

ANALISA KONTROL PI PADA PROSES KONTROL TEKANAN DENGAN METODE ZEIGLER-NICHOLS VESSEL 62-DA-201 PADA PT PUPUK ISKANDAR MUDA

Jannatul Makwa¹, Azhar², Arsy Febrina Dewi³

^{1,2,3} Prodi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: jannatulmakwah123@gmail.com¹, azhar@pnl.ac.id², arsyfebrinadw@pnl.ac.id³

Abstrak —*High Pressure Decomposer* merupakan vessel yang memisahkan kelebihan NH_3 dari campuran reaksi dan mendekomposisi ammonium karbamat menjadi NH_3 dan CO_2 . Tekanan yang terjadi pada *high pressure decomposer* dihasilkan oleh *ammonium karbamat* yang masuk ke vessel, semakin banyak *ammonium karbamat* yang masuk maka semakin tinggi pula tekanan yang dihasilkan ($>17 \text{ kg/cm}^2$). Sistem pengendalian yang digunakan pada PT Pupuk Iskandar Muda adalah pengendalian PI (Proporsional plus Integral) dengan metode *manual tuning*. Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi dengan cara membuat permodelan matematis pada *plant* untuk mendapatkan fungsi alih dan menggunakan sistem pengendalian PI (Proporsional plus Integral) menggunakan metode *Ziegler-Nichols*. Dari pengujian simulasi dan analisis, diketahui pada metode Ziegler Nichols dengan parameter $K_p = (100)$, $K_i = 20$ menghasilkan performansi sistem berupa $\%M_p = 1,3\%$, $t_r = 1,976$ detik, $t_p = 1,294$ rad/s, dan $t_s = 5,689$ detik dan menghasilkan respon sistem yang baik. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa metode *Ziegler-Nichols* merupakan metode pengendali PI yang ideal bagi sistem pengendalian tekanan pada *high pressure decomposer* (62-DA-201).

Kata-kata kunci: Simulasi, *High Pressure Decomposer*, Kendali PI dan *Ziegler-Nichols*

I. PENDAHULUAN

Pada PT pupuk Iskandar Muda pengolahan bahan baku agar menjadi pupuk dibagi menjadi tiga tahap salah satunya yaitu tahap purifikasi. Purifikasi adalah unit pemurnian urea yang bertujuan untuk memisahkan/memurnikan urea dari komponen lain yang terdapat dalam produk outlet reaktor. Salah satu tahap pemurnian urea yaitu pada *decomposer* tekanan tinggi (62-DA-201) atau *high pressure decomposer*. *High Pressure Decomposer* (62-DA-201) berfungsi untuk memisahkan *excess ammonia* dari hasil reaksi dan mengubah *ammonium karbamat* menjadi amonia dan gas karbon dioksida dengan cara menaikkan suhu dan menurunkan tekanan.[6]

Tekanan pada *high pressure decomposer* (62-DA-201) dipertahankan pada 17 kg/cm^2 (241,791 Psi) dan pengontrolan tekanan pada *high pressure decomposer* (62-DA-201) tersebut menggunakan *controller* PI (Proporsional plus Integral). Dalam penelitian ini akan dilakukan permodelan matematis pada peralatan sistem kendali berupa vessel *high pressure decomposer*, *pressure transmitter* dan *control valve*. Pengontrolan tekanan pada *high pressure decomposer* (62-DA-201) menggunakan metode pengontrolan PI dan menggunakan metode *tuning Ziegler-Nichols* dan

kemudian akan disimulasi menggunakan *software* MATLAB.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

Atika Lefyana Nur (2018). *Studi Pengendalian Tekanan Gas Pada Ammonia Storage Tank (64-FB-2001) Di Pt Pupuk Iskandar Muda*. PT Pupuk Iskandar Muda menggunakan sistem kendali PI (proporsional plus Integral) dengan metode *manual tuning* dimana nilai parameter $K_p = 20$ dan $K_i = 550$ untuk menghasilkan respon tekanan pada *ammonia storage tank* (64-FB-2001) tetap stabil, namun pada penelitian ini, ketika nilai parameter tersebut diinputkan, respon yang dihasilkan tidak stabil, hal ini dikarenakan nilai parameter tersebut dihasilkan berdasarkan sistem kerja alat. [4]

Ilham Akbal (2019). Perancangan sistem pengendalian tekanan tangki *adsorption dryer* dengan metode pengendali PI *Ziegler – Nichols* yang penulis simulasikan pada *software* DCS Centum CS 3000 memiliki *overshoot* (M_p) sebesar 22,5 % . Selain terjadi *overshoot* sebesar 22,5 %, juga diketahui *error steady state* yang terjadi adalah nol, dimana hal ini berdasarkan hasil respon sistem yang didapat pada saat diberikan nilai sv 8 kg/cm^2 diperoleh tekanan yang dihasilkan sistem ketika sistem telah stabil juga 8 kg/cm^2 .

B. High Pressure Decomposer

High Pressure Decomposer (62-DA-201) merupakan vessel yang memisahkan kelebihan NH₃ dari campuran reaksi dan mendekomposisi *ammonium karbamat* menjadi NH₃ dan CO₂. Tekanan yang terjadi pada *high pressure decomposer* dihasilkan oleh *ammonium karbamat* yang masuk ke vessel, semakin banyak *ammonium karbamat* yang masuk maka semakin tinggi pula tekanan yang dihasilkan. [1]

Tekanan pada *high pressure decomposer* (62-DA-201) dipertahankan pada 17 kg/cm². Bentuk fisik dari *high pressure decomposer* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gbr. 1 High Pressure Decomposer (62-DA-201)

C. Control Valve (62-PV-204)

Control valve adalah katup yang digunakan untuk mengendalikan tekanan, aliran, suhu dan level cairan dengan cara mengubah pembukaan atau penutupan dari katup sesuai dengan *set point* yang ditentukan. Pada proses pengendalian tekanan di vessel 62-DA-201, control valve yang digunakan adalah *air to open* jenis *butterfly valve*. *Control valve air to open* (ATO) berfungsi sebagai *actuator* yang menjaga tekanan pada *high pressure decomposer*. 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. [6] Bentuk fisik dari *control valve* 62-PV-204 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gbr. 2 Control Valve

D. Pressure Transmitter (62-PT-201)

Pressure transmitter merupakan sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur tekanan. Proses pengukuran tersebut sebenarnya merupakan proses perubahan suatu nilai ke nilai yang lain. Pada vessel 62-DA-201, *pressure transmitter* yang digunakan adalah jenis diafragma dan diberi kode item 62-PIC-201. *Pressure transmitter* jenis ini menggunakan diafragma sebagai sensing elemennya. Saat terkena tekanan, maka diafragma akan berubah bentuk (mengembang), sehingga terjadi perubahan pada port outputnya yang berupa arus. Perubahan arus tersebut sesuai dengan tekanan yang diterima oleh diafragma. [6].Bentuk fisik dari *pressure transmitter* 62-PT-201 ditunjukkan pada Gambar 3.



Gbr. 3 Pressure Transmitter

E. Aksi Kontrol Proporsional plus Integral (PI)

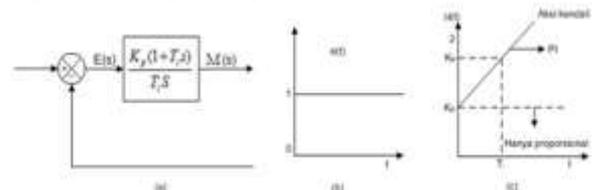
Aksi pengendali Proporsional Plus Integral didefinisikan dengan persamaan berikut :

$$m(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt \quad (1)$$

Atau fungsi alih kontroler adalah :

$$\frac{m(s)}{e(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (2)$$

Diagram blok pengendalian proporsional plus integral, diagram masukan langkah-unit, dan keluaran pengendali ditunjukkan pada Gambar 4.

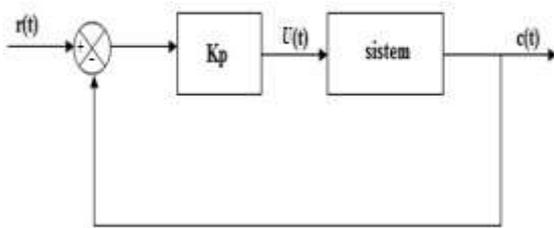


Gbr 4. (a) Diagram Blok Pengendali Proporsional Plus Integral, (b) Diagram Masukan Langkah-Unit, (c) Keluaran Pengendali

F. Metode Tuning Zeigler-Nichols

Metode penalaan *Ziegler-Nichols* yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Ziegler-Nichols* osilasi. [2] Metode ini dilakukan dengan cara eksperimen dengan memberikan pengendali Proporsional yang disusun secara seri terhadap *plant*

pada suatu sistem *loop* tertutup seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gbr. 5 Sistem Loop Tertutup dengan Pengendali Proporsional

Tabel I
Penentuan Parameter Pengendali Menggunakan Metode Osilasi

Tipe pengendali	Kp	Ti	Td
P	0,5 Kcr	∞	0
PI	0,45 Kcr	$\frac{1}{1,3}$ Per	0
PID	0,6 Kcr	0,5 Per	0,125 Per

III. METODOLOGI

A. Permodelan High Pressure Decomposer (62-DA-201)

Pengendalian tekanan pada *high pressure decomposer* (62-DA-201) harus dijaga pada suatu nilai tertentu (17 kg/cm²). Bila tekanan tersebut tidak sesuai dengan *set point* (17 kg/cm²), maka akan berdampak negatif pada vessel itu sendiri.

Ogata (1993:111) menjelaskan bahwa aliran gas melalui penghalang merupakan fungsi dari beda tekanan gas $P_i - P_o$. Sistem tekanan seperti itu dapat dicirikan dalam bentuk tekanan dan kapasitansi.[3] Tahanan aliran gas (R) didefinisikan sebagai berikut:

$$R = \frac{d(\Delta P)}{dq} \tag{3}$$

$$R = \frac{P_i - P_o}{q} \tag{4}$$

Dimana:

R = Tahanan Aliran Gas

P_i = Tekanan gas aliran masuk

P_o = Tekanan gas dalam tangki

q = Laju aliran gas

Tabel II
Data Hasil Observasi

Tekanan Masuk	Tekanan Dalam Tangki	Laju Aliran
20,45 kg/cm ²	17 kg/cm ²	32,5 kg/s

Fungsi alih pada *high pressure decomposer* (62-DA-201) adalah :

$$\frac{P_o(s)}{P_i(s)} = \frac{1}{0,106 \times 1898,077 s + 1}$$

$$\frac{P_o(s)}{P_i(s)} = \frac{1}{201,196s + 1}$$

B. Permodelan Control Valve

Control valve yang digunakan berupa *diaphragma control valve* dengan jenis *control valve air to open*. *Control valve* memiliki masukan sinyal berupa arus listrik kemudian diubah menjadi tekanan melalui I/P Converter yang mengubah sinyal input 4-20 mA menjadi sinyal *pneumatic* 0-33psi.

Model matematis *control valve* dapat didekati dengan persamaan orde 1 sebagai berikut:

$$\dot{Mv}(s) = \frac{G_{cv} \times Us}{\tau_{cv}s + 1}$$

Fungsi transfer untuk *control valve* adalah:

$$\dot{Mv}(s) = \frac{G_{cv} \times Us}{\tau_{cv}s + 1}$$

$$\dot{Mv}(s) = \frac{2,031 \times 2,062}{1,785s + 1}$$

$$\dot{Mv}(s) = \frac{4,187}{1,785s + 1}$$

C. Permodelan Pressure Transmitter

Pressure transmitter yang digunakan adalah jenis diafragma yang akan mengubah sinyal masukan 0-0,2 Kg/cm² menjadi sinyal arus listrik 4-20 mA. Model matematis *Pressure Transmitter* dapat didekati dengan persamaan orde 1 sebagai berikut:

$$\frac{Pp(s)}{Ip(s)} = \frac{Gp}{\tau cs + 1}$$

Gp = Gain Pressure Transmitter (mAc^m/Kg)

$\tau c = \text{Time constant transmitter}$

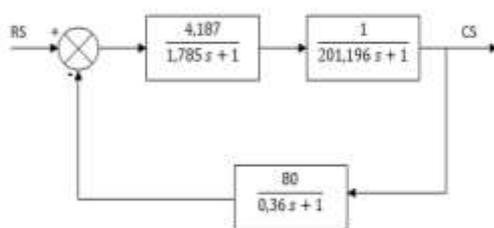
Fungsi transfer untuk *pressure transmitter* adalah :

$$\frac{Pp(s)}{Ip(s)} = \frac{Gp}{\tau c s + 1}$$

$$\frac{Pp(s)}{Ip(s)} = \frac{80}{0,36s + 1}$$

D. Blok Diagram Sistem

Fungsi transfer dari model-model tersebut akan membentuk sebuah diagram blok pengendalian sistem tekanan gas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



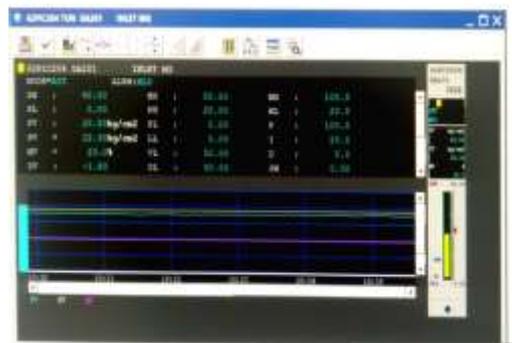
Gbr. 6 Blok Diagram Tanpa Pengendali PI

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian akan disimulasikan dengan cara mensimulasi pengendalian tekanan gas dengan pengendali PI (Proporsional plus Integral) menggunakan metode *Ziegler-Nichols* setelah itu akan disimulasikan dengan pengendali PI (Proporsional plus Integral) dimana nilai PI tersebut menggunakan metode *manual tuning* yang telah diterapkan di PT Pupuk Iskandar Muda. Setelah itu akan dianalisis bagaimana hasil respon dari kedua pengendalian tersebut dan akan dibandingkan dengan respon yang dihasilkan pada PT. Pupuk Iskandar Muda.

A. Respon Pengendali PI di PT Pupuk Iskandar Muda

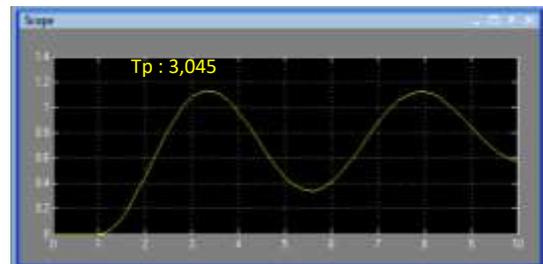
Respon dihasilkan dengan menggunakan pengendalian PI dan menggunakan metode *manual tuning*, dimana $Kp = 100$, dan $Ki = 20$. Respon yang dihasilkan stabil, dimana *process variabel* (PV) tidak melebihi *setting variabel* (SV). Hasil respon pengendalian di PT Pupuk Iskandar Muda seperti Gambar 7.



Gbr. 7 Respon Pengendalian di PT Pupuk Iskandar Muda

B. Pengujian Pengendali PI Menggunakan Metode Zeigler-Nichols

Pengujian ini dilakukan dengan mengatur parameter Kp dan Ki sesuai dengan perhitungan matematis menggunakan metode *Ziegler-Nichols*, dimana nilai $Kp = 100$ dan $Ki = 20$.

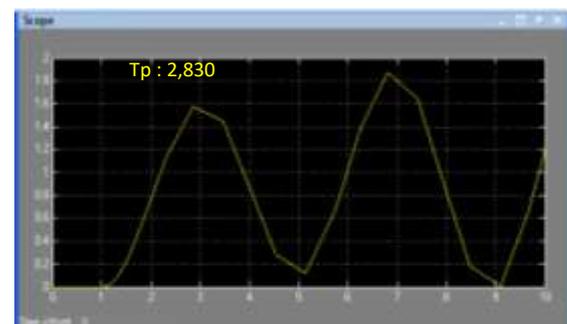


Tanggapan Sistem Kendalinya adalah :

- Lewatan Maksimum = 1,3%
- waktu puncak 1,229 detik
- waktu naik 2,080 detik
- waktu penetapan 5,988 detik

C. Pengujian Berdasarkan Simulasi Matlab

Pengujian ini dilakukan dengan mengatur parameter Kp dan Ki sesuai dengan perhitungan matematis menggunakan metode *Ziegler-Nichols*, dimana nilai $Kp = 100$ dan $Ki = 20$.



Gbr. 9 Respon Sistem Berdasarkan Simulasi Matlab

Tanggapan Sistem Kendalinya adalah :
 Lewatan Maksimum = 45,8%
 waktu puncak = 1,143 detik
 Waktu naik selama 1,633 detik
 Waktu penetapan pada saat 14,598 detik

Hasil respon pengendalian pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel II
 Hasil Respon Pengendalian

No	Pengendalian	Nilai Parameter	Lewatan Maksimum (%)	Waktu Puncak (s)	Waktu Naik (s)	Waktu Penetapan (s)
1	PIPTPI	Kp = 100 Ki = 20	1,3	1,229	2,080	5,988
2	PI simulasi	Kp=154,711 Ki= 92,641	45,8%	1,143	1,633	14,598

Pengendalian tekanan pada *high pressure decomposer* (62-DA-201) di PT Pupuk Iskandar Muda menggunakan pengendali PI dimana Kp = 100 dan Ki = 20 didapatkan menggunakan metode *manual tuning* dan telah menghasilkan respon yang baik, nilai parameter Kp dan Ki tersebut didapatkan berdasarkan sistem kerja alat yang menggunakan sistem kendali berbasis DCS, tetapi pada saat nilai parameter tersebut disimulasikan menggunakan alat bantu *software* MATLAB menghasilkan lewatan maksimum (*maximum overshoot*) sebesar 1,3 %, waktu naik (*rise time*) 2,080 detik, waktu puncak (*peak time*) 1,229 detik, dan waktu penetapan (*settling time*) 5,988 detik.

Nilai parameter Kp = 154,711 dan Ki = 92,641 didapatkan berdasarkan hasil dari perhitungan berdasarkan fungsi alih yang telah didapatkan maka didapatkan lewatan maksimum (*maximum overshoot*) sebesar 45,8 %, waktu naik (*rise time*) 1,683 detik, waktu puncak (*peak time*) 1,143 detik, dan waktu penetapan (*settling time*) 14,598 detik.

Maka berdasarkan hasil simulasi menggunakan alat bantu MATLAB, nilai parameter tersebut dapat di terapkan pada proses pengendalian tekanan pada *high pressure decomposer* (62-DA-201), jadi dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai parameter (Kp dan Ki) yang diinputkan, maka akan menghasilkan nilai respon lewatan maksimum yang tinggi dan waktu puncak yang lama, tetapi waktu penetapan yang

dihasilkan semakin cepat sehingga metode *Zeigler-Nichols* adalah pengendalian PI yang ideal bagi pengendalian tekanan pada *high pressure decomposer* (62-DA-201).

V KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan analisis, maka dapat ditarik simpulan bahwa:

1. Pengendali PI (Proposional *plus* Integral) dapat digunakan pada pengendalian tekanan, pengendali PI (Proposional *plus* Integral) digunakan sebagai suatu metode perhitungan setting untuk mendapatkan respon sistem agar sesuai dengan *setpoint* yang diberikan.
2. Dari hasil simulasi, diperoleh hasil PI menggunakan metode *Zeigler-Nichols* menghasilkan sistem yang baik dimana menghasilkan lewatan maksimum (*maximum overshoot*) %Mp = 1,3%, *Rise time* sebesar (tr) = 1,976 detik, wktu puncak (tp) = 1,294 detik dan waktu penetapan (ts) = 5,689 detik.
3. Dari hasil simulasi berdasarkan fungsi alih, diperoleh hasil pengendali PI menggunakan metode *Zeigler-Nichols* menghasilkan sistem yang baik dimana menghasilkan lewatan maksimum (*maximum overshoot*) %Mp = 45,8%, *Rise time* sebesar (tr) = 1,633 detik, waktu puncak (tp) = 1,143 detik dan waktu penetapan (ts) = 14,598 detik.
4. Pada metode *Zeigler-Nichols* menghasilkan sistem yang ideal, dimana menghasilkan nilai yang baik dan respon yang cepat.
5. Semakin besar nilai parameter (kp dan ki) yang diinputkan, akan menghasilkan nilai respon lewatan maksimum (*maximum overshoot*) yang tinggi (>1,3%) dan waktu puncak yang lama (>1,294 detik), tetapi *setting time* yang dihasilkan semakin cepat.
6. Metode perhitungan *Zeigler-Nichols* pengendali PI (Proposional *plus* Intergral) merupakan sistem ideal bagi parameter tekanan untuk *high pressure decomposer* (62-DA-201).

REFERENSI.

- [1] AA, Melkias, dkk. 2020. *Evaluasi Kinerja High Pressure Decomposer*, Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung.
- [2] Kamal, Muhammad. “**Dasar Sistem Kendali (Modul Ajar)**”, Program Studi Instrumentasi dan Otomasi Industri Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe,2010.
- [3] Ogata, Katsuhiko. “**Teknik Kontrol Automatik**”. Terjemahan : Edi Leksono, Jilid 1.Jakarta: Erlangga,1996
- [4] Nur, Lefyana, Atika. 2017. “**Studi Pengendalian Tekanan Gas Pada Ammonia Storage Tank 64-FB-2001 di PT Pupuk Iskandar Muda**”, (Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Instrumentasi dan Otomasi Industri Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe).
- [5] Syakur, Muhammad Abdan. 2016. “**Studi Pengendalian Tekanan Uap Pada Tangki Unit Urea Menggunakan Kendali PI Aplikasi Pada PT Pupuk Iskandar Muda**”, (Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Instrumentasi dan Otomasi Industri Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe). karya tidak diterbitkan.
- [6] Muhammad, Fadli, dkk. 2018. *Standart Operating Procedures Pabrik*, Urea-2, PT Pupuk Iskandar Muda.