



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL PADA
UNITPENJERAPAN CO₂ FLUE GAS BOILER
DENGAN NAOH BERBASIS ARDUINO**

LAPORAN TUGAS
AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan
Diploma III Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Hadekha Erfadila Fitra

NIM. 1902322008

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI
JAKARTA 2022**



HALAMAN PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL PADA UNIT PENJERAPAN CO₂ FLUE GAS BOILER DENGAN NAO

Oleh :

Hadekha Erfadila Fitra

NIM. 1902322008

Program Studi Diploma Teknik Konversi Energi

Laporan ini telah disetujui oleh Pembimbing

Pembimbing 1

Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T.

NIP. 199403092019031013

Pembimbing 2

Ir. Ahmad Fadhil Reviansyah, S.T., IPM

NIP. 133196

Kepala Program Studi
Diploma Teknik Konversi Energi

Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T.

NIP. 199403092019031013

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

- Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN


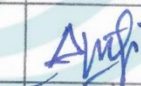


RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL PADA UNIT PENJERAPAN CO₂ FLUE GAS BOILER DENGAN NAOH BERBASIS ARDUINO

Oleh :

Hadekha Erfadila Fitra

NIM. 1902322008

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang tugas akhir di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 29 Agustus 2022 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Hasvienda Mohammad Ridwan, S.T., M.T. NIP. 199012162018031001	Penguji 1		31/8/2022
2.	Drs. Azwardi, S.T., M.Kom. NIP. 195804061986031001	Penguji 2		29-2022
3.	Ir. Rivon Tridesman, S.T., IPM NIP. 134464	Penguji 3		30/08-2022
4.	Ir. Charles Tampubolon, S.T., IPM NIP. 132419	Penguji 4		30/08-22

Bontang, 29 Agustus 2022

Disahkan Oleh:
Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T.
NIP. 197707142008121005





LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hadekha Erfadila Fitra

NIM : 1902322008

Program Studi : Teknik Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Bontang, 30 Agustus 2022



Hadekha Erfadila Fitra

NIM. 1902322008

POLITEKNI
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL PADA UNIT PENJERAPAN CO₂ FLUE GAS BOILER DENGAN NAOH BERBASIS ARDUINO

Hadekha Erfadila Fitra¹⁾, Yuli Mafendro Dedet¹⁾, Ahmad Fadhil Reviansyah²⁾

1) Program Studi Diploma Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Kampus UI Depok, 16242

2) PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur, 75324

Email : hdkef11@gmail.com

ABSTRAK

Berdasarkan dokumen Indonesia Energy Outlook 2019, rata-rata peningkatan emisi gas rumah kaca di Indonesia akan meningkat setiap tahunnya. Teknologi penyerapan CO₂ dalam NaOH merupakan reaksi yang cenderung dipilih karena laju reaksi dan kapasitas absorpsi yang dimiliki tinggi. Dengan adanya teknologi penyerapan flue gas boiler secara *batch* diharapkan mampu mengurangi emisi CO₂ pada boiler untuk dimanfaatkan menjadi Na₂CO₃. pada alat diterapkan sistem kontrol sekuensial secara *batch* untuk mempermudah pengoperasian dan kendali suhu evaporator dan tangki NaOH. Tahapan yang dilakukan adalah studi dan diskusi, perancangan sistem kontrol, perancangan sistem kelistrikan, pengadaan material, pengujian material, simulasi sistem kontrol, instalasi sistem kontrol dan pengujian. Alat ini dapat bekerja secara sekuensial dengan menghasilkan 15 gram Na₂CO₃ per *batch*, kendali suhu NaOH secara on/off dengan *deadband* ± 1 derajat, dan kendali PID suhu evaporator dengan K_p = , K_i = , K_d = dan menghasilkan respon dengan *overshoot* dan *steady state error* kurang dari 2.67 persen.

Kata Kunci : Emisi CO₂, Flue Gas Boiler, Natrium Karbonat, Kontrol, Arduino, PID

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL PADA UNIT PENJERAPAN CO₂ FLUE GAS BOILER DENGAN NAOH BERBASIS ARDUINO”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Diploma III Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Johan Anindhito Indriawan selaku Direktur LNG Academy PTBadak NGL.
3. Bapak Yuli Mafendro, S.Pd., M.T. selaku Dosen Pembimbing dari Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Ahmad Fadhil Reviansyah, S.T., IPM. selaku Dosen Pembimbing dari PT Badak NGL yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Eko Wahyu Susilo selaku Ketua Peminatan Listrik & Instrumentasi yang telah memberikan bantuan dalam mengarahkan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh pekerja MHE, Instrument Section, Electrical Section, SE&C Section, Lab & EC Section, dan MPTA Section yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir kami.
7. Kakak tingkat LNG Academy di berbagai seksi yang telah membantu kelancaran tugas akhir kami.

8. Pihak-pihak yang berasal dari PNJ dan PT Badak NGL yang membantu penyelesaian tugas akhir ini yang tidak kami sebutkan satu persatu.

9. Keluarga yang telah memberikan doa kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

10. Teman-teman LNG Academy angkatan XI yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir.

Penulis sangat menyadari betapa banyak kesalahan dan kekurangan yang mungkin ada pada laporan ini. Oleh karena itu, jika pembaca memiliki pesan dan saran mohon disampaikan kepada penulis sebagai rujukan bagi penulis dimasa yang akan datang. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada pembaca yang telah meluangkan waktunya untuk membaca laporan ini dan berharap laporan yang disusun ini dapat bermanfaat bagi pembaca juga bagi penulis dan bagi ilmu pengetahuan.



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hadekha Erfadila Fitra

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat	5
1.6 Lokasi Objek	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II Tinjauan Pustaka	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Sistem Kontrol	8
2.2.1 Open Loop System	9
2.2.2 Closed Loop System	10
2.3. Arduino	12
2.3.1 Arduino Mega 2560	13
2.3.2 Catu Daya Arduino Mega	16
2.3.3 Input dan Output	17
2.3.4 Komunikasi	17
2.3.5 Pulse Width Modulation	18
2.4 Arduino Atmega Port Register	18
2.5 Arduino Interrupt	19
2.5 Modul Arduino	19

viii



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.5.1 LCD I2C	20
2.5.2 AC Dimmer	21
2.4 Teori Instrumen Alat Ukur	22
2.4.1 Sensor RTD	24
2.5 Switch	25
2.5.6 Level Switch	25
2.6 Teori Komponen Kelistrikan	26
2.6.1 Relay	26
2.6.1.1 Relay Elektromekanik	26
2.6.1.2 Solid State Relay	27
2.6.2 Miniature Circuit Board	28
2.6.3 Fuses	31
2.6.4 Power Supply	31
2.6.5 Elemen Pemanas	32
2.7 Kemampuan Hantar Arus	33
2.8 IEC 60898 bagian 1	34
2.9 Disipasi Panas	35
BAB III	
METODOLOGI	37
3.1 Diagram Alir Pengerjaan	37
3.2 Penjelasan Diagram Alir Pengerjaan	38
3.3 Process Flow Diagram	39
3.4 Penjelasan Proses Flow Diagram	40
BAB IV	
PEMBAHASAN	42
4.1 Perancangan Sistem Kontrol	42
4.2 Perancangan Sistem Kontrol Evaporator	42
4.2.1 Pemilihan Tipe Kontrol	42
4.2.2 Komponen Evaporator	43
4.2.3 Logic Diagram Evaporator	44
4.2.4 Penjelasan Logic Diagram Evaporator	44
4.2.5 Simulasi Sistem Kontrol Evaporator	45
4.3 Perancangan Sistem Kontrol Tangki NaOH	47
4.3.1 Pemilihan Tipe Kontrol	47
4.3.1 Komponen Kontrol Tangki NaOH	47
4.3.2 Logic Diagram Kontrol Tangki NaOH	49
4.2.3 Penjelasan Logic Diagram Kontrol NaOH	49
4.2.4 Simulasi Kontrol Tangki NaOH	50
4.4 Perancangan Sistem Kontrol Reaktor	51

4.4.1	Komponen Kontrol Reaktor	51
4.4.2	Logic Diagram Kontrol Reaktor	52
4.3.3	Penjelasan Logic Diagram Kontrol Reaktor	53
4.3.4	Simulasi Kontrol Reaktor	55
4.4	Perancangan Sistem Proteksi	56
4.4.1	Single Line Diagram	56
4.4.2	Pemilihan Circuit Breaker dan Fuse	57
4.4.3	Pemilihan Penampang Kabel	57
4.5	Desain Panel	58
4.5.1	Layout Panel	58
4.5.2	Penjelasan Layout Panel	59
4.5.3	Disipasi Panas	61
4.6	Proses Kalibrasi dan Pengujian	63
4.6.1	Kalibrasi Temperature Transmitter	64
4.7	Hasil Akhir	65
4.7.1	Uji Perhitungan Timer	65
4.7.2	Hasil Simulasi	65
4.7.3	Mengambil Data Step Response dari Sistem	68
4.7.4	Mencari Nilai K_p , K_i , K_d dengan Cohen Coon	69
4.7.5	Mencari Nilai K_p , K_i , K_d dengan Ziegler Nichols	69
4.7.6	Mencari Fungsi Alih dan Nilai K_p , K_i , K_d dengan MATLAB	70
4.7.5	Tuning PID	71
4.7.6	Hasil Penerapan PID Autotuning	72
4.8	Analisis Produk	73
4.9	Tata Cara Perawatan dan Perbaikan	73
BAB V		
KESIMPULAN		75
5.1	Kesimpulan	75
5.2	Saran	75
DAFTAR PUSTAKA		77
LAMPIRAN		80



DAFTAR TABEL

Tabel. 4.1 Tes Simulasi Kendali Evaporator	46
Tabel. 4.2 Tes Simulasi Kendali Tangki NaOH	50
Tabel. 4.3 Tes Simulasi Kendali Reaktor	54
Tabel. 4.4 Nominal Fuse	56
Tabel. 4.5 Nominal CB	56
Tabel. 4.6 Pemilihan Diameter Konduktor	56
Tabel. 4.7 Tes Kendali Reaktor	59
Tabel. 4.8 Total Daya Panel	61
Tabel. 4.9 Functional Test	62
Tabel. 4.10 Kalibrasi Temperatur Transmitter	63
Tabel.4.11 Hasil Tes Kendali Evaporator	65
Tabel. 4.12 Hasil Tes Kendali Tangki NaOH	67
Tabel. 4.13 Hasil Tes Kendali Reaktor	68
Tabel. 4.14 Perhitungan Cohen Coon	69
Tabel. 4.15 Perhitungan Ziegler Nichols	69
Tabel. 4.16 Kp, Ki, Kd dari Auto Tuning	72
Tabel. 4.17 Respon Aktual Sistem	72

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar. 2.1 Open Loop	9
Gambar. 2.2 Close Loop	10
Gambar. 2.3 Arduino	12
Gambar. 2.4 Spesifikasi Arduino	14
Gambar. 2.5 Pinout Arduino	15
Gambar. 2.6 Catu Daya Arduino	16
Gambar. 2.7 Kurva Dimmer	22
Gambar. 2.8 RTD	24
Gambar. 2.9 Persamaan Hambatan terhadap Suhu	24
Gambar. 2.10 Relay Elektromekanis	27
Gambar. 2.11 MCB	28
Gambar. 2.12 Kelas MCB	30
Gambar. 2.13 PSU	31
Gambar. 2.4 Elemen Pemanas	32
Gambar. 2.15 Kuat Hantar Arus PUIL 2011	34
Gambar. 3.1 Diagram Alir Pengerjaan	37
Gambar. 3.2 PFD	39
Gambar. 4.1 Logic Kendali Evaporator	44
Gambar. 4.2 Wiring Kendali Evaporator	45
Gambar. 4.3 Logic Kendali Tangki NaOH	48
Gambar. 4.4 Wiring Kendali Tangki NaOH	49
Gambar. 4.5 Logic Pengisian NaOH	51
Gambar. 4.6 Logic Scrubbing	52
Gambar. 4.7 Wiring Kendali Reaktor	54
Gambar. 4.8 Single Line Diagram	55
Gambar. 4.9 Layout Panel	58
Gambar. 4.10 Data dari Step Input	69
Gambar. 4.11 Fungsi Alih Sistem Open Loop	70
Gambar. 4.12 Konversi Transfer Alih Non Unity ke Unity	71
Gambar. 4.13 Rangkaian Simulink	72
Gambar. 4.14 Kurva Respon PID	73



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan dokumen Indonesia Energy Outlook 2019, rata-rata peningkatan emisi gas rumah kaca di Indonesia akan meningkat setiap tahunnya sebesar 3,9% dengan proyeksi total emisi pada tahun 2030 akan meningkat menjadi 912 juta ton CO₂ equivalent (1). Oleh sebab itu, Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK sebesar 29% di tahun 2030 serta diharapkan bahwa dalam sector energi Indonesia dapat menurunkan emisi GRK sebesar 314 juta ton CO₂ (2). Berdasarkan Pasal 13 Bab VI Undang-Undang Harmonisasi Peraturan Perpajakan tahun 2021 telah disebutkan bahwa pajak karbon adalah pajak yang dikenakan atas pembelian barang yang mengandung karbon atau aktivitas yang menghasilkan emisi karbon. Tarif pajak karbon yang ditetapkan sebesar Rp 30,00 per kilogram karbon dioksida ekuivalen (CO₂e) (3). Hal ini membuat berbagai perusahaan berlomba lomba menerapkan berbagai upaya untuk mencapai *zero emission*. Boiler merupakan salah satu sumber emisi gas CO₂ dari proses pembakaran bahan bakar untuk memanaskan fluida. Emisi yang terjadi biasanya dibuang begitu saja ke udara. Dengan adanya teknologi penyerapan CO₂ yang diterapkan diharapkan mampu memanfaatkan emisi yang terbuang ini. Terdapat beberapa upaya yang telah dilakukan oleh pemerintah dunia serta Indonesia dalam mengurangi emisi gas CO₂ yang dihasilkan, seperti konsep EGS (Enhanced Geothermal Systems) yang akan menggunakan CO₂ sebagai pengganti air sebagai fluida transmisi panas, *carbon capture utilization* (CCU) untuk mengubah emisi CO₂ sebagai bahan baku karbon yang dapat diperbarui, menjadi produk dan menyimpannya secara permanen, serta CCS (Carbon Capture and Storage) yang mengubah emisi CO₂ dan menggunakannya dalam reaksi kimia. ([K. and A. 2017](#))

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Teknologi penyerapan CO₂ dalam NaOH dipilih karena laju reaksi dan kapasitas absorpsi yang dimiliki tinggi, serta NaOH yang lebih berlimpah, murah dan dikenal oleh masyarakat (4). Selain itu, CO₂ yang bereaksi dengan larutan NaOH dapat membentuk produk Na₂CO₃ yang memiliki banyak fungsi dalam industri. Natrium karbonat adalah bahan kimia yang digunakan di beberapa cabang industri, termasuk industri kaca, deterjen, industri metalurgi, dan industri kimia. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup, rata-rata kebutuhan natrium karbonat di Indonesia meningkat sebesar 3,48% pertahun (5). Menurut US Geological Survey (USGS) pada tahun 2012 ada 10 negara yang mengimpor 68% dari total ekspor natrium karbonat AS, yaitu Meksiko, 18%; Brasil, 11%; Indonesia, 10%; serta negara lainnya (6). Berdasarkan data tersebut, menunjukkan bahwa kebutuhan natrium karbonat Indonesia masih bergantung pada impor dari negara lain. Berdasarkan Norman Nise dalam buku *Control System Engineering* suatu sistem kendali diterapkan pada suatu alat memiliki berbagai tujuan, salah satunya adalah *convenience of input form* yaitu kemudahan dan kesederhanaan dalam mengoperasikan suatu alat dan *compensation of disturbances* yaitu suatu sistem kendali mampu mengkompensasi adanya gangguan dari luar sehingga proses dapat berjalan stabil apapun gangguan yang terjadi. (7) Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Ahmed Yusuf, dalam studi berjudul “*CO₂ utilization from power plant compared techno-economic assessment of soda ash production and scrubbing by monoethanolamine*” dijelaskan bahwa proses untuk melakukan karbonasi dengan NaOH untuk menghasilkan produk Na₂CO₃ dibutuhkan setidaknya 4 tahap dalam prosesnya, yaitu tahap karbonasi, kristalisasi, filtrasi, dan pengeringan. Pada tahap karbonasi dilakukan proses pengontakan gas CO₂ dengan larutan NaOH pada suhu 60 derajat di reaktor, kemudian *bottom product* pada proses tersebut adalah larutan NaOH dan Na₂CO₃ yang terbentuk dalam bentuk hidrat (masih terikat dengan air). Setelah proses tersebut, kemudian *bottom product* dipompakan ke proses kristalisasi dimana akan dilakukan pemanasan hingga

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

temperatur 109 derajat celcius. Hal ini untuk menghilangkan hidrat pada Na_2CO_3 hingga menjadi Na_2CO_3 anhidrat. Kemudian langkah selanjutnya adalah larutan NaOH dan Na_2CO_3 dilakukan filtrasi dan dihantarkan dengan *conveyor* menuju drum pengering. Pada drum pengering tersebut baru dilakukan pengeringan menggunakan udara bersuhu 90 derajat celcius hingga Na_2CO_3 sepenuhnya menjadi berbentuk serbuk (Yusuf et al. 2019). Berdasarkan uraian di atas, maka ada proses yang berkaitan dengan sistem kendali suhu yang perlu diterapkan dan sistem sekuensial yang jika diterapkan sistem kontrol sekuensial dapat memudahkan operator untuk mengoperasikan alat. Diketahui juga suhu pada proses kristalisasi perlu dijaga pada *transition temperature* dari Na_2CO_3 monohidrat yaitu 109 derajat celcius karena pada suhu tersebut dapat mengubah Na_2CO_3 monohidrat menjadi anhidrat. Suhu pada proses ini sebisa mungkin dijaga agar tidak melebihi *boiling point* larutan NaOH. Diketahui untuk NaOH dengan konsentrasi 15 persen dan tekanan atmosfer adalah sekitar 115 derajat celcius dan apabila suhu *boiling point* NaOH tercapai, maka larutan NaOH akan menguap saat terjadi proses pemanasan dan membuat volume air larutan NaOH menjadi berkurang. Hal ini dihindari karena dapat mengubah konsentrasi NaOH menjadi lebih pekat yang dapat mempercepat laju korosi. Ketika dilakukan uji coba menggunakan kendali on/off dengan elemen pemanas 1500 watt pada evaporator ditemukan bahwa temperatur memiliki *deadband* yang tidak sesuai dengan kriteria proses di atas. Oleh karena itu, diperlukan kontrol PID pada kendali suhu proses kristalisasi / evaporasi agar temperatur terjaga pada suhu setpoint (110 derajat celcius) dan tidak melebihi 115 derajat celcius (maksimal overshoot dan *steady state error* 4.5 persen). Kemudian berdasarkan kajian berjudul “Studi Awal Pemanfaatan CO₂ Untuk Pembentukan Natrium Karbonat : Kajian Kinetika Reaksi” yang ditulis Ari Selastian Saputra, disimpulkan bahwa pada uji coba reaksi larutan NaOH dengan CO₂ untuk membentuk Na_2CO_3 pada temperatur NaOH 30, 40, 50, 60 derajat celcius didapat kesimpulan bahwa konversi NaOH masih naik atau dalam kata lain, temperatur masih dapat dinaikan untuk memaksimalkan konversi NaOH

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(Saputra n.d.). Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan uji coba laboratorium dengan suhu 60, 70, 80, dan 90 derajat celcius. Pada uji coba tersebut dihasilkan bahwa suhu paling optimal untuk konversi NaOH menjadi Na_2CO_3 adalah pada suhu 70 derajat celcius. *Setpoint* ini kemudian akan diterapkan pada alat. Pada uji coba kendali suhu tangki NaOH secara on/off dengan elemen pemanas 500 watt didapat bahwa *deadband* yang terjadi sangat rendah +- 1 derajat celcius (error 1.4 persen) sehingga tidak perlu diterapkan kontrol PID.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan sistem kontrol pada unit penjerapan CO_2 flue gas boiler dengan absorpsi NaOH
2. Bagaimana menerapkan PID kontrol pada kendali suhu evaporator?

1.3 Tujuan

1. Merancang sistem kontrol pada unit penjerapan CO_2 flue gas boiler dengan absorpsi NaOH untuk mendapatkan Na_2CO_3 .
2. Menerapkan kontrol PID pada evaporator dengan *state state error* di bawah +- 4.5 persen

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Alat ini hanya berfokus pada pemanfaatan gas buang dari flue gas boiler
2. Proses tidak secara *continuous* (*batch*)
3. Komponen dan material yang digunakan tersedia di *marketplace* atau tersedia dan diizinkan diperoleh dari *warehouse*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Asumsi suhu sekitar alat 30 derajat dan alat diletakkan pada ruangan yang tidak lembab, tidak berdebu, dan tidak terkena hujan

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bagi Penulis :

1. Sebagai syarat untuk memenuhi penyusunan Tugas Akhir guna mendapatkan gelar Diploma III dari Program Studi Teknik Konversi Energi di Politeknik Negeri Jakarta
2. Menambah keterampilan dalam merancang bangun suatu alat industri
3. Dapat mengimplementasikan pengetahuan yang telah diperoleh selama masa perkuliahan dengan mempraktikkannya secara nyata

Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta :

Sebagai media pembelajaran dan penelitian unit penjerapan CO₂ flue gas boiler dengan design kompak serta berbasis kontrol otomatis untuk mengurangi emisi gas buang ke lingkungan

Bagi PT Badak NGL :

1. Pemanfaatan flue gas boiler yang dihasilkan di PT Badak NGL
2. Upaya mengurangi emisi gas buang CO₂ di lingkungan PT Badak dari boiler dalam mensukseskan program Net-Zero Emission dari pemerintah

1.6 Lokasi Objek

Lokasi objek Tugas Akhir berada di Workshop LNG Academy dan Bengkel Induk PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

BAB I menguraikan latar belakang pemilihan topik, perumusan masalah, tujuan umum, dan khusus, ruang lingkup penelitian dan batasan masalah, lokasi objektugas akhir, manfaat yang akan didapat, dan sistematika penulisan keseluruhan proposal tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

BAB II menguraikan studi pustaka atau literatur, memaparkan rangkuman kritis atas pustaka yang menunjang penyusunan atau penelitian, meliputi pembahasan tentang topik yang akan dikaji lebih lanjut dalam tugas akhir.

BAB III Metodologi

BAB III menguraikan tentang metodologi, yaitu metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah atau penelitian, meliputi prosedur, pengambilan sampel dan pengumpulan data, teknis analisis data atau perancangan.

BAB IV Biaya dan Jadwal Kegiatan

BAB IV menguraikan tentang :

1. Ringkasan Biaya sebagai berikut :
 1. Peralatan penunjang, yang ditulis sesuai kebutuhan;
 2. Bahan habis pakai, yang ditulis sesuai dengan kebutuhan;
 3. Biaya akomodasi; dan
 4. Lain-lain : administrasi, publikasi, seminar, laporan, lainnya.
2. Jadwal Kegiatan

Berisi urutan kegiatan pembuatan tugas akhir mulai dari pengajuan proposal sampai dengan pengajuan sidang dalam satuan minggu perkuliahan (menggunakan standar format *timeline*).

DAFTAR PUSTAKA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

- Sistem kontrol sekuensial berjalan dengan menggunakan komponen solenoid, *level switch*, push button, arduino, relay, dan pilot lamp menghasilkan produk Na_2CO_3 sekitar 15 gram setiap *batch*nya. Sistem kendali suhu NaOH menggunakan metode on/off dengan set point 70 derajat menghasilkan respon dengan *deadband* +/- 1 derajat celcius.
- Sistem kendali suhu PID evaporator memiliki $K_p = 4.92$, $K_i = 0.00000152$, $K_d = 0$ menghasilkan respon sesuai kriteria dengan overshoot dan *steady state error* kurang dari 2.67 persen

5.2 Saran

- Disarankan proses pengisian dan *scrubbing* pada reaktor dilakukan otomatis tanpa harus menekan *push button*
- Disarankan input dari LSH, LSL, *push button stop*, dan timer dibuat sedemikian rupa agar tidak *overkill*
- Diperlukan *dedicated* ELCB untuk *redundancy* proteksi arus bocor dan mengisolasi rangkaian agar tidak terjadi *trip* pada alat lainnya dalam satu sumber.
- Setiap komponen elektronik pada panel, sebaiknya menggunakan *spacer* ataupun *rails* untuk mempermudah bongkar pasang komponen apabila terjadi kerusakan.



- Dibuat koneksi untuk kabel bonding yang lebih kuat dari *alligator clips*, misalnya dengan baut dan mur.
- Posisi elemen pemanas harus di titik terendah dari tangki untuk memastikan elemen pemanas terendam oleh cairan sepenuhnya sehingga mencegah peristiwa *air pocket* yang merusak elemen pemanas
- Disarankan pasang *sight glass* pada reaktor dan evaporator untuk mengetahui apakah masih ada larutan NaOH yang tersisa sebelum mengoperasikan alat

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR PUSTAKA

1. KESDM. Indonesia Energy Outlook 2019. KESDM; 2019 p. 72–28.
2. KESDM, editor. Data Inventory Emisi GRK Sektor Energi. Jakarta Pusat: Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral; 2016.
3. DJP. Undang-Undang Harmonisasi Peraturan Perpajakan. Indonesia: Direktorat Jenderal Pajak RI; 2021.
4. J. K. Stolaroff. Carbonate solutions for carbon capture: A summary [Internet]. CORE UK. 2013 [cited 2022 Aug 10]. Available from: <https://core.ac.uk/display/71291414>
5. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan; 2014.
6. USGS. Mineral Commodities Summaries. USA: USGS; 2012.
7. Nise NS. Control Systems Engineering, 7th Edition. 7th ed. Hoboken, NJ: Wiley; 2014.
8. Saputra AS. Studi Awal Pemanfaatan CO₂ Untuk Pembentukan Natrium Karbonat.
9. Hughes JM. Arduino: A Technical Reference: A Handbook for Technicians, Engineers, and Makers (In a Nutshell). 1st ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media; 2016.
10. Arduino. Arduino Documentation [Internet]. Mega 2560 Rev3 | Arduino Documentation. [cited 2022 May 10]. Available from: <https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560>
11. DIYIOT. Arduino Mega Tutorial [Pinout] [Internet]. DIYIOT. [cited 2022 May 10]. Available from: <https://diyi0t.com/arduino-mega-tutorial/>
12. Teja R. Arduino Mega Pinout | Arduino Mega 2560 Layout, Specifications [Internet]. Electronics Hub. 2021 [cited 2022 May 10]. Available from: <https://www.electronicshub.org/arduino-mega-pinout/>
13. Heath J. PWM : Pulse Width Modulation: What it is and how does it work? [Internet]. 2017 [cited 2022 Jun 1]. Available from: <https://www.analogictips.com/pulse-width-modulation-pwm/>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

14. Kho D. Pengertian PWM (Pulse Width Modulation atau Modulasi Pulsa) [Internet]. Teknik Elektronika. 2019 [cited 2022 Jun 1]. Available from: <https://teknikelektronika.com/pengertian-pwm-pulse-width-modulation-atau-modulasi-lebar-pulsa/>
15. Stanford C. Arduino - PortManipulation [Internet]. Stanford Center for Computer Research in Music and Acoustics. [cited 2022 Jul 9]. Available from: <https://ccrma.stanford.edu/~fgeorg/250a/lab2/arduino-0019/reference/PortManipulation.html>
16. javaTpoint. What is LCD - javatpoint [Internet]. javatpoint. [cited 2022 Jul 10]. Available from: <https://www.javatpoint.com/what-is-lcd>
17. Gurmeet S. AC Dimmer [Internet]. Engineer's Garage. [cited 2022 Jul 10]. Available from: <https://www.engineersgarage.com/ac-dimmer/>
18. Morris AS, Langari R. Measurement and Instrumentation: Theory and Application. 2nd ed. Amsterdam: Academic Press; 2015.
19. Instrumentation Reference Book. Elsevier; 2010.
20. Westcott S, Westcott JR. Basic Electronics [OP]: Theory and Practice. 2nd ed. Duxbury, MA: Mercury Learning & Information; 2017.
21. IQS Directory. Level Switches [Internet]. Level Switches: Types, Uses, Features and Benefits. [cited 2022 May 26]. Available from: <https://www.iqsdirectory.com/articles/level-switch.html>
22. Electronics Tutorials. Electrical Relay and Solid State Rela [Internet]. electronics tutorials. [cited 2022 May 31]. Available from: https://www.electronics-tutorials.ws/io/io_5.html
23. Electrical Classroom. Miniature Circuit Breaker MCB - Working Principle [Internet]. Electrical Classroom. [cited 2022 May 31]. Available from: <https://www.electricalclassroom.com/miniature-circuit-breaker-mcb-working/>
24. Dosen Pendidikan. Power Supply - Pengertian, Fungsi, Klasifikasi, Jenis, Cara Kerja [Internet]. Dosen Pendidikan. [cited 2022 May 31]. Available from: <https://www.dosenpendidikan.co.id/power-supply/>
25. IQS Directory. Heating Element: What Is It? How Does It Work? Materials [Internet]. Industrial Quick Search. [cited 2022 May 31]. Available from: <https://www.iqsdirectory.com/articles/heating-element.html>
26. Khaddavi. Apa itu Kemampuan Hantar Arus [Internet]. Khaddavi. 2022 [cited

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2022 Jul 14]. Available from:

<https://www.khaddavi.net/2020/10/apa-itu-kemampuan-hantar-arus-kha-dalam.html>

27. Comairotron. Establishing Cooling Requirements [Internet]. Comairotron. [cited 2022 Jul 28]. Available from:
[http://www.comairrotron.com/establishing-cooling-requirements-air-flow-vs-pr
essure](http://www.comairrotron.com/establishing-cooling-requirements-air-flow-vs-pressure)



LAMPIRAN

Koding Kendali Suhu Tangki NaOH

```
//LCD config
#include <Smoothed.h>
Smoothed <float> mySensor;
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //sometimes the adress is not 0x27. Change to 0x3f if it doesn't
work.

/* i2c LCD Module ==> Arduino
* SCL      ==> A5
* SDA      ==> A4
* Vcc      ==> Vcc (5v)
* Gnd      ==> Gnd */

//Inputs and outputs
int firing_pin = 3;
int zero_cross = 53;
int sensor_pin = A0;
int lamp_pin = 28;
double range_max = 100.0;

//Variables
int last_CH1_state = 0;
bool zero_cross_detected = false;

////////////////////////////////////
int maximum_firing_delay = 7400;
/*Later in the code you will see that the maximum delay after the zero detection
* is 7400. Why? Well, we know that the 220V AC voltage has a frequency of around 50-60HZ so
* the period is between 20ms and 16ms, depending on the country. We control the firing
* delay each half period so each 10ms or 8 ms. To make sure we won't pass those 10ms, I've made
tests
* and the 7400us or 7.4ms was a good value. Measure your frequency and change that value later */
////////////////////////////////////

unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long currentMillis = 0;
int temp_read_Delay = 500;
double real_temperature = 0.0;
double setpoint = 80.0;
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

//PID variables
float PID_error = 0.0;
float previous_error = 0.0;
long elapsedTime, Time, timePrev;
float PID_value = 0;
//PID constants
float kp = 7900; float ki= 0; float kd = 0;
float PID_p = 0; float PID_i = 0; float PID_d = 0;

void setup() {
  //Define the pins
  Serial.begin(9600);
  pinMode (firing_pin,OUTPUT);
  pinMode (lamp_pin,OUTPUT);
  pinMode (zero_cross,INPUT);
  PCICR |= (1 << PCIE0); //enable PCMSK0 scan
  PCMSK0 |= (1 << PCINT0); //Set pin D8 (zero cross input) trigger an interrupt on state change.
  lcd.begin(); //Start the LC communication
  lcd.backlight(); //Turn on backlight for LCD
  digitalWrite(lamp_pin,LOW);
  mySensor.begin(SMOOTHED_AVERAGE, 10);
}

float readRTD() {
  float analog_raw = analogRead(sensor_pin);
  float voltage_raw = ((analog_raw * 5.0 / 1024.0) * 1.045992 ) - 0.71304;
  float temp_celcius = voltage_raw * range_max / 2.85216;
  return temp_celcius;
}

void loop() {
  currentMillis = millis(); //Save the value of time before the loop
  mySensor.add(readRTD());
  /* We create this if so we will read the temperature and change values each "temp_read_Delay"
  * value. Change that value above iv you want. The MAX6675 read is slow. Tha will affect the
  * PID control. I've tried reading the temp each 100ms but it didn't work. With 500ms worked ok.*/
  if(currentMillis - previousMillis >= temp_read_Delay){
    previousMillis += temp_read_Delay; //Increase the previous time for next loop
    real_temperature = mySensor.get();

    PID_error = setpoint - real_temperature; //Calculate the pid ERROR

    if(PID_error > 30) //integral constant will only affect errors below 30°C
      {PID_i = 0;}

    PID_p = kp * PID_error; //Calculate the P value
  }
}

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

PID_i = PID_i + (ki * PID_error);           //Calculate the I value
timePrev = Time;                          // the previous time is stored before the actual time read
Time = millis();                          // actual time read
elapsedTime = (Time - timePrev) / 1000;
PID_d = kd*((PID_error - previous_error)/elapsedTime); //Calculate the D value
PID_value = PID_p + PID_i + PID_d;         //Calculate total PID value

//We define firing delay range between 0 and 7400. Read above why 7400!!!!!!
if(PID_value < 0)
{   PID_value = 0;   }
if(PID_value > maximum_firing_delay)
{   PID_value = maximum_firing_delay; }
//Printe the values on the LCD
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Set: ");
lcd.setCursor(5,0);
lcd.print(setpoint);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Real temp: ");
lcd.setCursor(11,1);
lcd.print(real_temperature);
previous_error = PID_error; //Remember to store the previous error.
}

//If the zero cross interruption was detected we create the 100us firing pulse
if (zero_cross_detected)
{
  delayMicroseconds(maximum_firing_delay - PID_value); //This delay controls the power
  digitalWrite(firing_pin,HIGH);
  delayMicroseconds(100);
  digitalWrite(firing_pin,LOW);
  zero_cross_detected = false;
}
}
//End of void loop
// |
// |
// |
// v
//See the interruption vector

//This is the interruption routine (pind D8(zero cross), D11(increase) and D12(decrease))
//.....

```

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
ISR(PCINT0_vect){
  //Input from optocoupler
  if(PINB & B00000001){ //We make an AND with the state register, We verify if pin D8 is
HIGH???
    if(last_CH1_state == 0){ //If the last state was 0, then we have a state change...
      zero_cross_detected = true; //We have detected a state change! We need both falling and rising
edges
      last_CH1_state = 1;
    }
  }
  else if(last_CH1_state == 1){ //If pin 8 is LOW and the last state was HIGH then we have a state
change
    zero_cross_detected = true; //We haev detected a state change! We need both falling and rising
edges.
    last_CH1_state = 0; //Store the current state into the last state for the next loop
  }
}
//End of interruption vector for pins on port B: D8-D13
```

Koding Kendali Suhu Evaporator

```
const long timer = 600000;

#include <Smoothed.h>
Smoothed <float> mySensor;
//LCD config
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //sometimes the adress is not 0x27. Change to 0x3f if it doesn't
work.
#include <neotimer.h>
Neotimer mytimer = Neotimer(timer);

//Inputs and outputs
int firing_pin = 3;
int zero_cross = 53;
int sensor_pin = A0;
int lamp_pin = 28;
float range_max = 150.0;
int scale = 2000;

//Variables
int last_CH1_state = 0;
bool zero_cross_detected = false;
bool lamp_status = true;
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

////////////////////////////////////
int maximum_firing_delay = 7400;
/*Later in the code you will se that the maximum delay after the zero detection
 * is 7400. Why? Well, we know that the 220V AC voltage has a frequency of around 50-60HZ so
 * the period is between 20ms and 16ms, depending on the country. We control the firing
 * delay each half period so each 10ms or 8 ms. To amke sure we wont pass thsoe 10ms, I've made
 tests
 * and the 7400us or 7.4ms was a good value. Measure your frequency and chande that value later */
////////////////////////////////////

unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long currentMillis = 0;
int temp_read_Delay = 500;
float real_temperature = 0.0;
float setpoint = 110.0;
bool evap = true;
int sample_count = 0;
int sample_min = 5;
float sample_err = 1.0;
bool timer_start = false;

//PID variables
float PID_error = 0.0;
float previous_error = 0.0;
float elapsedTime, Time, timePrev;
long PID_value = 0;
//PID constants
float kp = 0.7398; float ki= 0.08006; float kd = 0.035;
float PID_p = 0; float PID_i = 0; float PID_d = 0;

void setup() {
  //Define the pins
  pinMode(firing_pin,OUTPUT);
  pinMode(lamp_pin,OUTPUT);
  pinMode(zero_cross,INPUT);
  PCICR |= (1 << PCIE0); //enable PCMSK0 scan
  PCMSK0 |= (1 << PCINT0); //Set pin 53 (zero cross input) trigger an interrupt on state change.
  lcd.begin(); //Start the LC communication
  lcd.backlight(); //Turn on backlight for LCD
  digitalWrite(lamp_pin,LOW);
  mySensor.begin(SMOOTHED_AVERAGE, 10);
}

float readRTD() {
  float analog_raw = analogRead(sensor_pin);
  float voltage_raw = (((analog_raw * 5.0 / 1024) * 1.064) - 0.6549);
  float temp_celcius = voltage_raw * range_max / 2.9045;
  return temp_celcius;
}

```


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

void loop() {
  currentMillis = millis();      //Save the value of time before the loop
  mySensor.add(readRTD());
  /* We create this if so we will read the temperature and change values each "temp_read_Delay"
   * value. Change that value above if you want. The MAX6675 read is slow. That will affect the
   * PID control. I've tried reading the temp each 100ms but it didn't work. With 500ms worked ok.*/
  if(currentMillis - previousMillis >= temp_read_Delay){
    previousMillis += temp_read_Delay;      //Increase the previous time for next loop
    real_temperature = mySensor.get();

    PID_error = setpoint - real_temperature;      //Calculate the pid ERROR

    if (PID_error <= sample_err && evap == true && timer_start == false){
      sample_count++;
    }

    if (sample_count > sample_min && evap == true){
      if (timer_start == false){
        timer_start = true;
        mytimer.start();
      }
    }

    if (timer_start == true){
      if (mytimer.done()){
        evap = false;
        timer_start = false;
      }
    }

    if(PID_error > 30)      //integral constant will only affect errors below 30°C
    {PID_i = 0;}

    PID_p = kp * PID_error;      //Calculate the P value
    PID_i = PID_i + (ki * PID_error);      //Calculate the I value
    timePrev = Time;      // the previous time is stored before the actual time read
    Time = millis();      // actual time read
    elapsedTime = (Time - timePrev) / 1000;
    PID_d = kd*((PID_error - previous_error)/elapsedTime); //Calculate the D value
    PID_value = (PID_p + PID_i + PID_d)*scale;      //Calculate total PID value

    //We define firing delay range between 0 and 7400. Read above why 7400!!!!!!
    if(PID_value < 0)
    { PID_value = 0; }
    if(PID_value > maximum_firing_delay)
    { PID_value = maximum_firing_delay; }
    //Printe the values on the LCD
    if (evap == true){
      lcd.setCursor(0,0);
      lcd.print("Temp: ");
      lcd.setCursor(5,0);
  
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

lcd.print(real_temperature);
if (timer_start == false){
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("sample: ");
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print(sample_count);
}
else{
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("TIMER ON ");
}
}
else{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Evap done");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Pls Switch Off");
}
previous_error = PID_error; //Remember to store the previous error.
}

//If the zero cross interruption was detected we create the 100us firing pulse
if (zero_cross_detected && evap == true)
{
  delayMicroseconds(maximum_firing_delay - PID_value); //This delay controls the power
  digitalWrite(firing_pin,HIGH);
  delayMicroseconds(100);
  digitalWrite(firing_pin,LOW);
  zero_cross_detected = false;
}
else if (zero_cross_detected && evap == false){
  if (lamp_status == true){
    lamp_status = false;
    digitalWrite(lamp_pin,HIGH); //matiin lampu
  }
  delayMicroseconds(maximum_firing_delay); //This delay controls the power
  digitalWrite(firing_pin,LOW);
  delayMicroseconds(100);
  digitalWrite(firing_pin,LOW);
  zero_cross_detected = false;
}
}
//End of void loop
// |
// |
// |
// v
//See the interruption vector
//This is the interruption routine (pind D8(zero cross), D11(increase) and D12(decrease))
//.....

```

- Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
ISR(PCINT0_vect){
  //Input from optocoupler
  if(PINB & B00000001){ //We make an AND with the state register, We verify if pin D8 is
HIGH???
  if(last_CH1_state == 0){ //If the last state was 0, then we have a state change...
    zero_cross_detected = true; //We have detected a state change! We need both falling and rising
edges
    last_CH1_state = 1;
  }
  }
  else if(last_CH1_state == 1){ //If pin 8 is LOW and the last state was HIGH then we have a state
change
    zero_cross_detected = true; //We haev detected a state change! We need both falling and rising
edges.
    last_CH1_state = 0; //Store the current state into the last state for the next loop
  }
}
//End of interruption vector for pins on port B: D8-D13
```

Koding arduino kendali sekuensial / reaktor

```
//Library
#include <neotimer.h>

//konstanta
const int LSH_INPUT_PIN = 22;
const int LSL_INPUT_PIN = 23;
const int LSH_OUTPUT_PIN = 37;
const int LSL_OUTPUT_PIN = 36;
const int KOMP_PIN = 33;
const int SOLENOID_NAOH_PIN = 35;
const int SOLENOID_CO2_PIN = 34;
const long FILL_TIME = 14000;
const long SCRUB_TIME = 3600000;
const int PB_FILL_PIN = 52;
const int PB_STOP_PIN = 53;
const int PB_SCRUB_PIN = 51;
const int MAX_HOLD = 500;

//variabel
int fill_hold = 0;
int scrub_hold = 0;
bool scrub = false;
bool fill = false;
bool solenoid_co2_status = false;
bool solenoid_naoh_status = false;
bool lsh_status = true;
bool lsl_status = false;
bool scrub_timer = false; //status timer scrub
bool fill_timer = false; //status timer fill
```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

bool pb2_press = false; //tombol stop agar tidak terinput doble
int delayCO2 = 600;

//kelas
Neotimer fillTimer = Neotimer(FILL_TIME);
Neotimer scrubTimer = Neotimer(SCRUB_TIME);

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(LSL_INPUT_PIN,INPUT);
  pinMode(LSH_INPUT_PIN,INPUT);
  pinMode(PB_FILL_PIN,INPUT);
  pinMode(PB_SCRUB_PIN,INPUT);
  pinMode(PB_STOP_PIN,INPUT);
  pinMode(LSL_OUTPUT_PIN,OUTPUT);
  pinMode(LSH_OUTPUT_PIN,OUTPUT);
  pinMode(KOMP_PIN,OUTPUT); //normally closed dan activate low, HIGH maka kontak tertutup
  pinMode(SOLENOID_NAOH_PIN,OUTPUT);
  pinMode(SOLENOID_CO2_PIN,OUTPUT);
  digitalWrite(SOLENOID_NAOH_PIN,HIGH); //relay activate low agar awal2 open maka high
  digitalWrite(SOLENOID_CO2_PIN,HIGH); //relay activate low agar awal2 open maka high
  digitalWrite(KOMP_PIN,HIGH); //relay activate low agar awal2 open maka high
  digitalWrite(LSL_OUTPUT_PIN, HIGH); //relay activate low agar awal2 open maka high
  digitalWrite(LSH_OUTPUT_PIN, HIGH); //relay activate low agar awal2 open maka high

  PCICR |= (1 << PCIE0); //enable PCMSK0 scan
  PCMSK0 |= (1 << PCINT0); //Set pin 53 atau pb stop
}

void stopNow(){
  digitalWrite(SOLENOID_NAOH_PIN,HIGH); //tutup solenoid naoh, relay activate low
  digitalWrite(SOLENOID_CO2_PIN,HIGH); //tutup solenoid co2, relay activate low
  digitalWrite(KOMP_PIN,HIGH); //matikan kompressor, relay activate low normally close
  fill = false;
  fill_timer = false;
  scrub = false;
  scrub_timer = false;
  solenoid_co2_status = false;
  solenoid_naoh_status = false;
  fill_hold = 0;
  scrub_hold = 0;
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  // jika posisi air di atas lsh maka kontak terbuka LOW
  if (digitalRead(LSH_INPUT_PIN) == LOW && lsh_status == true){
    digitalWrite(LSH_OUTPUT_PIN, LOW); //relay activate low
    lsh_status = false;
  }
  ////

```


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

//// // jika posisi air di bawah lsh maka kontak tertutup HIGH
if (digitalRead(LSH_INPUT_PIN) == HIGH && lsh_status == false){
  digitalWrite(LSH_OUTPUT_PIN, HIGH); //relay activate low sehingga untuk non aktif high
  lsh_status = true;
}
////
//// //jika posisi lsl di bawah maka posisi kontak terbuka maka LOW
if (digitalRead(LSL_INPUT_PIN) == LOW && lsl_status == true){
  digitalWrite(LSL_OUTPUT_PIN, HIGH); //relay activate low sehingga untuk non aktif high
  lsl_status = false;
}
////
//// //jika posisi lsl di atas maka posisi kontak tertutup maka HIGH
if (digitalRead(LSL_INPUT_PIN) == HIGH && lsl_status == false) {
  digitalWrite(LSL_OUTPUT_PIN, LOW); //relay activate low sehingga untuk aktif low
  lsl_status = true;
}

//jia tombol fill HIGH dan fill hold < 500 dan fill timer false maka fill hold++ dan delay 1 ms jika fill
hold == max hold maka fill == true
if (digitalRead(PB_FILL_PIN) == HIGH && fill_hold < MAX_HOLD){
  if (fill_timer == false){
    fill_hold+= 1;
    delay(1);
  }
} else if (digitalRead(PB_FILL_PIN) == HIGH && fill_hold == MAX_HOLD){
  fill = true;
} else{
  fill_hold = 0; //if no high after some delay,, reset
}

//jia tombol scrbu HIGH dan scrub hold < 500 dan scrub timer false maka scrub hold++ dan delay 1
ms jika scrub hold == max hold maka scrub == true
if (digitalRead(PB_SCRUB_PIN) == HIGH && scrub_hold < MAX_HOLD){
  if (scrub_timer == false){
    scrub_hold+= 1;
    delay(1);
  }
} else if (digitalRead(PB_SCRUB_PIN) == HIGH && scrub_hold == MAX_HOLD){
  scrub = true;
} else{
  scrub_hold = 0; //if no high after some delay,, reset
}

if (fill == false && scrub == false){
  return 0; //jika tombol fill dan scrub tidak ditekan
  //kode ke bawah tidak usah dibaca
}

if (fill == true && solenoid_naoh_status == false){ //jika tombol fill ditekan

```

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

fillTimer.start();
digitalWrite(SOLENOID_NAOH_PIN,LOW);//solenoid naoh dibuka, relay activate low
fill_timer = true;
solenoid_naoh_status = true;
}

if (solenoid_naoh_status == true && fill_timer == true){ //jika solenoid naoh telah terbuka
if (fillTimer.done() || lsh_status == false){ //jika timer habis atau posisi air di atas lsh
digitalWrite(SOLENOID_NAOH_PIN,HIGH); //solenoid naoh ditutup, relay activate low
fill_timer = false;
solenoid_naoh_status = false;
fill = false;
fill_hold = false;
}
}

if (scrub == true && solenoid_co2_status == false){ //jika tombol scrub ditekan
if (lsl_status == true){ //jika terdapat naoh atau lsl_status == true
digitalWrite(KOMP_PIN,LOW); //buka solenoid OO2, normally close relay activate low
delay(delayCO2);
digitalWrite(SOLENOID_CO2_PIN,LOW);//solenoid co2 dibuka, relay activate low
scrub_timer = true;
solenoid_co2_status = true;
scrubTimer.start();
}
}

if (solenoid_co2_status == true && scrub_timer == true){ //jika solenoid naoh telah terbuka
if (scrubTimer.done()){ //jika timer habis atau posisi air di atas lsh
digitalWrite(SOLENOID_CO2_PIN,HIGH); //solenoid co2 ditutup, relay activate low
digitalWrite(KOMP_PIN,HIGH); //kompresor dimatikan, normally close relay activate low
scrub_timer = false;
solenoid_co2_status = false;
scrub = false;
scrub_hold = 0;
}
}
}

ISR(PCINT0_vect){
//////////////////////////Input from optocoupler
if (PINB & B00000001){
if (!pb2_press){
stopNow(); //jika tombol stop pb2 ditekan, jalankan fungsi stopNow
pb2_press = true;
}
}
else if (pb2_press){
pb2_press = false;
}
}
}

```

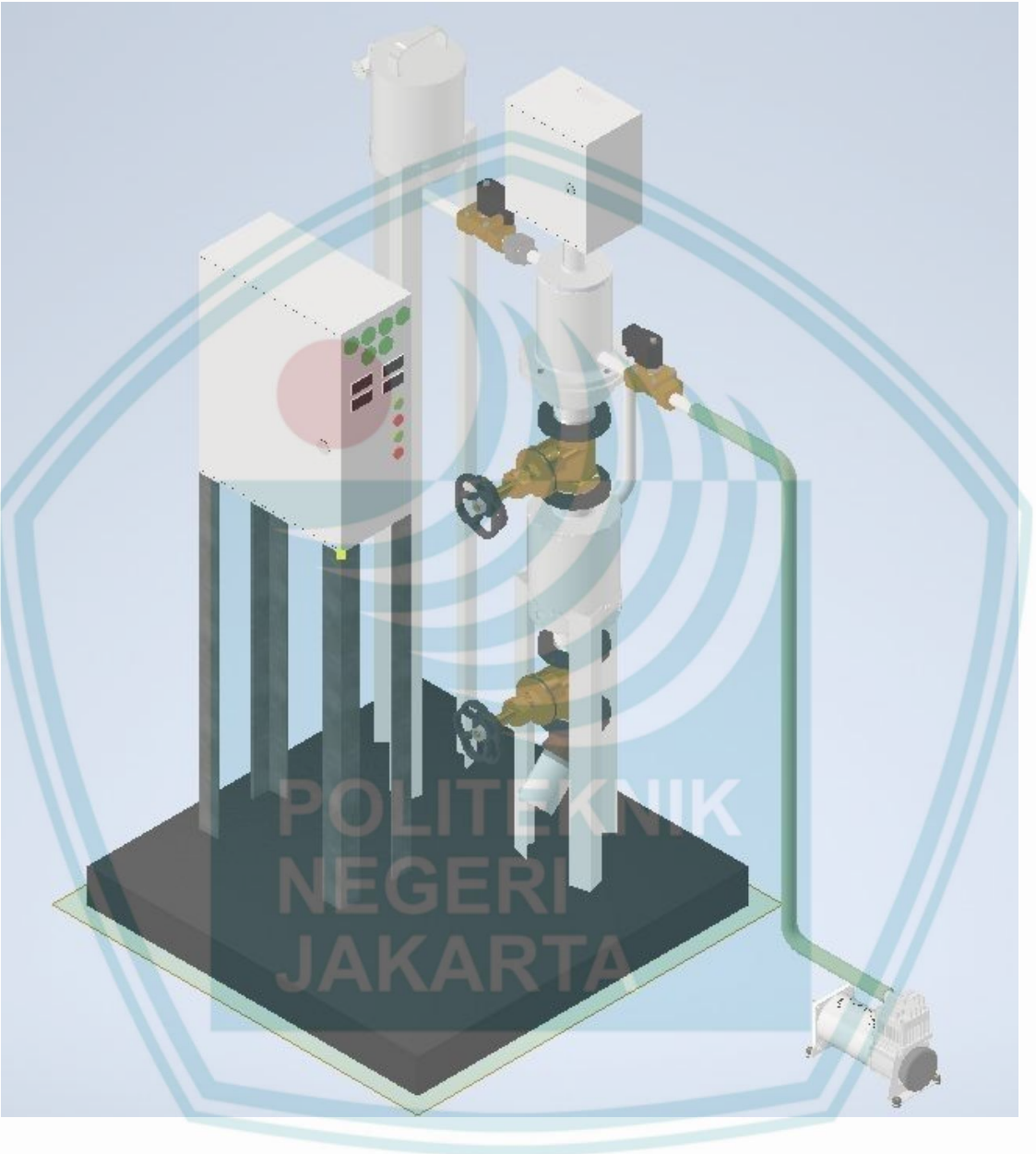
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

