

**ANALISIS SISTEM KONTROL LEVEL MATERIAL PADA REHEATER
DI PT SWEET INDOLAMPUNG BERBASIS SENSOR ISOLV DB10
MENGUNAKAN METODE ZIEGLER-NICHOLS**

(Skripsi)

Oleh :

FAJAR AGUSTIAN



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

**ANALISIS SISTEM KONTROL LEVEL MATERIAL PADA REHEATER
DI PT SWEET INDOLAMPUNG BERBASIS SENSOR ISOLV DB10
MENGUNAKAN METODE ZIEGLER-NICHOLS**

Oleh

FAJAR AGUSTIAN

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **ANALISIS SISTEM KONTROL LEVEL MATERIAL PADA REHEATER DI PT SWEET INDOLAMPUNG BERBASIS SENSOR ISOLV DB10 MENGGUNAKAN METODE ZIEGLER-NICHOLS**

Nama Mahasiswa : **Fajar Agustian**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1515031100

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

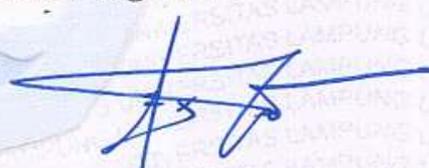
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Pendamping

Pembimbing Utama

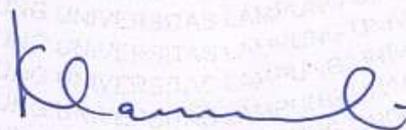


Ir. Noer Soedjarwanto, M.T.
NIP 19631114 199903 1 001



Dr. Eng. FX. Arinto S, S.T., M.T.
NIP 19691219 199903 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Khairuddin, S.T., M.Sc.
NIP 19700719 200012 1 001

Disahkan Tanggal : 09 Januari 2020

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Dr. Eng. FX. Arinto S, S.T., M.T.**



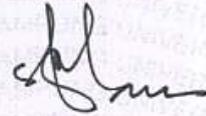
Sekretaris

: **Ir. Noer Soedjarwanto, M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Saiful Alam, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **23 Desember 2019**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fajar Agustian

NPM : 1515031100

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini dibuat oleh saya sendiri. Apabila terdapatnya karya orang lain dalam skripsi ini telah saya cantumkan sumbernya pada bagian daftar pustaka.

Apabila saya tidak benar maka saya telah bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 06 Januari 2020



Fajar Agustian

NPM. 1515031100

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Astra Ksetra, Tulang Bawang pada tanggal 30 Agustus 1995. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang merupakan pasangan Bapak Hasan dan Ibu Sarinah.

Berdasarkan riwayat pendidikan, penulis lulus Sekolah Dasar di SD 02 Yapindo Tulang Bawang pada tahun 2007, lulus Sekolah Menengah Pertama di SMP Yapindo Tulang Bawang pada tahun 2010, lulus Sekolah Menengah Kejuruan di SMK 2 MEI Bandar Lampung pada tahun 2013, dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2015 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

PERSEMBAHAN

Bissmillahirohmaanirrohiim

Dengan Mengharapkan Ridho Alloh SWT dan Syafa'at

Nabi Muhammad SAW

Kupersembahkan Karyaku Ini Untuk Kedua Orang Tuaku tercinta

Yang selalu memberikan Do'a dan Dukungan.

MOTO

“Barang siapa yang bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhan tersebut untuk kebaikan dirinya sendiri”.

(Qs. Al-Ankabut: 6)

“Waktu bagaikan pedang. Jika engkau tidak memanfaatkannya dengan baik (untuk memotong), maka ia akan memanfaatkanmu (dipotong)”.

(HR. Muslim)

ABSTRACT**ANALYSIS OF MATERIAL LEVEL CONTROL SYSTEMS IN
THE REHEATER IN Pt SWEET INDOLAMPUNG BASED
ON SENSOR ISOLV dB10 USING THE ZIEGLER -NICHOLS
METHOD**

By

FAJAR AGUSTIAN

The industrial world in the modern era like today cannot be separated from the role of a control system that works automatically, one of them is PID control. The use of this control uses an *Isolv dB10* sensor, this sensor serves to read or detect the height level measured in a tank. The use of 3 phase motor which aims to open the valve as the material output. Then Variable Frequency Drive (VFD) is used to adjust the motor speed. By changing the values of a predetermined frequency, it will automatically change the speed of the motor according to the input value of the frequency parameter. But in the control system it uses Proportional Integral (PI) control which has many shortcomings, on the which is when the system starts to run, there are disturbances such as the systems's lack of stability. PI control analysis result have a wave of isolation and there is an overshoot value of 18%. Using PID control and paramter values that have been determined by generating waves with reduced overshoot values and stable result to achieve steady state error. Ziegler-Nichols method to determined the value of time delay and time constant for each different type of control. PI control produces a T value of 0.069 and L of 0.229. While the PID control type produces a T value of 0.321 and L of 0.011. The result of the analysis show that a better control system is used namely PID control, because it has a more stable response, by adding derivative values to correct the value of errors in the system.

Keywords: *Isolv dB10 Sensor, Variable Frequency Drive, Controller UT550.*

ABSTRAK

ANALISIS SISTEM KONTROL LEVEL MATERIAL PADA REHEATER DI PT. SWEET INDOLAMPUNG BERBASIS SENSOR ISOLV DB10 MENGUNAKAN METODE ZIEGLER-NICHOLS

Oleh

FAJAR AGUSTIAN

Dunia industri pada era modern seperti saat ini tidak lepas dari suatu peranan sistem kontrol yang bekerja secara otomatis, salah satunya yaitu kontrol PID. Sistem kontrol PID dapat diaplikasikan pada sistem kontrol level. Penggunaan kontrol ini menggunakan sebuah sensor *Isolv dB10*, sensor ini berfungsi untuk membaca atau mendeteksi tingkat ketinggian yang terukur pada sebuah tanki. Penggunaan motor AC 3 fasa yang bertujuan untuk membuka katup sebagai output material tersebut. Maka, *Variable Frequency Drive* (VFD) digunakan untuk mengatur kecepatan motor. Dengan mengubah-ubah nilai frekuensi yang telah ditentukan, maka akan secara otomatis kecepatan motor tersebut berubah sesuai dengan nilai input parameter frekuensi. Tetapi dalam sistem kontrol tersebut menggunakan kontrol Proporsional Integral (PI) yang memiliki banyak kekurangan, salah satunya yaitu ketika sistem tersebut mulai dijalankan, terdapat beberapa gangguan seperti kurang stabilnya sistem tersebut. Hasil analisa kontrol PI memiliki gelombang osilasi serta terdapatnya nilai *overshoot* sebesar 18%. Menggunakan kontrol PID dan nilai parameter yang telah ditentukan dengan menghasilkan gelombang dengan berkurangnya nilai *overshoot* serta hasil yang stabil hingga mencapai *error steady state*. Metode *Ziegler-Nichols* untuk mengetahui nilai waktu tunda dan waktu konstan pada masing-masing tipe kontrol yang berbeda. Kontrol PI menghasilkan nilai T sebesar 0,069 dan L sebesar 0,229. Sedangkan tipe kontrol PID menghasilkan nilai T sebesar 0,321 dan L sebesar 0,011. Hasil analisa didapatkan bahwa sistem kontrol yang lebih baik digunakan yakni kontrol PID, karena memiliki respon yang lebih stabil, dengan penambahan nilai derivatif untuk mengkoreksi nilai kesalahan pada sistem.

Kata Kunci: Sensor *Isolv dB10*, *Variable Frequency Drive*, Kontroler UT550.

SANWACANA

Puja dan puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat melaksanakan serta menyelesaikan laporan Tugas Akhir. Penulisan skripsi ini merupakan untuk mencapainya gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro di Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penyusunan skripsi ini, saya banyak mendapatkan segala bentuk dukungan serta bantuan sehingga saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bpk. Prof. Dr. Karomani, M.Si., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bpk. Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bpk. Dr. Khairuddin, S.T., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Bpk. Dr. Eng. F. X. Arinto Setyawan, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing saya dalam melaksanakan Skripsi ini, memberikan arahan serta pandangan ke depan yang lebih baik.
5. Bpk. Ir. Noer Soedjarwanto, M.T., selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan saran, bimbingan serta arahan dengan baik.

6. Bpk. Saiful Alam, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran serta arahan dalam skripsi dengan baik.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung yang telah memberikan pengajaran selama perkuliahan.
8. Staff administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Saudara serta keluarga besar yang telah mendoakan dan memberikan banyak dukungan kepada saya.
10. Bpk. Hi. Heru Sapto, Bpk. Kumala Parlindungan, Bpk. Siemon, Ibu Kartika Kusumawati, serta seluruh karyawan *Electric and Instrument* yang telah memberikan data untuk skripsi saya serta membantu dalam pengambilan data di PT. SIL.
11. Eka Rohmiati, M.Pd., yang telah memberikan dukungan serta membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.
12. Misbach Yusanirardi, Hendry Kusuma Wijaya, M. Kevin El Hadda, Irham Riza Maulana, Muhammad Bayu Ramadhyandan Rizkima Akbar Setiawan, yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan Skripsi ini.
13. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2015 yang telah membantu selam perkuliahan serta menyelesaikan skripsi ini.

Semoga segala bantuan, dorongan serta bimbingan yang telah diberikan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini, memberikan kebaikan untuk semua pihak serta memberikan manfaat yang baik bagi yang membaca Skripsi ini.

Bandar Lampung, 09 Januari 2020

Penulis,

Fajar Agustian

NPM.1515031100

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
RIWAYAT HIDUP.....	vi
PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	ix
SANWACANA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
 I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Hipotesis.....	6
1.7 Sistematika Laporan.....	6

II. TIJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sistem Kontrol	7
2.1.1 Sistem Kontrol Loop Terbuka (<i>Open Loop</i>)	8
2.1.2 Sistem Kontrol Loop Tertutup (<i>Close Loop</i>)	8
2.2 Kontroler	9
2.2.1 Kontrol Proporsional	11
2.2.2 Kontrol Integral	11
2.2.3 Kontrol Derivatif	12
2.2.4 Kontroler UT550	13
2.3 Sensor	14
2.3.1 Klasifikasi Sensor	15
2.3.2 Sensor Isolv DB10	16
2.4 Variable Frequency Drive (Inverter)	20
2.5 Motor Induksi 3 Fasa	22

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian	26
3.2 Lokasi Penelitian	26
3.3 Alat dan Bahan	27
3.4 Metode Penelitian	27
3.5 Diagram Alir Penelitian	29
3.6 Tahap Perhitungan	29
3.6.1 Metode Ziegler-Nichols	29
3.6.2 Kecepatan Putaran Motor	30
3.7 Diagram Alir Sensor Level	31

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengambilan Data	32
4.1.1. Pengambilan Data Sensor	33
4.1.2. Pengambilan Data Kontroler	35
4.2 Hasil Simulasi Gelombang	37
4.2.1 Hasil Simulasi Gelombang PI	38

4.2.2 Hasil Simulasi Gelombang PID	39
4.2.3 Hasil Konversi Gelombang PI dan PID	40
4.3 Pembahasan	41
4.4 Perhitungan Metode Ziegler-Nichols	42
4.4.1 Hasil perhitungan Kontrol PI	42
4.4.2 Hasil Perhitungan Kontrol PID	43
4.5 Data Hasil Simulink.....	45
4.5.1 Hasil Simulink Kontrol PI dan PID Berdasarkan Waktu Matlab	45
4.5.2 Hasil Simulink Kontrol PI dan PID Berdasarkan Waktu Nyata	47
4.5.3 Hasil Perhitungan Waktu Nyata Pada Simulink	49
4.6 Data Hasil Variable Frequency Drive.....	49
4.7 Perhitungan Kecepatan Motor	51
4.8 Hasil Gambar Piping Instruments Diagram.....	52
4.9 Hasil Gambar Wiring Diagram.....	53

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan.....	54
5.2 Saran	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Blok Diagram Sistem Kontrol.....	7
Gambar 2.2 Blok Diagram Kontrol Loop Terbuka (<i>Open Loop</i>)	8
Gambar 2.3 Blok Diagram Kontrol Loop Tertutup (<i>Close Loop</i>)	9
Gambar 2.4 Blok Diagram PID.....	10
Gambar 2.5 Kontroler UT550-00.....	13
Gambar 2.6 Sensor Isolv dB10	17
Gambar 2.7 Indikator Isolv dB10	18
Gambar 2.8 Gelombang Ultrasonik	20
Gambar 2.9 Inverter ABB ACS800	21
Gambar 2.10 Motor Induksi 3 Fasa.....	22
Gambar 2.11 Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa	23
Gambar 2.12 Konstruksi Rotor Motor Induksi	24
Gambar 2.13 Konstruksi Stator Motor Induksi	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.2 Diagram Alir Sensor Level	31
Gambar 4.1 Ilustrasi level Material Tanki Vertikal	32
Gambar 4.2 Ilustrasi level Material Berdasarkan Parameter Display	33

Gambar 4.3 Data Hasil Analisis Parameter Sensor.....	34
Gambar 4.4 Data Hasil Nilai Parameter Kontroler	36
Gambar 4.5 Hasil Simulasi Gelombang PI	38
Gambar 4.6 Hasil Simulasi Gelombang PID	39
Gambar 4.7 Hasil Konversi Gelombang PI dan PID	40
Gambar 4.8 Hasil Penentuan Paramter T dan L Kontrol PI.....	42
Gambar 4.9 Hasil Penentuan Parameter T dan L Kontrol PID	43
Gambar 4.10 Hasil Blok Diagram Simulink Dalam Waktu Matlab	45
Gambar 4.11 Hasil Gelombang PI dan PID Dalam Waktu Matlab	46
Gambar 4.12 Hasil Blok Diagram Simulink Dalam Waktu Nyata	47
Gambar 4.13 Hasil Gelombang PI dan PID Dalam Waktu Nyata	48
Gambar 4.14 Hasil Nilai Input Frekuensi 12 Hz.....	50
Gambar 4.15 Hasil Nilai Input Frekuensi 13 Hz.....	50
Gambar 4.16 Hasil Nilai Input Frekuensi 14 Hz.....	50
Gambar 4.17 Hasil Gambar Piping Instruments Diagram	52

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tabel Parameter Sensor Level	19
Tabel 2.2 Tabel Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa yang Digunakan pada Sistem Kontrol Level	23
Tabel 3.1 Tabel Penalaan Metode Ziegler-Nichols.....	30
Tabel 4.1 Tabel Data Hasil Input Parameter Kontroler	36
Tabel 4.2 Tabel Data Hasil Output Parameter Kontroler.....	37
Tabel 4.3 Tabel Data Hasil Input PI	37
Tabel 4.4 Tabel Efek Pengontrolan Kendali	44
Tabel 4.5 Tabel Hasil Perhitungan Kecepatan Motor	51

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada masa kini semakin bertambah pesat, terutama dalam bidang industri modern maupun menengah yang telah menggunakan sistem kontrol untuk mengendalikan berbagai macam peralatan yang dapat dioperasikan secara otomatis. Seiring dengan kebutuhan masyarakat, terutama dalam bidang industri yang sangat membutuhkan suatu sistem yang mempermudah serta meningkatkan efektifitas dalam berbagai pekerjaan. Salah satunya yaitu pada sistem kontrol otomatis dengan berbasis kontroler, yang mampu mengontrol suatu sistem agar dapat bekerja secara otomatis sesuai dengan kebutuhan. Penggunaan sistem kontrol level material sangatlah penting dalam suatu industri, hal ini karena dapat bekerja secara otomatis. Sistem kontrol menggunakan salah satu kontroler yaitu kontroler UT550, akan tetapi kontroler ini tidak bekerja sendiri melainkan dengan berbantuan sensor level yaitu ensor *Isolv dB10*. Penggunaan sensor level bertujuan untuk membaca atau mendeteksi tingkat ketinggian suatu material yang terdapat didalam tanki. Selain penggunaan sensor dan kontroler tersebut, sistem ini menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) yang merupakan sebuah inverter, berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran motor induksi.

Penggunaan motor induksi tersebut dapat dikatakan sebagai output pada sistem kontrol ini, motor induksi berfungsi sebagai memompa material yang terdapat didalam tanki *reheater*, dengan kecepatan yang diatur oleh *variable frequency drive* (VFD) maka kecepatan motor induksi akan berubah-ubah sesuai dengan aksi kontrol yang dikirim oleh kontroler. Proses sistem kontrol yang terdapat pada *reheater* ini bertujuan agar material yang terdapat didalam tanki sesuai dengan nilai setpoint yang telah ditentukan. Pengaturan level material dilakukan untuk menjaga *reheater* tetap dalam kondisi terisi. Hal itu yang bertujuan, agar material yang terkandung tetap dalam proses penyaringan antara gula dan molases. Oleh karena itu level material harus tetap terjaga atau tidak dalam keadaan kondisi kosong.

Salah satu metode gagasan penelitian mengenai metode Ziegler-Nichols telah digunakan pada alat penentu parameter PID yang diterapkan pada sistem pemanas air, dengan penambahan sensor LM35 yang merupakan sensor suhu. Penelitian tersebut untuk mengetahui tanggapan dari suatu sistem terhadap perubahan step sampai mencapai kondisi volume air stabil (Agung H, Muhammad R, Haris P, 2010). Sedangkan penelitian sebelumnya sistem kendali PID sebagai pendeteksi air pada boiler yang bertujuan mengetahui respon sistem pengendalian air yang terdapat pada boiler agar air dalam kondisi tetap stabil (Kurniawan W, 2009). Penelitian terkait lainnya yakni penggunaan kontrol PID untuk motor DC, dengan menggunakan nilai parameter penentu yang berfungsi menghasilkan kesatbilan putaran motor dengan mengetahui hasil tuning pada matlab (Hidayat S, Tegar R, 2014).

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai berdasarkan rumusan masalah ini adalah sebagai berikut:

1. Mensimulasikan sistem kontrol ke dalam Matlab untuk mengetahui gelombang yang dihasilkan.
2. Menganalisa dan membandingkan data hasil sistem kontrol menggunakan metode *Ziegler-Nichols*.
3. Merancang *piping and instruments diagram dan wirring diagram* pada sistem kontrol level.
4. Menghitung perumusan percepatan motor induksi yang digunakan.

1.3 Manfaat Penelitian

Penggunaan sistem kontrol level material gula secara otomatis berbasis kontroler UT550 dalam tugas akhir ini memiliki beberapa manfaat dalam penelitian, yaitu :

1. Mempermudah dalam mengetahui tingkat ketinggian material yang terdapat pada tanki *vertical reheater*.
2. Pengaturan kecepatan putaran motor secara otomatis dengan menggunakan *variable frequency drive (VFD)* yang berfungsi untuk memompa material yang terdapat didalam tanki *reheater*.
3. Mengetahui hasil perbandingan sistem kontrol PI dan PID.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diperoleh rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mensimulasikan sistem kontrol level material pada kontrol level *reheater*.
2. Bagaimana sensor dapat mendeteksi atau membaca level yang terdapat pada sebuah tanki *reheater*.
3. Bagaimana mempercepat putaran motor untuk proses sistem kontrol level.
4. Bagaimana mengatasi eror sistem pada sistem kontrol level.
5. Bagaimana memprogram kontroler agar dapat mengontrol sistem.

1.5 Batasan Masalah

Supaya penyelesaian masalah yang telah dilaksanakan tidak menyimpang dari ruang lingkup yang ditentukan, maka dilakukannya pembatasan masalah.

Adapun batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sensor yang digunakan adalah sensor Isolv dB10, yang merupakan sensor ultrasonik.
2. Tipe kontrol yang digunakan yaitu *Direct Control*.
3. Kecepatan putaran motor dalam sistem kontrol sangat diperhitungkan, tidak membahas detail dalam *variable frequency drive* (VFD).
4. Hanya membandingkan dan mensimulasikan data sistem kontrol PI ke kontrol PID.

1.6 Hipotesis

Penelitian ini menggunakan software Matlab 2009 yang berfungsi untuk mengetahui nilai waktu tunda (L) dan waktu konstan (T). Penggunaan metode *Ziegler – Nichols* untuk mengetahui hasil yang diperoleh sesuai dengan teori yang ada. Penggunaan parameter sebelumnya yakni dengan menggunakan kontrol PI, hal ini yang menjadi masalah dalam respon awal sistem tersebut. Oleh karena itu penambahan nilai derivatif pada kontroler tersebut untuk menghasilkan respon awal yang baik.

1.7 Sistematika laporan

Adapun laporan tugas akhir ini memiliki beberapa bab yang mengurai secara terperinci adalah sebagai berikut :

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesa, dan sistematika laporan

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang landasan teori yang bertujuan untuk menunjang penyusunan laporan tugas akhir.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, tahap pengerjaan penelitian, diagram alur penelitian.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang data hasil yang diperoleh dari penelitian, analisis dan pembahasan dari data hasil penelitian.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

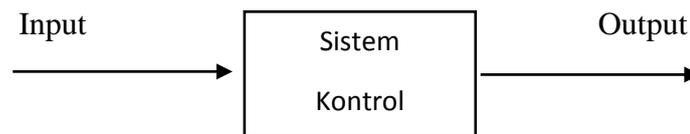
Bab ini berisi tentang kesimpulan yang telah diperoleh dari hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian dan saran yang diberikan untuk laporan tugas akhir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sistem Kontrol

Sistem kendali atau sistem kontrol merupakan suatu cara atau metode yang dipelajari dari kebiasaan-kebiasaan manusia dalam bekerja, dimana manusia membutuhkan suatu pengamatan kualitas dari apa yang telah mereka kerjakan sehingga memiliki karakteristik sesuai dengan yang diharapkan. (Dr. Aris Triwiyatno, S.T., M.T.)

Sistem memiliki tujuan atau sasaran tertentu yaitu untuk mengatur output dalam kondisi atau keadaan yang sudah ditetapkan oleh input melalui elemen sistem kontrol.

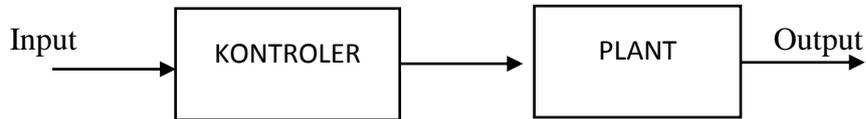


Gambar 2.1 Diagram umum sistem kontrol

Gambar 2.1 menunjukkan suatu diagram umum sistem kontrol yang memiliki input dan output, dengan adanya sasaran tertentu maka hasil output tergantung pada proses yang telah dilakukan dalam sistem kontrol tersebut.

2.1.1 Sistem Kontrol Loop Terbuka (*Open Loop*)

Sistem kontrol memiliki karakteristik yaitu dimana nilai output yang dihasilkan tidak berpengaruh terhadap aksi kontrol yang disebut sebagai sistem kontrol loop terbuka (*Open Loop*). Secara umum sistem kontrol loop terbuka dapat digambarkan sebagai berikut

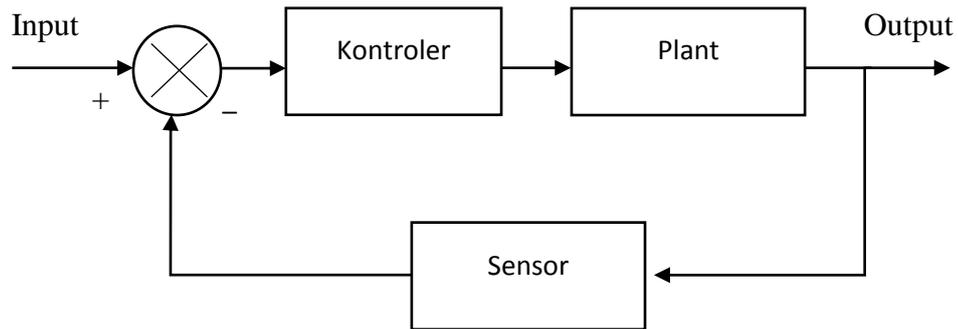


Gambar 2.2 Sistem Kontrol Loop Terbuka (*Open Loop*)

Gambar 2.2 menunjukkan gambar diagram sistem kontrol loop terbuka (*Open Loop*). Sistem kontrol loop terbuka lebih sederhana, akan tetapi memiliki kekurangan yaitu lebih memiliki tingkat kesalahan yang lebih besar apabila diberikan gangguan dari luar.

2.1.2 Sistem Kontrol Loop Tertutup (*Close Loop*)

Sistem kontrol loop tertutup (*Close Loop*) identik dengan sistem kontrol yang memiliki umpan balik (*feedback*), atau dapat dikatakan dimana nilai output akan mempengaruhi pada aksi kontrolnya. Secara umum sistem kontrol loop tertutup dapat digambarkan sebagai berikut



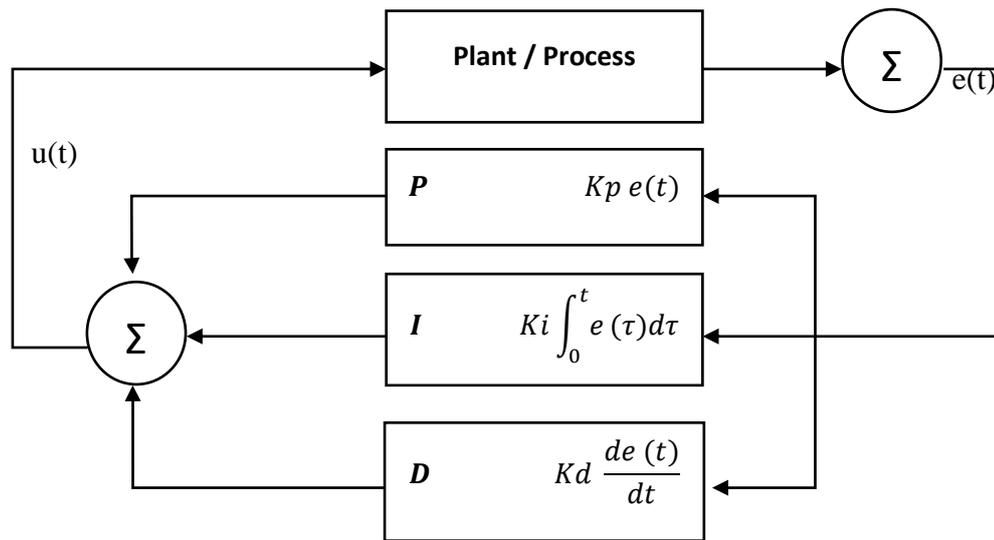
Gambar 2.3 Sistem Kontrol Loop Tertutup (*Close Loop*)

Gambar 2.3 menunjukkan diagram sistem kontrol loop tertutup (*Close Loop*). Maka dapat dibandingkan dengan sistem kontrol loop terbuka, pada sistem loop tertutup lebih rumit. Akan tetapi tingkat kesetabilan pada sistem loop tertutup lebih relatif konstan serta nilai kesalahan lebih kecil dibandingkan sistem kontrol loop terbuka. (Katsuhiko, Ogata. 2010).

2.2 Kontroler

Kontroler merupakan salah satu komponen sistem pengaturan yang berfungsi untuk mengolah sinyal umpan balik (*feedback*) dan sinyal masukan acuan (*setpoint*) atau sinyal *error* menjadi sinyal kontrol. Sinyal *error* merupakan selisih antara sinyal umpan balik yang dapat berupa sinyal keluaran *plant* sebenarnya atau masukan acuan (*setpoint*). Pengontrol PID akan memberikan aksi kepada *control valve* berdasarkan besar *error* yang diperoleh. Kontrol *valve* akan menjadi aktuator yang mengatur aliran fluida dalam proses industri yang diinginkan disebut dengan *set point* (Putraekapermana, 2013).

PID blok diagram dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.4 Blok Diagram PID

Adapun persamaan pengontrolan PID adalah:

$$mv(t) = Kp \left[e(t) + \frac{1}{Ki} \int_0^t e(\tau) dt + Kd \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (2.1)$$

Dimana:

$mv(t)$ = Output dari pengontrol PID atau *manipulated variable*

Kp = Konstanta proporsional

Ki = Konstanta integral

Kd = Konstanta derivatif

$E(t)$ = *error* (selisih antara set point dengan level aktual)

2.2.1 Kontrol Proporsional (P)

Kontrol proporsional memberi pengaruh langsung (sebanding) pada *error*. Semakin besar *error*, maka akan semakin besar pula sinyal kendali yang dihasilkan kontroler. Ciri-ciri pengontrol proporsional adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai K_p kecil, pengontrol proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat (menambah *rise time*).
2. Jika nilai K_p dinaikkan, respon atau tegangan sistem akan semakin cepat mencapai keadaan normalnya (mengurangi *rise time*).
3. Apabila nilai K_p diperbesar sehingga mencapai harga yang berlebihan, maka akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil atau respon sistem akan berosilasi.
4. Nilai K_p dapat diatur sedemikian sehingga mengurangi *steady state*, tetapi tidak menghilangkannya.

2.2.2 Kontrol Integratif (I)

Kontrol integral berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol ($\text{error steady state} = 0$). Apabila sebuah pengontrol tidak memiliki unsur integrator, pengontrol proporsional tidak mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol. Ciri-ciri pengontrol integral:

1. Keluaran pengontrol integral membutuhkan selang waktu tertentu, sehingga pengontrol integral cenderung memperlambat respon.

2. Ketika sinyal kesalahan berharga nol, keluaran pengontrol akan bertahan pada nilai sebelumnya.
3. Jika sinyal kesalahan tidak berharga nol, keluaran akan menunjukkan kenaikan atau penurunan yang dipengaruhi oleh besarnya sinyal kesalahan dan nilai K_i .
4. Konstanta integral (K_i) yang berharga besar akan mempercepat hilangnya offset. Tetapi semakin besar nilai konstanta integral akan mengakibatkan peningkatan osilasi dari sinyal keluaran pengontrol.

2.2.3 Kontrol Derivatif (D)

Output pengontrolan diferensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi derivatif. Perubahan yang mendadak pada masukan pengontrol akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Ketika masukannya tidak mengalami perubahan, keluaran pengontrol juga tidak mengalami perubahan, sedangkan apabila sinyal masukan berubah mendadak dan mengalami kenaikan, maka keluaran akan menghasilkan sinyal berbentuk implus. Ciri-ciri dari pengontrol derivatif adalah sebagai berikut:

1. Pengontrol tidak dapat menghasilkan keluaran jika tidak ada perubahan pada masukannya (berupa perubahan sinyal kesalahan).
2. Apabila sinyal kesalahan berubah terhadap waktu, maka keluaran yang dihasilkan pengontrol tergantung pada nilai K_d dan laju perubahan sinyal kesalahan.
3. Pengontrol differensial mempunyai suatu karakter untuk mendahului, sehingga pengontrol ini dapat menghasilkan koreksi yang signifikan

sebelum pembangkit kesalahan menjadi sangat besar. Jadi, dapat mengantisipasi pembangkit kesalahan, memberikan aksi yang bersifat cenderung meningkatkan stabilitas sistem. Meningkatkan nilai K_d , maka dapat meningkatkan stabilitas sistem dan mengurangi *overshoot*.

2.2.4 Kontroler UT550-00

Sistem pengoperasian level material pada *reheater* membutuhkan suatu komponen kontroler yang berfungsi sebagai program pengatur sinyal yang akan digunakan sesuai kebutuhan. Berdasarkan Gambar 2.5 menunjukkan kontroler yang digunakan pada sistem pengoperasian ini. Input pada kontroler ini berupa sinyal analog dari sensor (4 -20 mA).



Gambar 2.5 Kontroler UT550-00

Input yang diterima pada kontroler UT550 yaitu output dari indikator *level wizard isolv dB10* sinyal analog yang memiliki output sebesar 4-20 mA. Tipe kontrol *direct* digunakan dalam kontroler UT550. *Direct action* yaitu ketika nilai eror pada setpoint semakin bertambah, maka nilai output yang

dihasilkan akan semakin bertambah pula. (Yokogawa *Electric Corporation*. 2006).

Berdasarkan gambar 2.5 dapat dijelaskan untuk mengatur PID pada kontroler UT550-00:

1. Menampilkan tampilan pengoperasian (menghidupkan kontroler UT550).
2. Menekan tombol “*enter*” selama lebih dari tiga detik untuk menampilkan mode menu utama.
3. Menekan tombol “*up*” yang berfungsi untuk menampilkan menu “LP1”.
4. Menekan tombol “*enter*” yang berfungsi untuk menampilkan mode menu “PAR”.
5. Selanjutnya menekan tombol “*up*” untuk menampilkan mode menu “1.PID”.
6. Menekan tombol “*up*” atau “*down*” yang berfungsi untuk menampilkan parameter PB, Ti dan *direct control*.
7. Menekan tombol “*enter*” yang merupakan fungsi dari mendaftarkan setpoint yang telah diperlukan.

2.3 Sensor

Suatu alat elektronika yang berfungsi untuk mengubah suatu energi menjadi energi lain disebut sensor. Sensor dibuat dengan ukuran sangat kecil dengan orde nanometer, sehingga memudahkan pemakaian dan menghebat energi. Sensor merupakan komponen utama dari suatu transduser, sedangkan

transduser merupakan sistem yang melengkapi sensor tersebut mempunyai keluaran sesuai yang kita inginkan dan dapat langsung terbaca keluarannya.

Sensor menurut para ahli yaitu

- Sensor adalah alat untuk mendeteksi / mengukur sesuatu yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Dalam lingkungan sistem pengendalian dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya (Petruzella, 2001).
- D Sharon, dkk (1982), mengatakan sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya.

2.3.1 Klasifikasi Sensor

Secara umum berdasarkan fungsi dan penggunaannya sensor dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu :

1. Sensor Mekanik

Sensor ini mendeteksi adanya perubahan gerak mekanis, seperti perpindahan posisi, gerak lurus atau melingkar, tekanan dan aliran.

Contoh : Load Cell, Proximity, Potensiometer, Strain Gage dan lainnya

2. Sensor Suhu

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan temperatur (suhu) pada dimensi ruang dan dimensi benda tertentu.

Contoh : Termistor, Bimetal, RTD, Termokopel, Photo Dioda, Hygrometer, Photo Transistor dan lainnya

3. Sensor Optik

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya atau bias cahaya benda atau ruang.

Contoh : Photo Cell, Photo Diode, Pyrometer Optic dan lainnya.

Sesuai dengan fungsi sensor sebagai pendeteksi sinyal dan menginformasikan sinyal ke sistem berikutnya, maka peranan dan fungsi sensor tersebut akan dilanjutkan oleh transduser, karena keterkaitan antara sensor dan transduser begitu erat maka pemilihan transduser yang tepat dan sesuai juga perlu diperhatikan.

2.3.2 Sensor ISOLV DB10

Sensor Isolv dB10 merupakan salah satu jenis sensor ultrasonik dengan *range* 0,4 meter sampai dengan 10 meter. Berdasarkan Gambar 2.6 merupakan sensor Isolv dB10 digunakan untuk mengukur suatu ketinggian material, dengan menggunakan gelombang ultrasonik yang dipancarkan oleh sensor ini maka dapat membaca tingkat ketinggian material yang terdapat dalam sebuah tangki.



Gambar 2.6 Sensor Isolv dB10

Berdasarkan prinsipnya, jenis sensor isolv dB10 ini diletakkan dibagian atas tanki yang berfungsi untuk memudahkan sensor membaca tingkat ketinggian material. Ketika sistem sedang beroperasi, sensor ini akan memancarkan gelombang ultrasonik ke bagian seluruh isi didalam tanki tersebut. Ketika *transmitter* yang terdapat pada sensor memancarkan gelombang ultasonik dengan nilai setpoint yang telah ditentukan, maka gelombang tersebut akan dipantulkan kembali ke *reciever* sensor untuk menerima hasil yang telah terukur dan mengirim secara langsung ke indikator untuk menampilkan hasil yang telah terukur dalam bentuk satuan meter.

Sensor isolv atau dapat dikatakan juga sebagai sensor ultrasonik membutuhkan sebuah indikator. Berdasarkan Gambar 2.7 merupakan Indikator *Isolv Level Wizard II*, yang berfungsi untuk menampilkan ketinggian level material yang terdapat pada *reheater* dengan satuan meter. *Isolv Level Wizard II* membutuhkan tegangan sebesar 220 volt dengan menghasilkan arus output sebesar 4-20 mA.



Gambar 2.7 Indikator Isolv Level Wizard II

Prinsip kerja dari indikator ini yaitu, ketika sensor isolv dB10 memancarkan gelombang ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian level material yang selanjutnya mengirimkan kembali sinyal tersebut ke sensor, maka dengan otomatis sensor tersebut akan mengirimkan sinyal ke indikator yang kemudian menampilkan tingkat level material tersebut ke bagian *display* yang terdapat pada indikator dengan satuan meter. Adanya indikator ini memudahkan operator untuk membaca tingkat level tersebut tanpa melihat secara langsung. Selanjutnya sensor akan melakukan tahapan mengatur ketinggian yang berfungsi agar mengetahui seberapa cepat membaca ketinggian yang diukur. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk mengatur ketinggian pada sensor *Isolv dB10* adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat yang akan digunakan seperti multi tester, power supply dan meteran (berfungsi untuk mengetahui jarak setiap meter).
2. Menyiapkan sensor Isolv dB10.

3. Menghubungkan sensor dengan indikator isolv.
4. Menghubungkan sensor ke power supply dan menghidupkannya.
5. Menyiapkan bahan yang memiliki bidang datar yang merupakan suatu objek yang akan dideteksi oleh sensor serta meletakkan benda tersebut sesuai dengan level jarak maksimal.
6. Mencatat hasil yang ditunjukkan pada indikator sensor.
7. Memindahkan objek yang diukur secara bertahap dalam satuan meter (mendekati sensor). Sampai mendekati jarak minimal yaitu 30 cm.

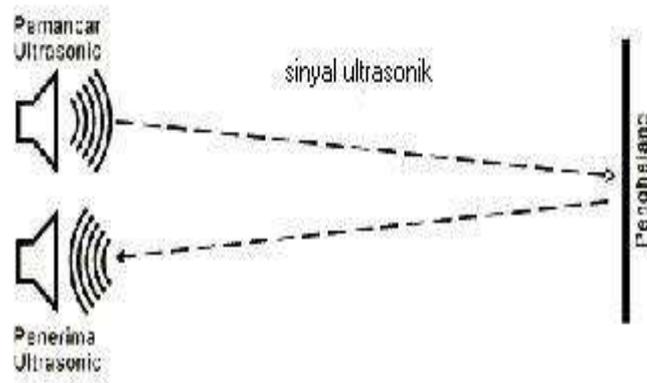
Indikator *isolv level wizard II* membutuhkan parameter yang digunakan untuk membaca atau mendeteksi ketinggian material yang terdapat pada *reheater*, maka parameter yang digunakan pada indikator *Isolv dB10* ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Sistem Operasi Parameter Isolv

Parameter Details		Entered Values
No	Deskripsi	Standar (<i>Default</i>)
P100	Mode	2 = Level
P101	Xducer	3 = dB10
P102	Material	1 = Liquid

Sensor *Isolv dB10* menggunakan gelombang ultrasonik untuk membaca level material yang terdapat didalam tanki. Sensor ultrasonik merupakan sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik. Cara kerja dari sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara

sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu.



Gambar 2.8 Gelombang Ultrasonik

Pada Gambar 2.8 dapat dilihat cara kerja dari sensor ultrasonik yaitu ketika transmitter yang terdapat pada sensor memancarkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target, maka akan gelombang ultrasonik akan dipantulkan kembali menuju ke receiver pada sensor. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut ke receiver. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor akan menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima.

2.4 Variable Frequency Drive (Inverter)

Secara umum *variable frequency drive* (VFD) merupakan peralatan yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor. Penggunaan *variable frequency drive* (VFD) dapat untuk mengaplikasikan motor AC maupun DC.

Akan tetapi istilah inverter sering digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor, jadi dengan memainkan perubahan frekuensi tegangan yang masuk pada motor, maka kecepatan motor akan berubah. Karena itu inverter disebut juga sebagai *variable frequency drive*. Berdasarkan prinsipnya, *variable frequency drive* (VFD) mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC atau yang disebut dengan *rectifier*, kemudian dijadikan kembali menjadi tegangan AC atau yang disebut dengan (*inverter*).



Gambar 2.9 Inverter ABB ACS800

Prinsip kerja *variable frequency drive* (VFD) secara sederhana yaitu:

1. Frekuensi tegangan yang masuk dari jala-jala sebesar 50 Hz yang selanjutnya dialirkan ke penyearah DC (*board rectifier*) serta ditampung ke bank kapasitor. Jadi dapat disimpulkan bahwa tegangan AC dijadikan menjadi tegangan DC.

2. Selanjutnya tegangan DC diumpankan ke *board inverter* yang akan merubahnya kembali menjadi tegangan AC dengan frekuensi sesuai kebutuhan.

2.5 Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi termasuk dalam kategori mesin listrik dinamis dan merupakan sebuah perangkat elektronikamagnetik yang merubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor induksi adalah jenis motor listrik AC yang bekerja berdasarkan induksi pada medan magnet yang berada di antara rotor dan stator. Motor induksi dapat dibedakan lagi menjadi dua macam, yakni motor induksi satu fasa dan juga motor induksi tiga fase. Sistem ini menggunakan motor sebagai memompa material yang terdapat didalam *reheater*. Motor tersebut dikoneksikan dengan inverter ABB ACS800, dengan program *variable frequency drive* (VFD) maka kecepatan motor akan ditentukan oleh inverter tersebut.



Gambar 2.10 Motor induksi 3 Fasa



Gambar 2.11 Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa

Berdasarkan Gambar 2.10 merupakan motor induksi 3 fasa yang digunakan sistem pengoperasian material pada *reheater*. Motor ini yang akan memompa material yang terdapat didalam *reheater*. Selanjutnya pada Gambar 2.11 merupakan *nameplate* atau dapat dikatakan spesifikasi motor yang digunakan. Maka untuk melihat spesifikasi motor tersebut dilihat berdasarkan sumber tegangan yang dibutuhkan.

Tabel 2.2 Spesifikasi Motor Induksi 3 fasa pada komponen level *reheater*.

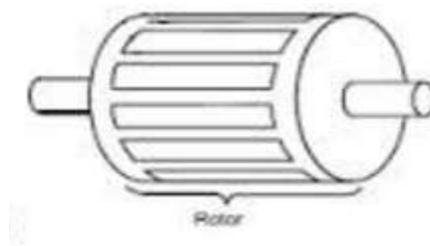
Tegangan (Volt)	Frekuensi (Hz)	Daya (kW)	Kecepatan Putaran (rpm)	Arus (A)	Power Factor (cos ϕ)
380	50	37	1500	68,8	0,88

Motor induksi memiliki dua komponen listrik utama sebagai berikut:

1. Rotor

Rotor dapat dikatakan sebagai bagian atau komponen pada motor listrik yang bergerak. Berdasarkan gambar 2.12 menunjukkan konstruksi rotor pada motor listrik. Motor induksi menggunakan dua jenis rotor, yaitu :

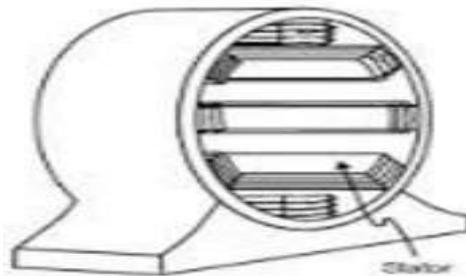
- Rotor kandang tupai, terdiri dari batang penghantar tebal yang dilekatkan dalam petak-petak *slots* paralel. Batang-batang tersebut diberi hubungan pendek pada kedua ujungnya dengan alat cincin hubungan pendek.
- Lingkaran rotor yang memiliki gulungan tiga fase, lapisan ganda dan terdistribusi. Dibuat melingkar sebanyak kutub stator. Tiga fase digulungi kawat pada bagian dalamnya dan ujung yang lainnya dihubungkan ke cincin kecil yang dipasang pada batang as dengan sikat yang menempel padanya.



Gambar 2.12 Konstruksi rotor motor induksi

2. Stator

Stator dibuat dari sejumlah *stampings* dengan *slots* untuk membawa gulungan tiga fase. Gulungan ini dilingkarkan untuk sejumlah kutub yang tertentu. Gulungan diberi spasi geometri sebesar 120 derajat. Berdasarkan gambar 2.13 menunjukkan konstruksi stator pada motor induksi.



Gambar 2.13 Konstruksi stator motor induksi

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Adapun objek penelitian sesuai dengan tujuan penelitian yang telah diuraikan, maka dalam penyusunan tugas akhir ini meliputi :

1. Sistem kontrol level material pada tanki *reheater*.
2. Penggunaan kontroler serta aksi kontrol yang digunakan.
3. Kinerja sensor serta aktuator dalam sistem kontrol level material tanki dan kecepatan putaran motor.

3.2 Lokasi Penelitian

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan berbagai penelitian yang akan dilaksanakan :

Waktu : Maret 2019 – Juli 2019

Tempat : PT. SWEET INDOLAMPUNG (SUGAR GROUP COMPANIES)

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Laptop ACER yang menggunakan windows 10 untuk diggunakan dalam penyusunan laporan.
2. Software MATLAB 2009 yang digunakan untuk membuat simulasi alat dan melakukan analisa hasil alat.
3. Data hasil sistem kontrol perusahaan yang akan dilakukan pengamatan dan perbandingan.

3.4 Metode Peneltian

Metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Observasi

Pengumpulan data dengan melakukan observasi dengan mengumpulkan materi yang berhubungan sesuai dengan pembahasan yang akan diambil pada tugas akhir yang diperoleh dari beberapa sumber seperti jurnal, buku atau *website*.

b. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan berkomunikasi secara langsung dengan pihak-pihak terkait maupun ahli dalam hubungannya dengan perancangan sistem yang berada didalam ruang lingkup perusahaan.

c. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan dengan menuliskan hasil penelitian ke dalam suatu laporan yang tersusun secara jelas berdasarkan data dan hasil penelitian.

d. Simulasi

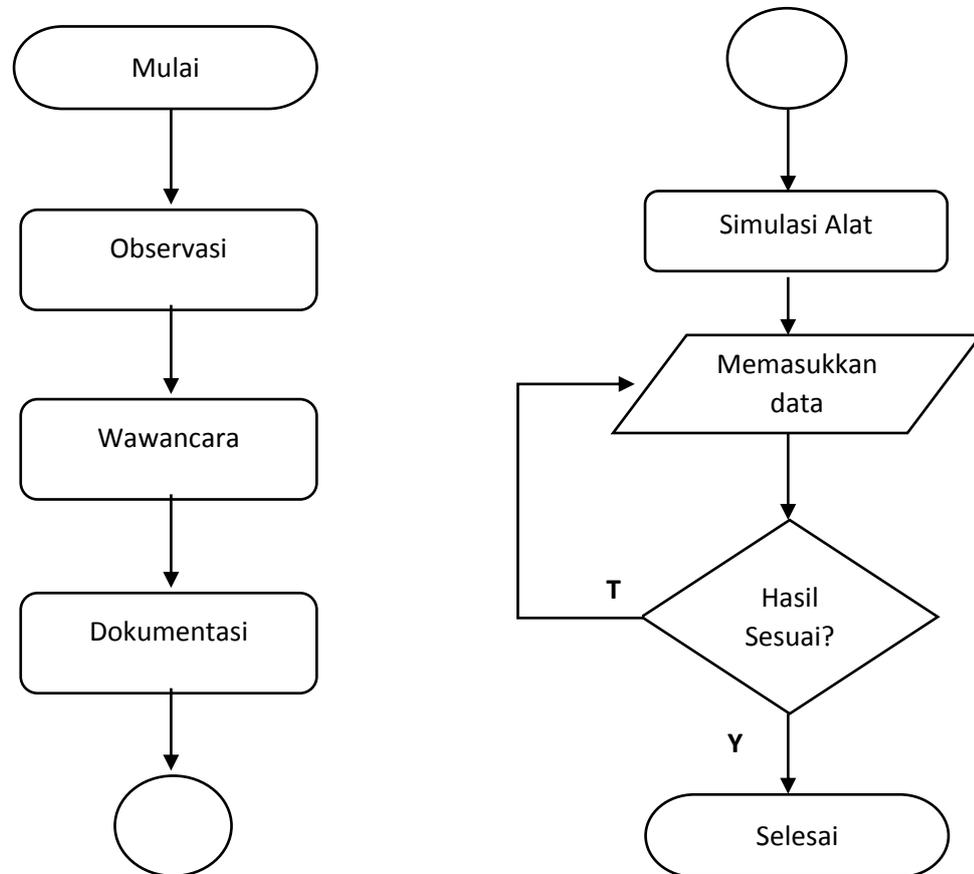
Penulis membuat kode program simulasi yang bertujuan untuk mengetahui hasil yang sesuai dan membandingkan simulasi pada alat sebelumnya. Apabila simulasi berhasil, maka diperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian.

e. Laporan

Tahapan pembuatan laporan tugas akhir ini bertujuan untuk menjelaskan hasil yang telah diperoleh dalam pelaksanaan penelitian.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini memiliki tahapan alir penelitian, adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.6 Tahap Perhitungan

Adapun tahap perhitungan dan metode yang digunakan pada penelitian tugas

akhir ini adalah sebagai berikut:

3.6.1 Metode Ziegler-Nichols

Adapun perhitungan yang menggunakan metode Ziegler-Nichols, yaitu:

Metode *Ziegler and Nichols* merupakan metode yang sangat umum digunakan dalam melakukan tuning pada sistem kendali. Metode dasar penelaan *Ziegler – Nichols* pada sistem ini menggunakan metode pertama. Metode ke 1 pada dasarnya merupakan respon terhadap masukan tangga dalam kalang terbuka. *Plant* yang memiliki sebuah integrator akan menghasilkan kurva tanggapan terhadap masukan tangga. Rumus yang digunakan untuk parameter pengendali PID berdasarkan tetapan empiris *Ziegler – Nichols*, menggunakan metoda kurva reaksi seperti Tabel 3.6.1.

Tabel 3.1 Penalaan Ziegler-Nichols ke -1.

Pengendali	Kp	Ti	Td
P	T/L	∞	0
PI	0,9 (T / L)	L / 0,3	0
PID	1,2 (T / L)	2L	0,5 L

3.6.2 Kecepatan Putaran Motor

Kecepatan putaran motor listrik dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti frekuensi dan jumlah kutub motor. Kecepatan putaran medan stator dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$n_s = 120 \frac{f}{P} \quad (3.1)$$

Dimana:

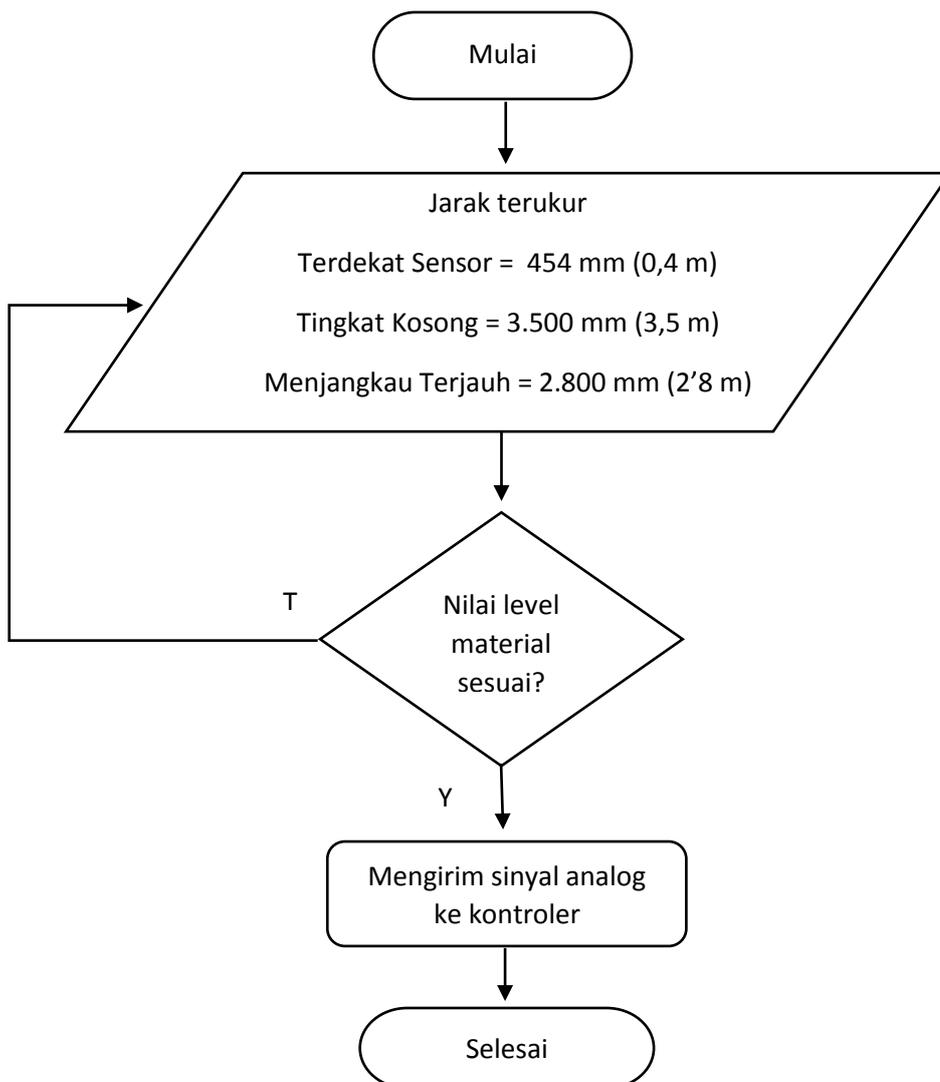
n_s = Kecepatan putaran medan stator

120 = Beda Sudut Fasa

f = Frekuensi (Hz)

3.7 Diagram Alir Sensor Level

Adapun diagram alir sensor level adalah sebagai berikut



Gambar 3.2 Diagram alir sensor level

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan pada hasil penelitian ini adalah :

1. Hasil simulasi berdasarkan nilai parameter PI menghasilkan nilai *overshoot* sebesar 18%, sedangkan hasil simulasi PID memiliki *overshoot* tetapi tidak terlalu besar serta memiliki hasil output yang lebih stabil.
2. Nilai kecepatan motor maksimal yang digunakan pada alat ini sebesar 450 RPM, hal ini agar material yang terdapat didalam tanki tidak kosong apabila terjadi kekosongan pada tanki maka mengakibatkan gula yang dihasilkan tidak baik.
3. Penambahan pengontrol derivatif pada sistem kontrol level sesuai dengan teori yakni dapat mengurangi nilai *Overshoot*, serta penggunaan perhitungan metode *Ziegler-Nichols* sangat penting dalam menganalisa gelombang output yang dihasilkan.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Perancangan sistem kontrol sebaiknya menggunakan kontrol PID hal ini karena dapat menghasilkan output yang lebih stabil dari sebelumnya.
2. Penelitian selanjutnya masih dapat dikembangkan dengan menggunakan metode *Cohen Coon* untuk membandingkan gelombang output yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2010. Buku Prosedur Proses. PT. Sweet Indolampung (Sugar Group Companies).

Anonim. 2011. *Inverter ABB ACS800 Standard Control Program*.

Agung H, Rachmat, Muhammad Riva'I, Haris Pringadi. 2010. *Alat Penentu Parameter PID Dengan Metode Ziegler-Nichols Pada Sistem Pemanas Air*. Jurusan Teknik Elektro. Institut Teknologi Sepuluh November.

Dr. Aris Triwiyatno, S.T., M.T. 2006. Buku Ajar Sistem Kontrol Analog. Universitas Diponegoro.

D. Sharon,dkk. 1982. *Principles of Analysis Chemistry*. New York : Harcourt Brace College Publisher.

Frank D, Petruzella. 2001. *Elektronika Industri*. CV Andi. Yogyakarta.

Hidayat , Syarif, tegar Resdiansyah. 2014. *Simulasi dan Pengujian Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 8535 Dengan Kontrol PID*. Jurnal Ilmiah Energi dan Kelistrikan Vol. 6 No.1.

J.G. Ziegler and N. B. Nichols. 2009. *Optimum Setting for Automatic Controllers*. Rochester.

Kurniawan Wijaya, 2009. *Pengendalian Suhu dan Ketinggian Air Pada Boiler Menggunakan Kendali PID Dengan Metode Root Locus*. EECIS Vol. 3 No. 2.

Module Flotech Process Aotuation and Instrumentation. 2006.

Setiawan, Iwan. 2008. *Kontrol PID Untuk Proses Industri*. PT Elex Media Komputindo. Surabaya.

Katsuhiko, Ogata. 2010. *Modern Control Engineering Fifth Edition*.

Yokogawa *Electric Corporation*. 2006. *Data Sheet and Modul Analog UT550 3rd Edition*.