

STUDI PENGENDALIAN TEKANAN PADA AMMONIA LETDOWN DRUM 107-F MENGGUNAKAN DCS CENTUM CS3000 DI PT PUPUK ISKANDAR MUDA

Cut Shashiyyah¹, Muhammad Kamal², Rusli³

^{1,2,3} Prodi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: cutshashiyyah00@gmail.com¹, muhhammadkamal@pnl.ac.id², rusli@pnl.ac.id³

ABSTRAK

Pada sistem ammonia letdown drum dengan flashing vapour bertujuan menurunkan tekanan dari 150 kg/cm² mengalirkan vapour ke recovery unit hingga 16,9 kg/cm² maka Pressure Indicator Controller pada letdown drum harus dijaga tetap stabil. Metode tuning Chien-Hrones-Reswick (C-H-R) dan Tyreus-Luyben. Sistem kendali tekanan PIC1108 menggunakan metode C-H-R menghasilkan respon yang stabil dengan nilai $K_p = 1,33$ $K_i = 4,97$ $K_d = 6,61$ dan maximum overshoot 0,01%, rise time 6,83 s, peak time 0,76 s, serta settling time 2,71 s. Metode Tyreus-Luyben dengan nilai $K_p = 7,48$ $K_i = 3,08$ $K_d = 0,17$ dan maximum overshoot 0,02%, rise time 6,68 s, peak time 0,67 s, serta setting time 2,64 s, sehingga metode Tyreus-Luyben minim overshoot dari pada metode Chien-Hrones-Reswick (C-H-R).

Kata Kunci: Ammonia Letdown Drum, Kendali PID, DCS (Distributed Control System), Metode Chien – Hrones & Reswick, Metode Tyreus Luyben.

I. PENDAHULUAN

PT Pupuk Iskandar Muda merupakan Perusahaan yang memproduksi pupuk urea. Pengolahan bahan bakunya ada tiga unit, yaitu unit Utilitas, unit Amonia dan unit Urea. Proses ada tiga unit, yaitu unit Utilitas, unit Amonia dan unit Urea. Pengolahan ammonia menjadi urea salah satunya melalui tahap unit refrigerant. Pada tahap ini ammonia dipisahkan dari komponen yang tidak bereaksi (inert gas) dengan sistem pendinginan dan ekspansi (penurunan tekanan) sehingga ammonia terbentuk.

Produk ammonia (NH₃) dibentuk dari senyawa H₂ dan N₂. Amonia berfasa liquid masih mengandung H₂O dan nitrogen sehingga ammonia liquid dan vapor dipisahkan di Ammonia Separator (106-F) dengan tekanan 150 kg/cm². Keluaran dari ammonia separator berupa ammonia cair dan gas. Konsentrasi ammonia vapour sebesar 49,9% diturunkan tekanannya dan flashing di Ammonia Letdown Drum (107-F) sampai 16,9 kg/cm² dan dikirim ke Purge Gas Recovery Unit (103-E). Selanjutnya ammonia liquid dari 107-F dikirim ke Refrigerant Receiver (109-F) sebagai produk ammonia (hot product) menjadi masukan urea plant. Ammonia liquid dari 107-F juga dialirkan ke Ammonia Unitized Chiller (120-CF4/1), kemudian dilakukan ekspansi (flashing) sehingga keluaran dari 120-CF1 menjadi produk ammonia (cold product) yang dikirim ke ammonia storage.[1]

Berdasarkan Pada plant tersebut diberlakukan sistem kendali proses letdown drum untuk menurunkan tekanan. Tinggi rendahnya tekanan dan suhu dipengaruhi oleh produk yang masuk ke dalam tangki, semakin banyak produk di dalam tangki maka semakin tinggi tekanan suhu. Sebaliknya, berkurangnya produk di dalam tangki akan menurunkan tekanan dan suhu. Tekanan pada 107-F dijaga tetap stabil dengan set point 16,9-17,9 kg/cm² (16-17 bar) oleh PIC-1108 dan kendalikan dengan

PV-1108. Ketika pressure transmitter membaca tekanan tidak sesuai dengan set point (16,9 kg/cm²), maka controller akan mengirim sinyal sehingga valve membuka dan mengalirkan vapor melalui bypass ammonia recovery sehingga tekanan kembali stabil. Jika tekanan pada ammonia letdown drum rendah (> 2 kg/cm²) dari set point maka pemampatan pada 109-F berkurang dan menghambat sirkulasi amonia ke sistem 120-CF4/1. Selain sebagai differential pressure (Δp) sebesar 1,5-2 kg/cm², pemanfaatan tekanan tersebut juga membantu menaikkan suhu pada vessel 109-F. Adapun penggunaan safety valve yang otomatis akan terbuka saat high alarm PIC-1108 aktif dengan setting 18 kg/cm², untuk menghindari ledakan pada vessel maka vapor amonia dilepaskan ke udara (popping) namun akibatnya berpengaruh buruk ke lingkungan sekitar pabrik. Salah satu faktor proses tersebut tetap aman yakni dengan menjaga tekanan di dalam tangki 107-F sesuai setting yang telah ditentukan (16,9 kg/cm²).

Pada penelitian ini dilakukan pemodelan matematis sistem kendali dari vessel ammonia letdown drum, pressure transmitter dan control valve dengan metode pengontrolan PID (Proporsional, Integral, Derivatif) menggunakan metode tuning Chien-Hrones-Reswick dan Tyreus-Luyben. sistem menghasilkan fungsi alih kemudian disimulasikan menggunakan software Distributed Control System (DCS Centum CS3000). Hasil tuning dari kedua metode dibandingkan dengan tuning di pabrik (PT Pupuk Iskandar Muda) sehingga menunjukkan bahwa pengendalian tekanan pada vessel 107-F lebih stabil dan minim overshoot menggunakan salah satu metode tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Proses atau plant adalah proses produksi yang berlangsung di industri yang terdiri atas seperangkat

peralatan atau mesin yang bekerja bersama-sama untuk melakukan suatu operasi tertentu, contohnya vessel yang digunakan pada proses industri.

Vessel Ammonia Letdown Drum (61-107-F) merupakan objek penelitian pengendalian tekanan. Ada 3 bagian utama pada pengendalian tekanan dari Ammonia Letdown Drum (61-107-F), yaitu:

- Ammonia letdown drum (61-107-F),
- Pressure transmitter dan
- Control valve.

A. Ammonia Letdown Drum (61-107-F)

Produk ammonia (NH_3) dibentuk dari senyawa H_2 dan N_2 . Amonia berfasa liquid masih mengandung H_2O dan nitrogen sehingga ammonia liquid dan vapor dipisahkan di Ammonia Separator (106-F) dengan tekanan 150 kg/cm^2 . Keluaran dari ammonia separator berupa ammonia cair dan gas. Konsentrasi ammonia vapour sebesar 49,9% diturunkan tekanannya dan flashing di Ammonia Letdown Drum (107-F) sampai $16,9 \text{ kg/cm}^2$ dan dikirim ke Purge Gas Recovery Unit (103-E).[4] Bentuk fisik dari ammonia letdown drum (61-107-F) ditunjukkan pada gambar 1.



Gbr 1. Ammonia Letdown Drum (61-107-F)

B. Pressure Transmitter (61-PT-1108)

Transmitter adalah bagian dari sistem control yang berfungsi untuk mengirimkan data hasil bacaan sensor terhadap proses yang dimonitor kepada kontroler[1].

Pressure Transmitter bertindak sebagai sensor yang digunakan untuk mengukur tekanan. Proses pengukuran tersebut sebenarnya merupakan proses perubahan suatu nilai ke nilai yang lain. Sebagai contoh, perubahan bentuk dari sensor diubah menjadi keluaran elektrik seperti tegangan atau arus. Pada dasarnya, pressure transmitter memiliki fungsi untuk mendeteksi suatu tekanan dan mengubahnya ke bentuk yang lain yaitu berupa besaran listrik. Sesuai standarnya, besaran listrik tersebut berada pada range $4 - 20 \text{ mA}$ atau $0 - 5 \text{ Vdc}$. Bentuk fisik dari pressure transmitter 61-PT-1108 ditunjukkan pada gambar 2.



Gbr 2. Pressure Transmitter (61-PT-1108)

C. Control Valve (61-PV-1108)

Aktuator merupakan bagian dari sistem control yang bertindak sebagai eksekutor untuk mengubah parameter control agar didapatkan output sesuai dengan setpoint.

Pada loop tertutup, control valve merupakan sebuah elemen penggerak akhir (final element). Elemen penggerak akhir ini dapat dimanipulasi oleh controller sesuai dengan kesalahan error dari keluaran plant yang terbaca.[1] Jika tekanan yang terbaca pada pressure transmitter tidak sesuai dengan nilai yang telah ditetapkan, maka controller akan memberikan sinyal perintah kepada control valve agar terbuka, sehingga tekanan tetap pada nilai yang ditentukan. Bentuk fisik dari control valve 61-PV-1108 ditunjukkan pada gambar 3.



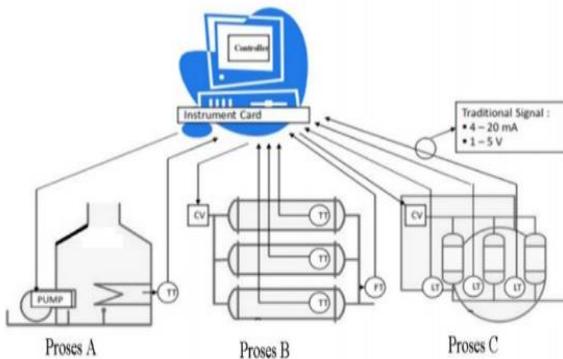
Gbr 3. Control valve (61-PV-1108)

D. Distributed Control System (DCS)

Sistem kendali terdistribusi berfungsi sebagai sistem kendali yang bertujuan untuk mencapai dan mempertahankan suatu variable proses pada nilai tertentu secara terus-menerus.[1]

Selain itu DCS memiliki beberapa fungsi sebagai berikut :

- DCS berfungsi sebagai alat untuk melakukan control suatu lup sistem dimana satu lup bisa terjadi beberapa proses control.
- Berfungsi Sebagai pengganti alat-alat control manual dan auto yang terpisah-pisah menjadi suatu kesatuan sehingga lebih mudah untuk pemeliharaannya dan penggunaannya.
- Sarana pengumpulan data dan pengolahan data agar didapat suatu proses yang diinginkan. Skema proses control DCS ditunjukkan pada gambar 4.

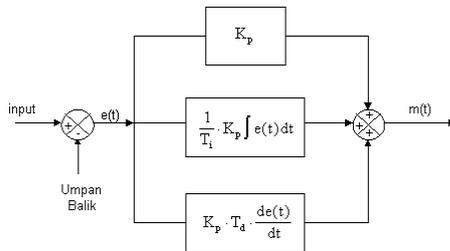


Gbr 4. Skema Proses Kontrol DCS

E. Pengendali PID

Pengendalian PID merupakan salah satu dari 5 metode yang digunakan pada sistem kontrol. Hal ini dikarenakan sistem PID merupakan kontrol lup tertutup yang cukup sederhana dan kompatibel sehingga dapat dikombinasikan dengan sistem kontrol lain seperti Fuzzy control, Adaptif control dan Robust control.

Pada sistem PID besaran nilai tergantung parameter P,I dan D, keluaran pengendali PID merupakan penjumlahan dari keluaran pengendali proporsional, pengendali integral dan pengendali derivative.[3] Blok diagram dari pengendali PID ditunjukkan pada Gambar 5.



Gbr 5. Blok Diagram Pengendali PID

F. Metode Tuning Chien-Hrones-Reswick (C-H-R)

Metode Chien-Hrones-Reswick (C-H-R) yang digunakan pada penelitian ini adalah modifikasi dari metode Ziegler-Nichole. Metode C-H-R diciptakan oleh Chien,Hrones and Reswick pada tahun 1952. Metode ini menghasilkan kompensator yang lebih baik dengan parameter K (koefisien tindakan proporsional), L (waktu delay), dan T (kompensasi waktu) dari respon langkah sistem.

TABEL I
Penentuan Parameter Pengendali Menggunakan Metode C-H-R

Tipe pengendali	Dengan 0% overshoot		
	Kp	Kp	Ti
P	0,3/a	-	-
PI	1,35/a	1,2T	-
PID	1,6/a	T	0,5L

G. Metode Tuning Tyreus-Luyben

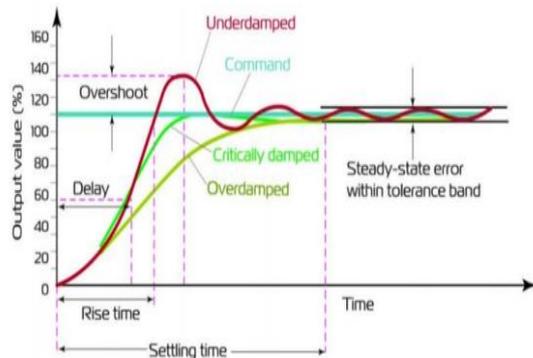
Metode penalaan Tyreus-Luyben dilakukan dengan propotional band saja, Nilai Kp dinaikkan dari 0 hingga tercapai nilai Kp yang menghasilkan osilasi yang konsisten, Nilai Kp yang menyebabkan osilasi ini disebut critical gain (Kcr) sedangkan waktu yang dibutuhkan antar puncak osilasi disebut sebagai periode kritis (Pcr).[2]

Tabel II
Penentuan Parameter Pengendali Menggunakan Tyreus-Luyben

Tipe pengendali	Kp	Ti	Td
PI	0,45Kcr	2,2Pcr	-
PID	0.313Kcr	2,2Pcr	0,16Pcr

H. Kriteria Performansi

Suatu sistem pengendalian memiliki tujuan utama untuk mendapatkan unjuk kerja yang optimal pada suatu sistem yang dirancang. Dalam mengukur kriteria performansi diekspresikan dengan ukuran rise time (tr), peak time (tp), settling time (ts), maximum overshoot (Mp), delay time (td), nilai error dan damping ratio.[5] Respon transien sistem pengendali ditunjukkan pada gambar 6.



Gbr 6. Respon Transien pada Sistem Pengendali

I. Hasil Perhitungan Parameter PID

Berdasarkan perhitungan parameter Kp,Ki dan Kd dari Tabel 1 dan Tabel 2, data ditampilkan pada Tabel 3.

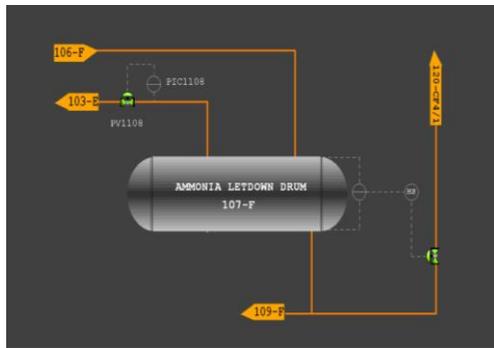
TABEL III
Data Hasil Perhitungan Kp,Ki dan Kd

No	Metode Tuning PID	Nilai Parameter
1.	C-H-R	Kp = 1,33 Ki = 4,97 Kd = 6,61
2.	Tureus-Luyben	Kp = 7,48 Ki = 3,08 Kd = 0.17
3.	PT PIM	Kp = 200 Ki = 750 Kd = 5

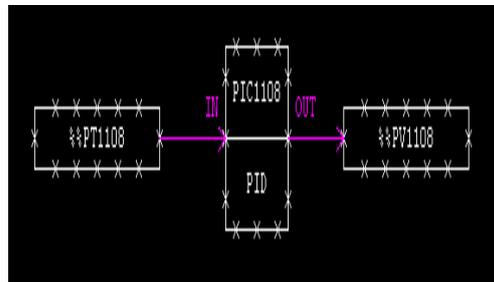
III. METODOLOGI

A. Perancangan DCS

Sistem pengendalian tekanan PIC1108 pada ammonia letdown drum menggunakan pengendalian PID dengan PT1108 sebagai input dan PV1108 sebagai output. Sistem pengendalian tekanan pada 107-F dapat dilihat pada gambar 7 (a) dan (b).



(a)



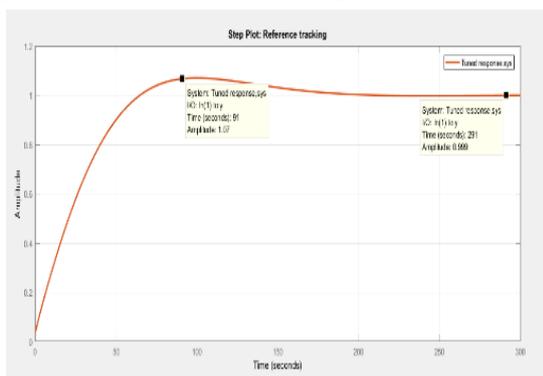
(b)

Gbr 7. Sistem Pengendalian 107-F

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tuning Sistem PID dengan Metode Chien-Hrones-Reswick (C-H-R)

Pengujian ini dilakukan dengan mengatur parameter K_p , K_i dan K_d sesuai table 3 menggunakan metode C-H-R dengan pengendalian PID. Hasil pengujian menggunakan MatLab ditunjukkan pada gambar 9.



Gbr 9. Respon sistem

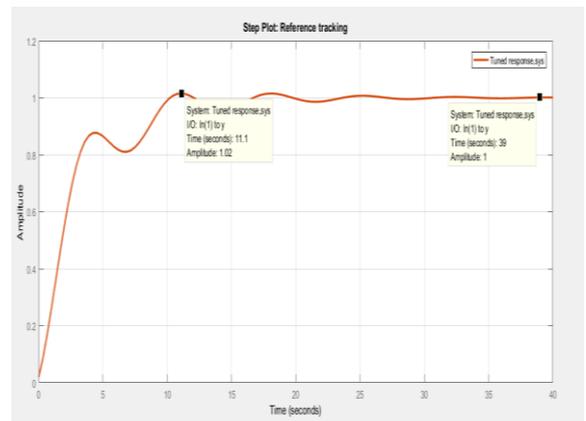
hasil pengujian menggunakan DCS ditunjukkan pada gambar 10.



Gbr 10. Respon sistem DCS

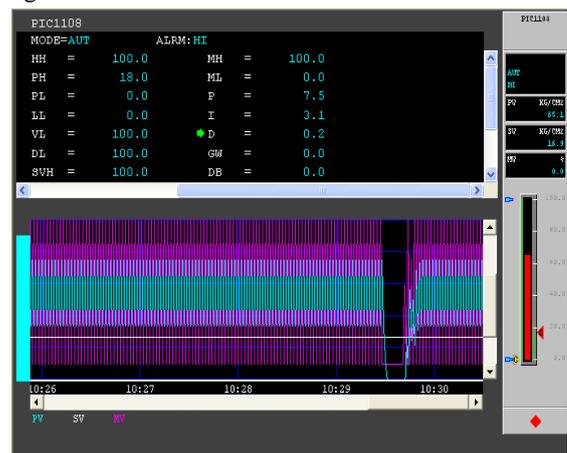
B. Tuning Sistem PID dengan Metode Tyreus-Luyben

Pengujian ini dilakukan dengan mengatur parameter K_p , K_i dan K_d sesuai dengan perhitungan matematis menggunakan metode Tyreus-Luyben dengan pengendalian PID. Hasil pengujian menggunakan MatLab ditunjukkan pada gambar 11.



Gbr 11. Respon Sistem

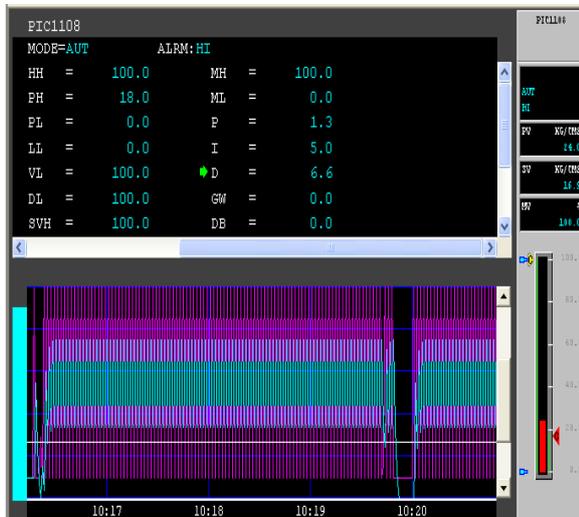
Hasil pengujian menggunakan DCS ditunjukkan pada gambar 12.



Gbr 12. Respon Sistem DCS

C. Tuning PID dengan Metode PT PIM

Berdasarkan table 3, *setting* parameter di PT Pupuk Iskandar Muda Respon dengan menggunakan pengendalian PID dimana $K_p = 200$, $K_i = 750$ dan $K_d = 5$ menghasilkan respon sistem yang stabil (17,50 kg/cm²), dimana *process variabel* (PV) tidak melebihi *setting variabel* (SV) yaitu 17 kg/cm². Hasil pengujian dengan DCS ditunjukkan pada gambar 13.



Gbr 10. Respon sistem DCS

D. Analisis Kontrol Sistem

Berdasarkan perhitungan performansi kriteria dan hasil respon yang dihasilkan pengendali PID didapatkan seperti pada table 4.

TABEL IV
Data Perhitungan

Metode Tuning PID	Lewatan Maksimum (%)	Waktu Puncak (rad/s)	Waktu Naik (s)	Waktu Penetapan (s)
C-H-R	0,01	6,83	0,76	2,71
Tureus-Luyben	0,02	6,68	0,67	2,64
PT PIM	-	-	-	-

Pada metode C-H-R, nilai parameter $K_p = 1,33$, $K_i = 4,97$, $K_d = 6,61$ dihasilkan berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dan simulasi MatLab sehingga didapatkan lewatan maksimum (maximum overshoot) sebesar 0,01%, waktu naik (rise time) 6,83 detik, waktu puncak (peak time) 0,76 detik, dan waktu penetapan (settling time) 2,71 detik. Maka dapat ditetapkan kondisi sistem pengendalian stabil. Sedangkan pada saat disimulasikan pada DCS, pengendalian tekanan (PIC1108) pada setpoint (garis putih SV) 16.9 kg/cm² namun menghasilkan PV (garis biru) dan MV (garis

merah) yang tidak stabil yang ditampilkan pada gambar 10.

Pada metode Tureus-Luyben, nilai parameter $K_p = 7,84$, $K_i = 3,08$, $K_d = 0.17$ dihasilkan berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sehingga didapatkan lewatan maksimum (maximum overshoot) sebesar 0,02%, waktu naik (rise time) 6,68 detik, waktu puncak (peak time) 0,67 detik, dan waktu penetapan (setting time) 2,64 detik. Maka dapat ditetapkan kondisi sistem pengendalian stabil. Sedangkan pada saat disimulasikan dengan DCS, pengendalian tekanan (PIC1108) stabil pada setpoint (garis putih SV) 16.9 kg/cm² namun menghasilkan PV dan MV yang tidak stabil. Pengendalian tekanan pada ammonia letdown drum (61-107-F) di PT Pupuk Iskandar Muda menggunakan pengendali PID dimana $K_p = 200$, $K_i = 750$ dan $K_d = 5$ menghasilkan respon yang stabil, nilai parameter K_p , K_i dan K_d tersebut didapatkan berdasarkan sistem kerja alat yang menggunakan sistem kendali berbasis DCS. Pada Gambar 4.5 ditampilkan hasil simulasi MATLAB yang mengasilkan kondisi stabil dengan tidak adanya overshoot.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada Studi Pengendalian Tekanan pada Ammonia Letdown Drum 61-107-F dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses letdown drum dengan flashing vapour bertujuan menurunkan tekanan dari 150 kg/cm² (69oC) dengan mengalihkan vapour ke recovery unit hingga 16,9 kg/cm² (-21oC sedangkan ammonia liquid dialirkan ke separator sehingga suhu mencapai 33⁰C dan dikirm ke urea plant sebagai hot product. Maka dari itu suhu pada letdown drum harus dijaga tetap stabil.
2. Pengujian dengan metode Chien-Hrones-Reswick (C-H-R) menghasilkan nilai $K_p = 1,33$, $K_i = 4,97$, $K_d = 6.61$ dan lewatan maksimum (maximum overshoot) sebesar 0,01%, waktu naik (rise time) 6,83 detik, waktu puncak (peak time) 0,76 detik, serta waktu penetapan (settling time) 2,71 detik. Sistem kendali tekanan PIC1108 menggunakan metode C-H-R menghasilkan respon yang tidak stabil.
3. Pengujian dengan metode Tyreus-Luyben $K_p = 7,48$, $K_i = 2,43$, $K_d = 0,17$ dan lewatan maksimum (maximum overshoot) sebesar 0,02%, waktu naik (rise time) 6,68 detik, waktu puncak (peak time) 0,67 detik, serta waktu penetapan (setting time) 2,64 detik. Sistem kendali tekanan PIC1108 menggunakan metode Tyreus-Luyben menghasilkan respon yang tidak stabil.
4. Berdasarkan performansi kriteria sistem kendali PID dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai parameter (K_p , K_i dan K_d) maka nilai respon lewatan maksimum lebih kecil, waktu puncak dan waktu penetapan lebih cepat.

Sebagaimana yang dihasilkan metode Tyreus-Luyben dengan minim overshoot dari pada metode C-H-R bagi pengendalian tekanan pada ammonia letdown drum (61-107-F).

REFERENSI

- [1] Ali, Muhammad dkk. 2020. **Sistem Kontrol Proses Industri dengan DCS**. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta Press.
- [2] Wahyu dan Muhammad. 2019. **Perancangan Kontroler PID Tyreus Luyben Untuk Kendali Vibrasi Pada Robot Single Link Flexible Joint Manipulator**. Jurnal Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Surabaya.
- [3] Faizal,Ahmad dkk. 2018. **Pengendalian Tekanan pada Modul Training Pressure Process Rig 38-714 Menggunakan Pengendali MRAC Kombinasi PID**. Jurnal Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Sultan Syarif Kasim Riau.
- [4] Tim Initial Startup Pabrik Ammonia-2. 2018. **Standard Operating Procedures Pabrik Ammonia-2**. PT Pupuk Iskandar Muda
- [5] Kamal, Muhammad. 2010. **Dasar Sistem Kendali**. Modul Ajar Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe.