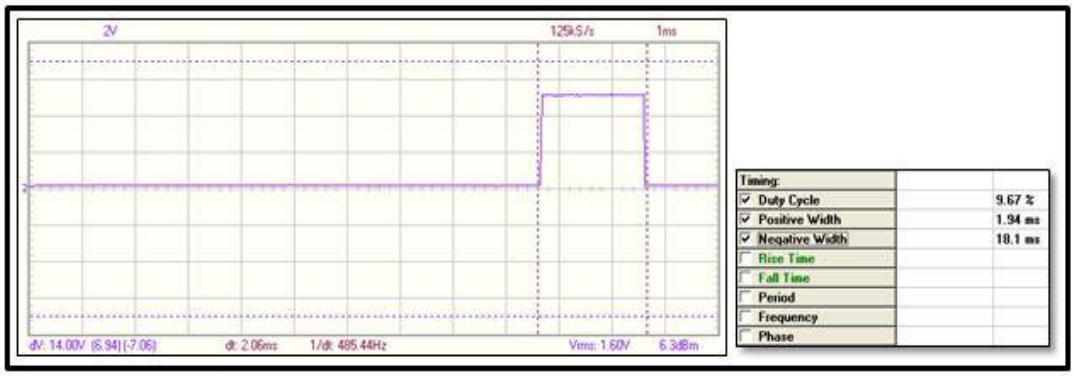
Sinyal kontrol motor DC servo pada sudut 60° ditunjukkan pada Gambar 5.6

Gambar 5.6 Sinyal Kontrol pada Sudut 60°

Sinyal kontrol motor DC servo pada sudut 90° ditunjukkan pada Gambar 5.7

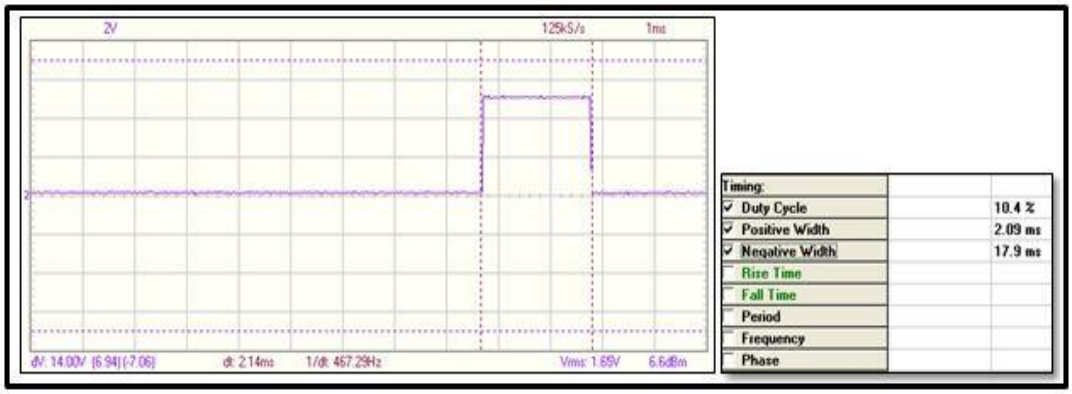
Gambar 5.7 Sinyal Kontrol pada Sudut 90°

Sinyal kontrol motor DC servo pada sudut 135° ditunjukkan pada Gambar 5.8



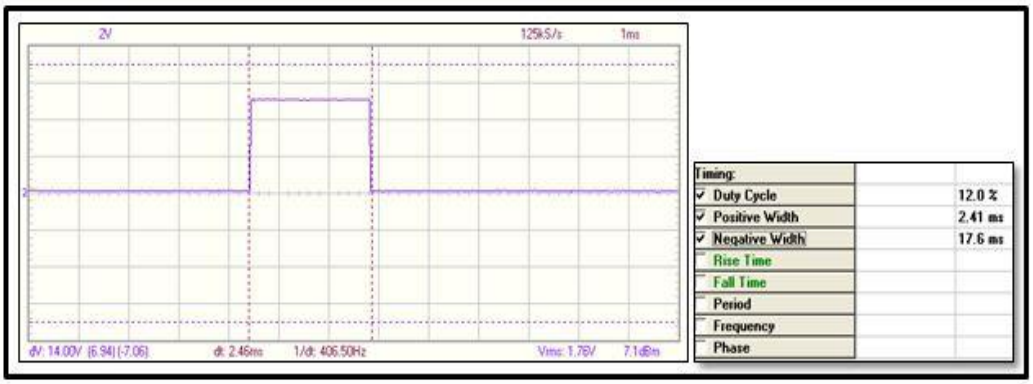
Gambar 5.8 Sinyal Kontrol pada Sudut 135°

Sinyal kontrol motor DC servo pada sudut 150° ditunjukkan pada Gambar 5.9



Gambar 5.9 Sinyal Kontrol pada Sudut 150°

Sinyal kontrol motor DC servo pada sudut 180° ditunjukkan pada Gambar 5.10



Gambar 5.10 Sinyal Kontrol pada Sudut 180°

5.3 Pengujian LCD

Pengujian LCD bertujuan untuk mengetahui bahwa masing-masing pin pada port C mkrokontroler dapat mengirim data menuju LCD sesuai dengan program yang dibuat dan LCD dapat menampilkan data karakter dengan benar.

5.3.1 Peralatan yang Digunakan

1. Arduino Uno
2. LCD
3. Catu daya 5 volt

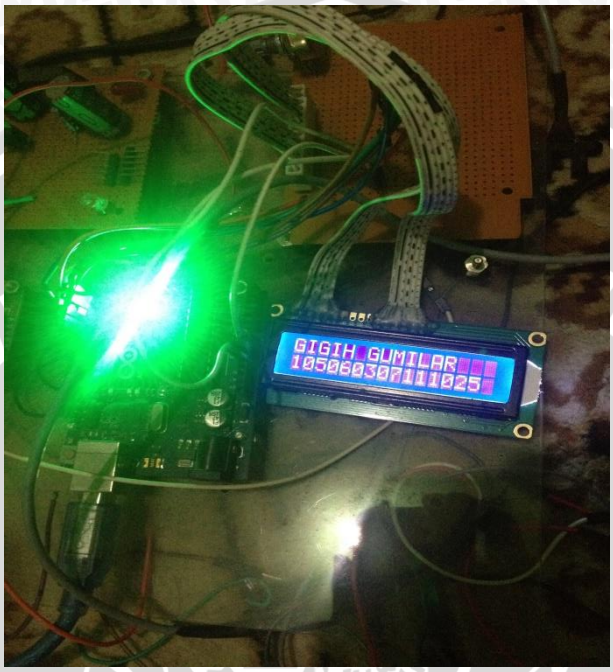
5.3.2 Proses Pengujian

1. Membuat program dengan menggunakan software Arduino Uno untuk menampilkan data karakter nama.

2. Menghubungkan pin LCD dengan mikrokontroler.
3. Meng-upload program ke dalam Arduino Uno.

5.3.3 Hasil Pengujian

Hasil Pengujian LCD dapat dilihat pada Gambar 5.11



Gambar 5.11 Tampilan layar LCD

5.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Dalam pengujian keseluruhan sistem ini bertujuan untuk melihat respon sistem terhadap set point yang diberikan.dapat diaplikasikan pada alat dan sudah sesuai dengan yang diinginkan. Pada pengujian ini semua blok rangkaian dihubungkan. Kemudian memasukkan nilai parameter *dead band* yang telah ditentukan, serta mengamati dan menganalisis hasil kinerja alat.

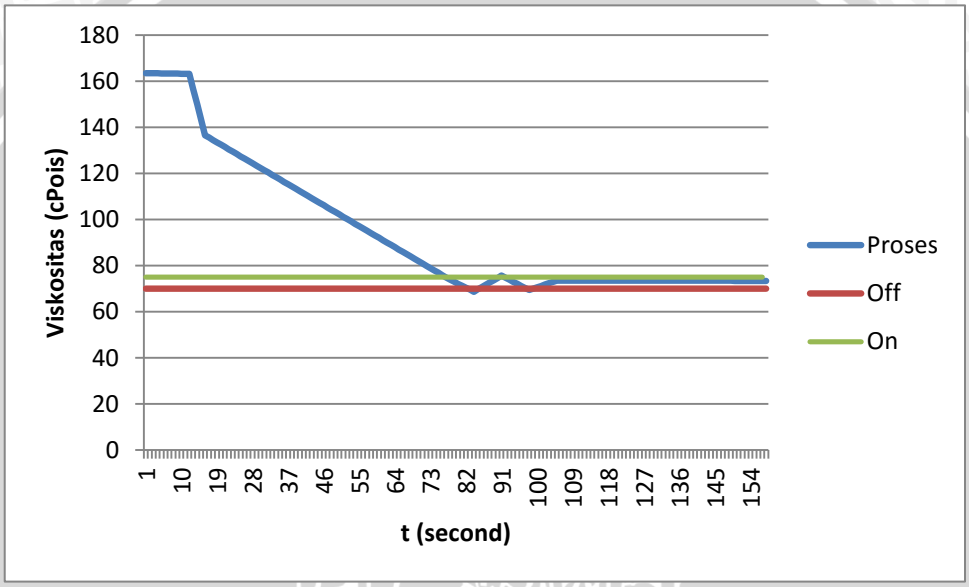
5.4.1 Peralatan yang Digunakan

1. Alat pengaduk
2. Arduino Uno
3. Driver Motor
4. Laptop
5. Program Arduino Uno

5.4.2 Langkah Pengujian

1. Merangkai komponen sistem.
2. Menentukan parameter *dead band* u_1 dan u_2
3. Pengambilan data dilakukan secara sampling tiap 1 s terhadap tegangan yang dihasilkan sensor.
4. Pengambilan data awal dilakukan pada saat tegangan sensor bernilai 0.
5. Data dilihat dan dicatat.

5.4.3 Hasil Pengujian Tanpa Gangguan



Gambar 5.12 Hasil Pengujian Sistem Tanpa Gangguan

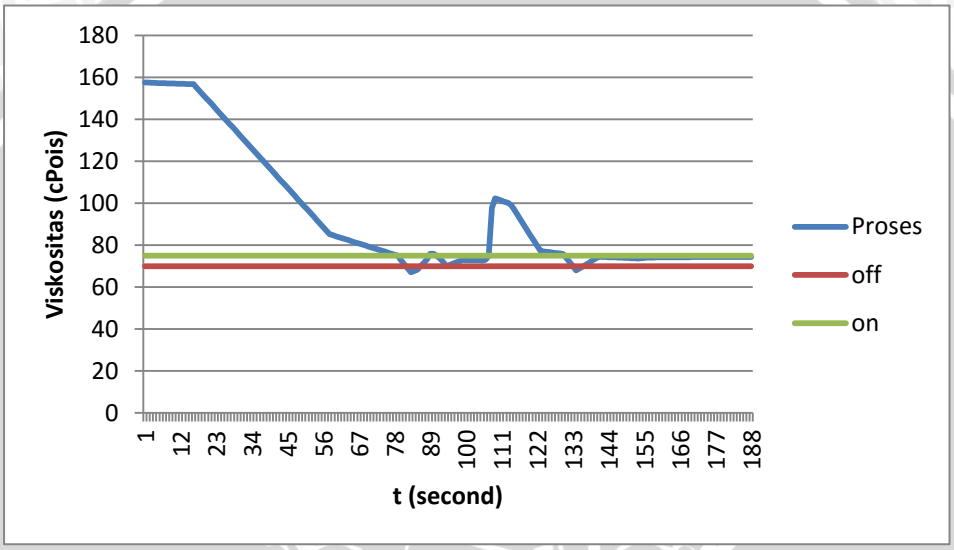
Dari hasil pengujian pada Gambar 5.12 Grafik respon sistem keseluruhan, diperoleh kinerja sistem antara lain:

1. t_s (*settling time*) yaitu waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai nilai akhir ketika *steady* t, berdasarkan pengujian adalah 107 detik.
2. Viskositas terendah dari hasil pengujian adalah 69,396 cPois.
3. Respon mencapai *steady* pada kekentalan 73,527 cPois.
4. Respon dapat mempertahankan kekentalan pada rentang 73,395-73,539 cPois.

\

4.4.5 Hasil Pengujian dengan Gangguan

Pengujian gangguan pada sistem keseluruhan ini dilakukan untuk mengetahui nilai recovery time dan kondisi respon sistem dari perangkat keras *(hardware*) dan perangkat lunak (s*oftware*) dengan menggunakan kontroler *on-off*.gangguan yang diberikan dalam penelitian ini ada,ah dengan cara menambahkan bahan berupa kotoran sapi pada saat pengadukan yang akan menyebabkan kekntalan cairan bertambah. Setelah diberi gangguan, didapatkan *recovery time* sebesar 36 detik. Dapat dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Hasil Pengujian Sistem Dengan Gangguan

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Hasil uji alat digester menunjukkan bahwa secara teknis perlatan ini dapat berjalan dengan baik. Prospek pemanfaatannya terutama ditujukan pada masyarakat di daerah pedesaan.

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan perancangan dan pembuatan sstem pengendalian kekentalan pada alat pengaduk digester menggunakan kontroler *on-off* dapat diimplementasikan dengan baik. Setelah dilakukan pengujian diperoleh kinerja sistem antara lain:

1. Dari perancangan alat dengan sistem pengaturan kekekntalan pada pengaduk biodigester didapatkan hasil sebagai berikut :
   - Ts (*time settling*) yaitu waktu yang diperlukan system untuk mencapai akhir ketika steady state berdasarkan pengujian adalah 107 detik
   - Viskositas terendah dari hasil pengujian adalah 69,396 cPois.
   - Respon mencapai *steady* pada kekentalan 73,527 cPois.
   - Respon dapat mempertahankan kekentalan pada rentang 73,395-73,539 cPois.
   - *Recovery time* pada alat pengaduk ini saat diberi gangguan yaitu 36 detik.
2. Pembuatan alat menggunakan *software* Arduino dan *hardware* pengaduk biodigester bisa berjalan dengan baik.

6.2 Saran

Perancangan dan pembuatan alat ini masih memiliki kekurangan. Kedepannya pada alat ini diharapkan diletakkan suatu *valve* otomatis sehingga nantinya proses bisa berjalan secara terus menerus.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR PUSTAKA

[1] http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega

[2] Hananto, Faris Samsu.Tanpa Tahun. *Rancang Bangun Sensor Viskositas Cairan Menggunakan Strain Gauge Dengan Prinsip Silinder Konsentris*. Teknik Fisika.

[3] Ogata, Katsuhiko. 1997. Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan). Jakarta: Erlangga.

[4] Wahyuni, Sri. 2011. *Biogas, Sumeber Biogas, Jenis Digester dan Cara Membuat Instalasi Biogas, Cara Mengoprasikan untuk Rumah Tangga dan Listrik*. Penebar Swadaya: Jakarta.

[5] Webster, John G. 1999, *The Measurement, Instrumentation and Sensor Handbook,* CRC Press.

[6] Wilson, John, 2005. *Sensor Technology*. Elsevier Inc. UK.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA