

Rancang Bangun Sistem Pengendalian Level pada *Knock Out Gas Drum* Menggunakan Pengendali PID di *Plant LNG*

Paisal Tajun Aripin¹, Erna Kusuma Wati¹, V. Vekky R. Repi¹, Hari Hadi Santoso^{1,2}

¹Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional, Jakarta

²Pusat Penelitian Kalibrasi Instrumentasi Metrologi LIPI, Jakarta 15314

Korespondensi: vekky_repi@yahoo.com

ABSTRAK. Proses *AGRU (Acid Gas Removal Unit)* yaitu suatu pemisahan H_2S (*Hydrogen Sulfide*) dan CO_2 (*Carbon Dioxide*) yang terkandung didalam gas dengan menggunakan larutan *amine* melalui proses absorpsi. Adapun peralatan penyusun proses tersebut adalah *absorber, regenerator, reboiler, condenser, cooler* dan *reflux drum*. Dalam penalaan kontrol PID ada beberapa metode yang digunakan seperti, *Ziegler – Nichols* dan *Tyreus – Luyben*, metode ini memiliki dua cara metode kurva reaksi dan osilasi. Nilai *set point* 0.21m dan *maximum overshoot* ($M_p = 9.75\%$). Sistem sudah dimasuki keadaan *steady* pada titik ke – 5.54 (*time setting*) dengan *Error Steady State* ($Ess \pm 0\%$), inilah osilasi terbaik berdasarkan kriteria performansi dan pengaruhnya terhadap respon *control valve*, maka parameter *controller* yang cocok untuk sistem pengendalian *level* pada *liquid tank* adalah nilai parameter yang didapatkan dengan *tuning* menggunakan fungsi *pidtune matlab*. Berdasarkan simulasi terakhir yang dilakukan dapat dilihat bahwa tuning dengan fungsi *pidtune matlab* memberikan nilai K_p , K_i , dan K_d pada kontroler *PID* yang paling baik jika dibandingkan dengan metode *Ziegler – Nichols*. Selain itu *tuning* dengan fungsi *pidtune matlab* juga dapat dilakukan dengan proses yang lebih mudah dan sederhana.

Kata kunci: *AGRU, absorber, regenerator, reboiler, condenser, cooler, reflux drum, Ziegler-Nichols, Tyreus – Luyben, pidtune, PID.*

PENDAHULUAN

Dalam suatu pengeboran minyak dan gas seringkali didapat kandungan material – material yang tidak sesuai dengan investigasi awal. Hal ini bisa disebabkan oleh banyak hal terutama fisik dari sumur seperti properti formasi dan trayektori lubang sumur. Selain itu, juga bisa disebabkan rentang waktu hasil investigasi akhir dengan proses pengeboran yang cukup lama akibat beberapa hal internal dan eksternal proses. Kebutuhan pengendalian pengukuran dilapangan akibat perubahan – perubahan dalam sumur sangat dibutuhkan agar hasil sampling *flow-rate* fluida yang keluar tetap terukur seakurat mungkin, untuk itu perlu dirancang sistem pengendalian *level* dengan menggunakan metode kontrol PID.

Pada sumur gas ini terkandung methane (CH_4) sebagai senyawa mayoritas. Selain itu juga terdapat senyawa – senyawa lain seperti : ethane (C_2H_6), propane (C_3H_8), normal dan iso butane (C_4H_{10}), normal dan iso pentane (C_5H_{12}) dan senyawa dengan rantai karbon diatas hexane (C_6+) sebagai kelompok minoritas. Oleh karena itu perlu dilakukan perancangan dan penetapan model kontroler dengan nilai – nilai tertentu pada pengendalian *level liquid*, serta penalaan pada parameter kontroler *PID* dengan menggunakan metode *Tyreus – Luyben* dan *Ziegler – Nichols*.

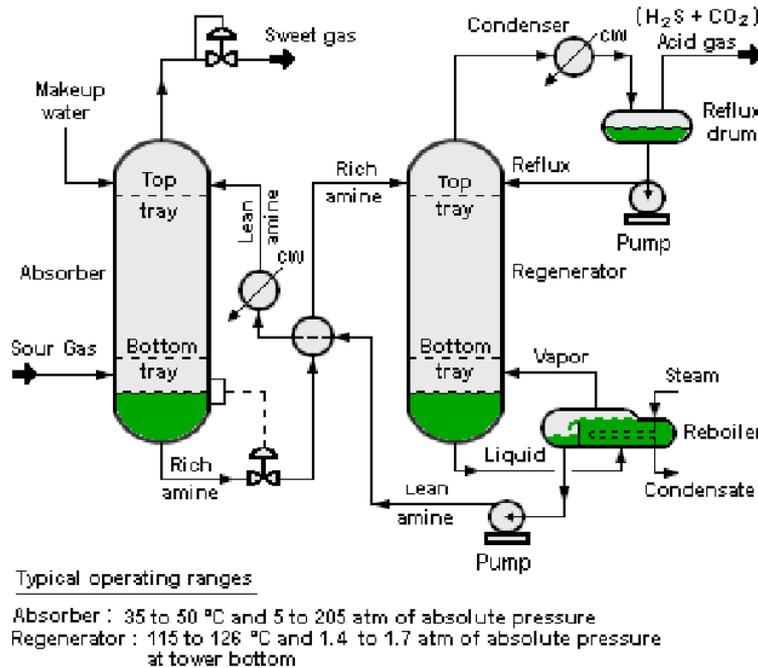
Untuk menyederhanakan permasalahan, maka diperlukan pembatasan masalah antara lain: properti hasil pengeboran sudah bersih dari lumpur yang biasanya terangkut pada awal – awal pengeboran; sesuai hasil surveil awal, jenis hasil produksi sumur – sumur ini adalah mayoritas gas; pada *liquid tank, level* dari *oil* dianggap sama dengan *level* air, yang selanjutnya disebut *liquid level*; level liquid di tetapkan sebagai variabel proses yang dikendalikan melalui manipulasi *flow-rate liquid* pada *liquid tank*. Paparan masalah dan batasan tersebut berfungsi agar perencanaan pengendalian *liquid level* dan *liquid tank* dapat dilakukan untuk memanipulasi laju aliran *liquid* pada satu fasilitas *AGRU (Acid Gas Removal Unit)*.

METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian yang dilakukan dimulai dari inventarisasi dan proses, plant, instrument kendali, alat ukur, pemodelan, dan simulasi. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *software Matlab-Simulink*, yang sekaligus dilakukan simulasi untuk dilakukan analisa dan pembahasan.

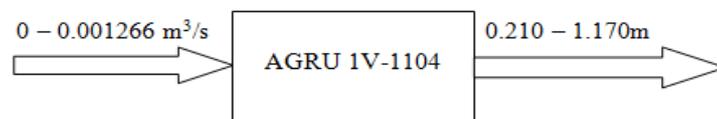
Model Matematis AGRU

Proses AGRU (*Acid Gas Removal Unit*) yaitu suatu pemisahan H₂S (*Hydrogen Sulfide*) dan CO₂ (*Carbon Dioxide*) yang terkandung didalam gas dengan menggunakan larutan *amine* melalui proses absorpsi. Adapun peralatan penyusun proses tersebut adalah *absorber, regenerator, reboiler, condenser, cooler* dan *reflux drum* seperti ilustrasi pada Gambar 1.



GAMBAR 1. Skema Proses AGRU

Model matematis *liquid tank* sesuai persamaannya didalam *matlab Simulink* diperlukan penyederhanaan dengan parameter *flow-rate* sebagai *input* dan *level* sebagai *output* seperti ilustrasi blok diagram pada Gambar 2.



GAMBAR 2. Diagram Blok *Liquid Tank* AGRU

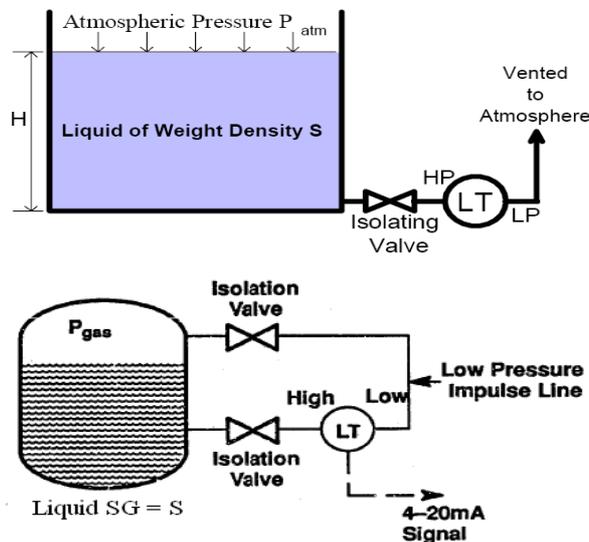
Diketahui besar aliran masuk dan keluar dari *liquid tank* adalah $Q_{out} = 0.001266 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan besar resistansi (perubahan perbedaan permukaan yang diperlukan untuk membuat satu satuan perubahan laju aliran), yaitu $R = H/Q_{out}$ adalah sama dengan 545 s/m^2 seperti yang ditunjukkan oleh persamaan (1).

$$\frac{H}{Q_{out}} = 545 \tag{1}$$

Model Matematis Differential Pressure Level Measurement

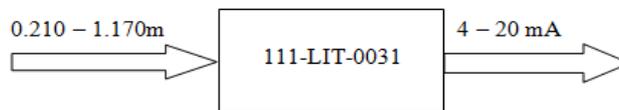
Differential pressure level atau yang sering disingkat dengan kata *DP level* dapat digunakan untuk mengukur cairan yang ada ditangki terbuka dan tertutup. Untuk mengukur cairan yang ada ditangki terbuka, *tapping point* yang bertekanan tinggi berada dibagian bawah tangki akan dihubungkan ke *transmitter*. Sedangkan *tapping point* yang bertekanan rendah dibuka sesuai dengan tekanan lingkungan. Sedangkan untuk tangki tertutup, *tapping point* yang bertekanan

rendah tidak dibuka kelingkungan. Tapi dihubungkan ke *transmitter* sama seperti *tapping point* yang bertekanan tinggi. Karena adanya tekanan tambahan yang dihasilkan oleh gas yang ada dibagian atas cairan didalam tangki tersebut [4]. Masing-masing ilustrasi ditunjukkan pada gambar 3.



GAMBAR 3. Ilustrasi Skema DP Level pada: (atas) Tangki Terbuka, (bawah) Tangki Tertutup.

Untuk mengukur tinggi *level liquid* dalam *liquid tank* digunakan suatu sensor yang disebut *level indicating transmitter* yang bertipe *differential pressure* (111-LIT-0031) yang mengukur *level liquid* dalam domain waktu yang mentransmisikanya dalam bentuk sinyal elektrik yang besarnya 4-20 mA. Ilustrasi blok diagram pada Gambar 4.



GAMBAR 4. Diagram Blok *Level Indicating Transmitter* 111-LIT-0031

Span input adalah kesalahan dari setting ketinggian yang digunakan *transmitter* ini pada liquid tank sebesar 0.96 m. Karena *output* dari *transmitter* adalah 4-20 mA dan *inputnya* adalah 0.210 - 1.170 m, maka *gain level transmitter* dapat diperoleh dengan persamaan (2).

$$G_{LIT} = \frac{(20-4)mA}{(0.96-0)m} = 16.667 \tag{2}$$

Secara umum transmisi sinyal arus listrik dari LIT ke kontroler relatif jauh, maka besarnya *Time Constant* (TLIT) yang digunakan adalah 0.76 detik. Sehingga persamaan fungsi alih *level transmitter* dengan menggunakan persamaan (3).

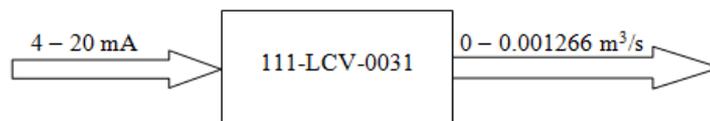
$$\frac{LIT_0}{LIT_i} = \frac{G_{LIT}}{(0.96-0)m} = 16.667 \tag{3}$$

Model Matematis Level Control Valve (111-LCV-0031)

Sistem pengendalian juga ditentukan dengan jenis *instrument* yang dipilih, salah satunya adalah *level control valve* yang ditunjukkan pada Gambar 5. Untuk menjaga level pada *liquid tank* tetap pada range 0.210 - 1.170 m, maka diperlukan satu *control valve* pada aliran masuk. Adapun control valve yang digunakan adalah jenis Globe-Valve 45°. Karakteristik dari pada *control valve* ini dapat dimodelkan pada gambar 6.



GAMBAR 5. Ilustrasi Level Control Valve



GAMBAR 6. Diagram Blok Level Control Valve 111-LCV-0031

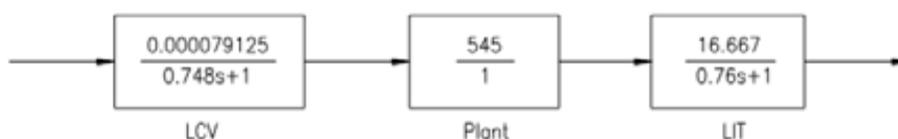
Dengan menganggap *output* dari *level control valve* adalah *flow-rate* dari aliran liquid yang besarnya $0 - 0.001266 \text{ m}^3/\text{s}$ dan input dari *control valve* adalah $4-20\text{mA}$, maka gainnya *level control valve* adalah sebesar $0.000079125 \text{ m}^3/\text{mA} \cdot \text{s}$. *Level control valve* 111-LCV-0031 yang memiliki *maximum flow rate* sebesar $0.001266 \text{ m}^3/\text{s}$ maka akan diperoleh nilai *time constant* : $rCV = 0.748 \text{ second}$ Maka persamaan model matematis sesuai persamaannya dari *control valve* ditunjukkan oleh persamaan (4).

$$\frac{LCV_o}{LCV_i} = \frac{0.000079125}{0.748 s + 1} \tag{4}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Open Loop System

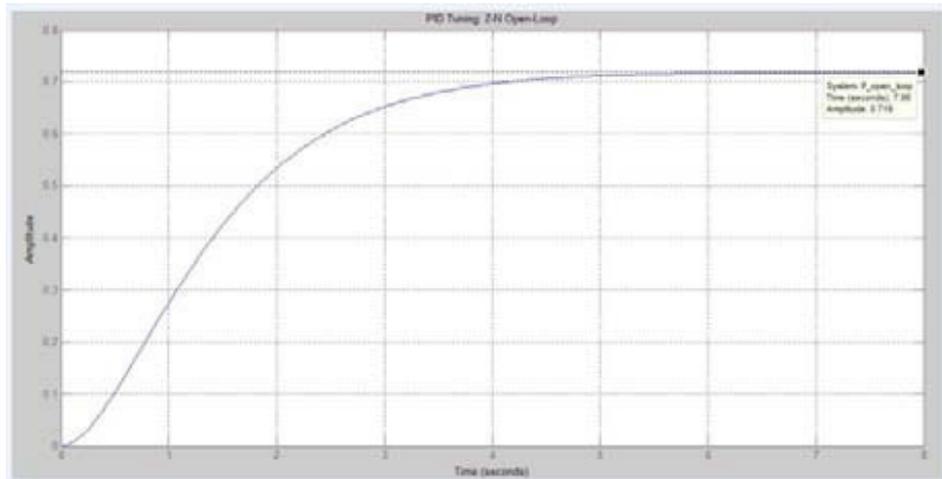
Pengujian *open loop* dilakukan untuk melihat karakteristik dari proses dengan melihat respon perubahan *level* pada *liquid tank* terhadap perubahan laju aliran *liquid* yang masuk ke *liquid tank* tanpa adanya *controller* dari proses pengendalian. Dari respon tersebut nantinya akan dapat dilihat apakah proses memerlukan *controller* atau tidak untuk menjamin agar proses dapat berjalan dengan aman.



GAMBAR 7. Diagram Blok Level Sistem *Open Loop*.

Dalam simulasi ini dengan $\text{error} = 28.1 \%$, respon sistem open loop terhadap input fungsi step Seperti dijelaskan pada batasan masalah, bahwa pengukuran *flow rate* dari *two-phase fluida*

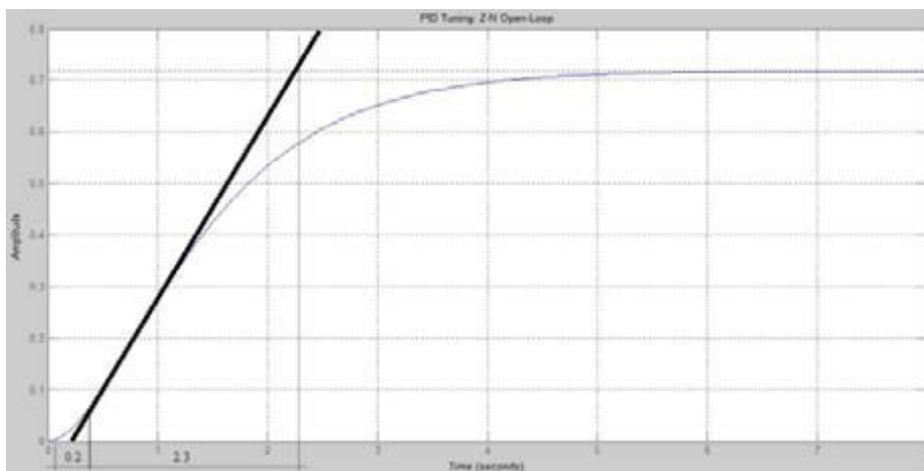
harus berada pada *range level liquid* didalam *liquid tank* adalah 0.210 ~ 1.170 m. Sehingga plant ini mutlak membutuhkan *controller* untuk mengendalikan proses secara keseluruhan. Gambar 8 merupakan respon uji *open loop*.



GAMBAR 8. Uji Open Loop System – Step Respon

Tuning Parameter Controller dengan Metode Ziegler - Nichols

Untuk mendapatkan kinerja sistem *control* yang memiliki perfromansi yang handal dan kualitas pengendalian yang optimal, maka parameter dalam *controller* juga harus memiliki nilai yang optimal. Hal pertama yang diperlukan untuk menentukan nilai optimal adalah mendapatkan variabel nilai penguatan dengan mengetahui kestabilan sistem. Gambar 9 merupakan kurva uji *open loop* sistem terhadap input fungsi step dengan garis tangen.



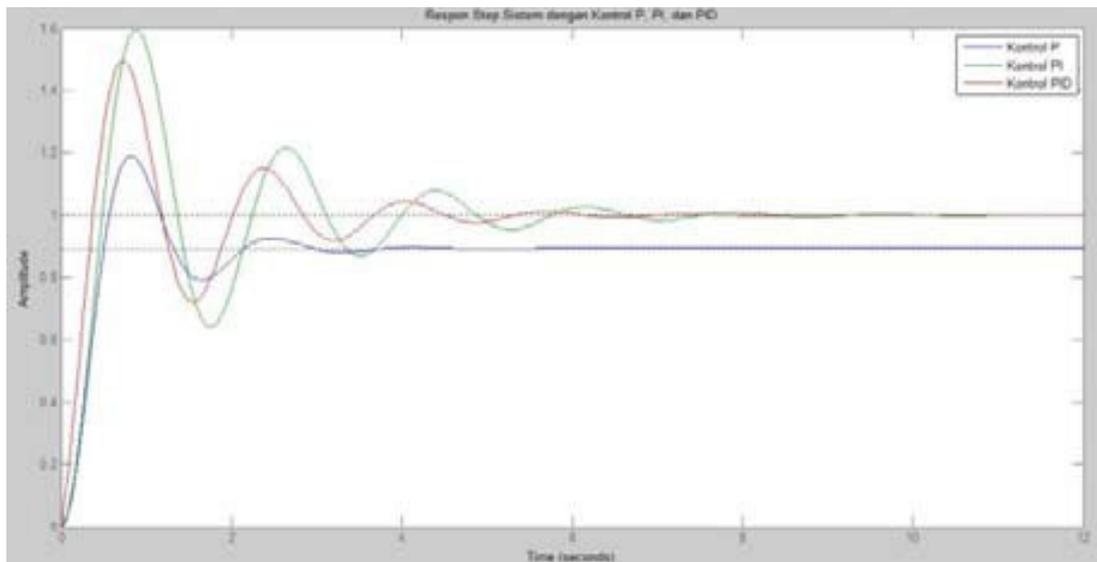
GAMBAR 9. Uji Open Loop System – Step Respon

Langkah pertama ialah dengan menggunakan respon sistem *open loop* terhadap input fungsi step seperti ditunjukan pada gambar 9. Dengan menarik garis lurus pada kurva tersebut akan dapat kita temukan nilai parameter L dan T, yaitu L = 0.2 dan T = 2.3. Dengan memasukan nilai dan L dan T kedalam rumus PID *Ziegler – Nichols* kalang terbuka akan diperoleh nilai – nilai parameter PID seperti pada tabel 1.

TABEL 1. Nilai parameter controller hasil *tuning* metode *Ziegler – Nichols*

Open Loop Oscilation P Controller	P Controller	PI Controller	PID controller
L = 0.2	Kp = 11.5000	Kp = 10.3500	Kp = 13.8000
T = 2.3	Ki = 0	Ki = 15.5250	Ki = 34.5000
	Kd = 0	Kd = 0	Kd = 1.3800

Respon step sistem dengan kontrol P, PI dan PID berdasarkan tuning menggunakan metode Ziegler – Nichols kalang terbuka ditunjukkan pada gambar 10.



GAMBAR 10. Grafik osilasi Controller P, Pi, PID Ziegler – Nichols

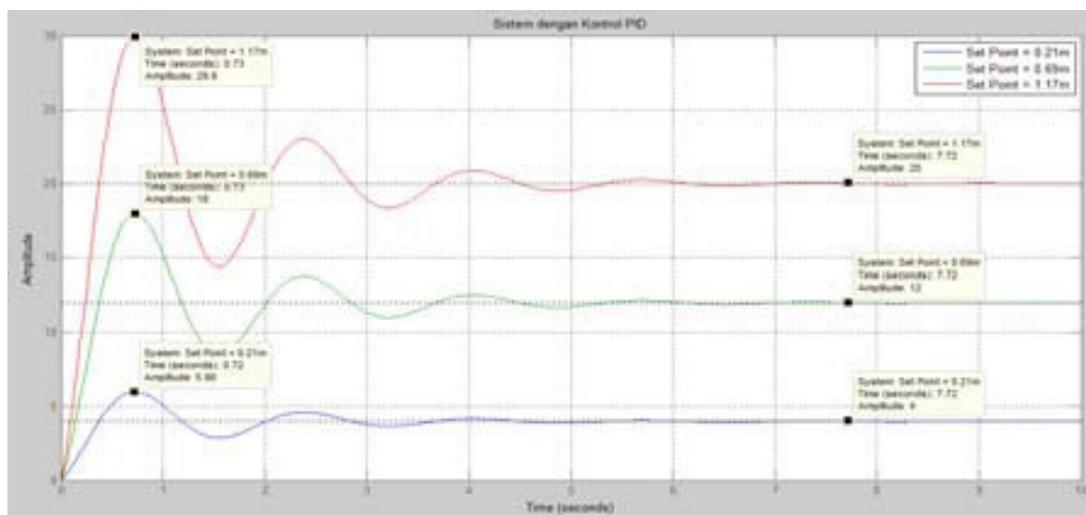
Uji Respon Sistem Pengendalian dengan tuning Ziegler - Nichols

Setelah nilai parameter controller PID dengan metode Ziegler – Nichols didapatkan maka akan disimulasikan untuk melihat bagaimana respon sistem control dengan parameter tersebut. Adapun respon sistem control ketika dihadapkan pada nilai set point 0.21 (Normal Liquid Level). Gambar 11 merupakan kriteria beberapa set point dengan kontrol PID berdasarkan penalaan menggunakan metode Ziegler – Nichols kalang terbuka (open loop).



GAMBAR 11. Blok Diagram Open Loop.

Sistem kontrol PID dari tuning Ziegler – Nichols kalang terbuka kemudian diuji dengan berbagai set point 4, 12, dan 20 mA, seperti ditunjukkan pada gambar 12.



GAMBAR 12. Grafik osilasi Controller PID Ziegler – Nichols berbagai set point.

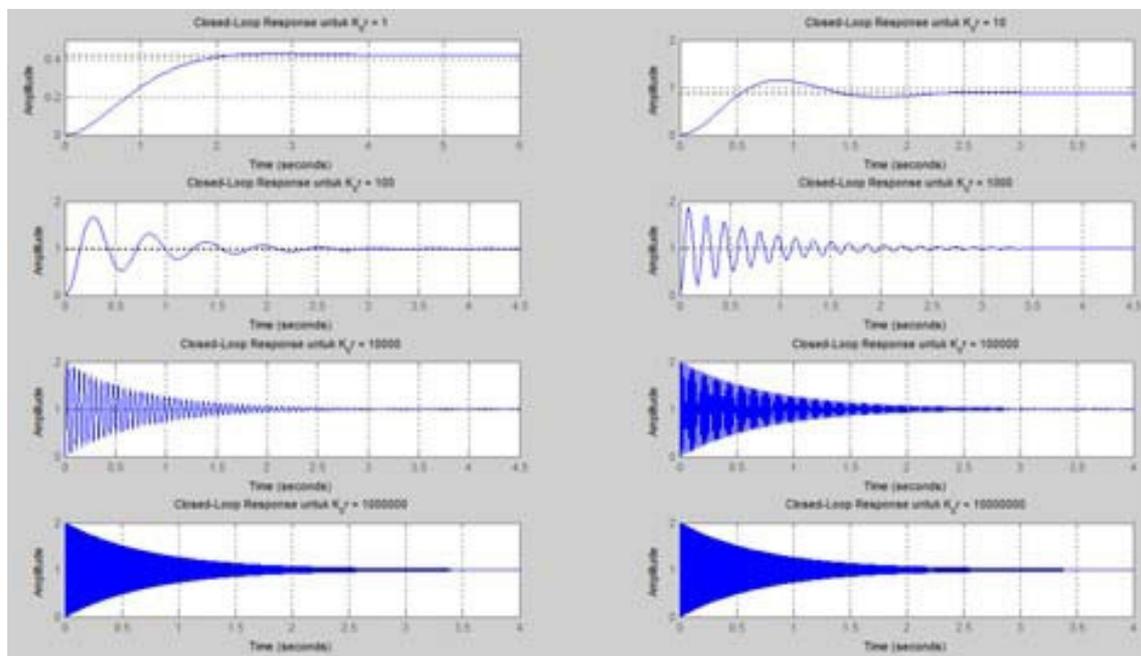
Performansi sistem kontrol PID dengan tuning menggunakan metode *Ziegler – Nichols* kalang terbuka dapat ditabelkan pada tabel 2. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan untuk parameter *controller* yang di peroleh dengan metode *tuning Ziegler – Nichols*, berdasarkan kriteria performansi yang didapatkan (*maximum overshoot (Mp)*, *settling time (ts)* dan *error steady state (Ess)*), maka dari parameter PID yang digunakan berdasarkan tuning dengan metode *Ziegler – Nichols* kalang terbuka dapat dilihat bahwa sistem sistem dapat di kontrol dengan cukup baik.

TABEL 2. Nilai parameter controller hasil *tuning* metode *Ziegler – Nichols*.

Set Point (m)	Mp (%)	Ess (%)	ts (detik)
0.21	49.5	0	7.72
0.69	50.0	0	7.72
1.17	49.5	0	7.72

Tuning PID dengan Metode *Tyres - Luyben*

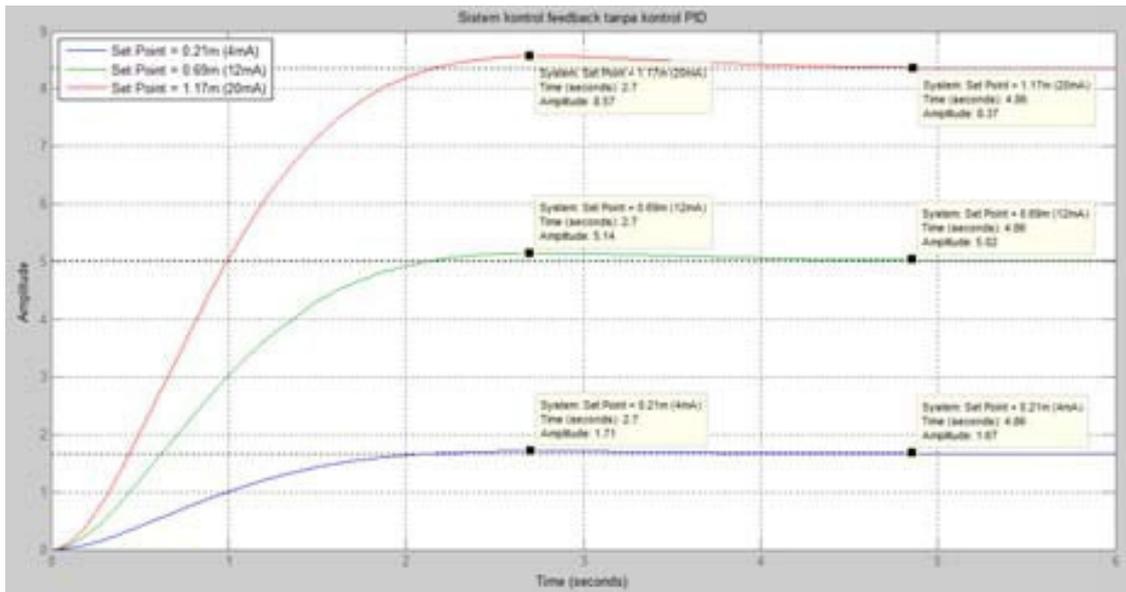
Pada *tuning* metode *Tyres – Luyben*, hal pertama yang perlu dilakukan adalah menset kontrol PID dengan $K_i = K_d = 0$. Kemudian, dilakukan percobaan dengan merubah nilai K_p sedemikian sehingga kurva respon *closed loop* terhadap input step beresilasi secara konstan. Nilai K_p yang menghasilkan bentuk kurva tersebut kemudian dinamakan K_{cr} , sedangkan jarak satu gelombang pada kuva dinamakan P_{cr} . K_{cr} dan P_{cr} yang telah diperoleh, kemudian dimasukkan ke rumus – rumus tuning metode *Tyres – Luyben* untuk pengontrolan parameter – parameter K_p , K_i , dan / atau K_d (tergantung dengan pengontrolan yang digunakan). Namun, setelah dilakukan percobaan untuk berbagai nilai K_p untuk *tuning*, tidak diperoleh kurva yang beresilasi secara konstan, yaitu seperti ditunjukkan pada gambar 13. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa *tuning* metode *Tyres – Luyben* tidak dapat dilakukan untuk sistem kontrol ini. Dapat dilihat pada gambar 13.



GAMBAR 13. Step Response Sistem Closed Loop untuk $K_p = 1 - 1000000$.

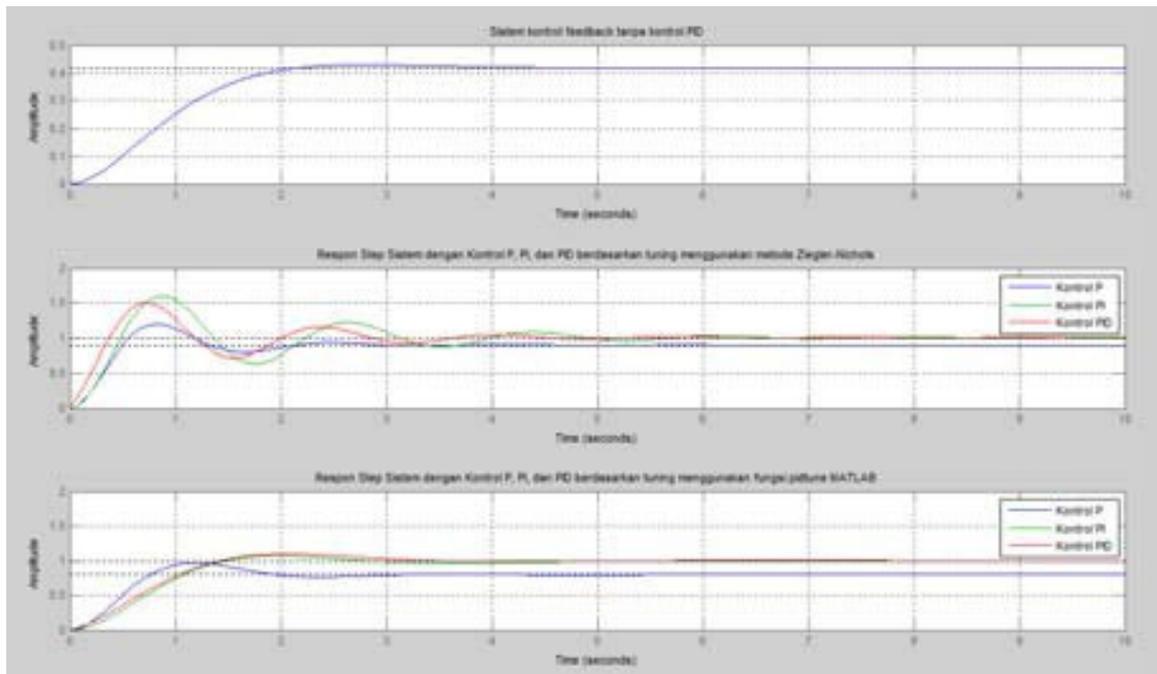
Perbandingan Sistem Tanpa Kontrol PID dengan Sistem Kontrol PID

Setelah dilakukan tuning dengan berbagai metode seperti dijelaskan diatas dapat dilihat perbandingan sistem sebelum di kontrol dan sistem setelah diberi kontrol. Performansi sistem tanpa kontrol PID dapat dilihat pada gambar 14.



GAMBAR 14. Grafik osilasi tanpa kontrol PID untuk berbagai set point

Berdasarkan performansi sistem tanpa kontrol tersebut dapat dilihat bahwa sistem memerlukan kontrol, oleh karena itu digunakan kontrol PID pada sistem. Perbandingan antara sistem tanpa kontrol PID, sistem dengan kontrol PID berdasarkan tuning metode *Ziegler – Nichols*, dan sistem dengan kontrol PID berdasarkan tuning menggunakan fungsi *pdtune matlab* dapat dilihat pada gambar 15.



GAMBAR 15. Grafik Perbandingan Sistem Pengendalian.

Dari gambar 14, grafik perbandingan sistem pengendalian pada gambar 15, maka dapat diambil kesimpulan bahwa sistem kontrol *feedback* tanpa kontrol PID secara umum memerlukan pengontrolan yang baik. Sedangkan untuk respon step sistem dengan kontrol P, PI, dan PID berdasarkan *tuning* menggunakan metode *Ziegler – Nichols* sistem terlihat cukup baik apabila dibandingkan dengan sistem tanpa pengontrolan. Akan tetapi respon step sistem dengan kontrol P, PI, PID berdasarkan *tuning* menggunakan fungsi *pdtune matlab*, sistem terlihat sangat baik dengan waktu untuk mencapai kestabilan sangat cepat diantara sistem tanpa kontrol dan metode *Ziegler – Nichols*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa *tuning* dengan menggunakan fungsi *pidtune* pada *matlab* memberikan hasil yang lebih baik, telah didapatkan nilai *set point* 0.21m dan *maximum overshoot* ($M_p = 9.75\%$). Sistem sudah mencapai keadaan *steady* pada titik ke – 5.54 (*time setting*) dengan *Error Steady State* ($Ess \pm 0\%$), inilah osilasi terbaik berdasarkan kriteria performansi dan pengaruhnya terhadap respon *control valve*, maka parameter yang cocok untuk sistem pengendalian *level* pada *liquid tank* adalah nilai parameter yang didapatkan dengan *tuning* menggunakan fungsi *pidtune matlab*. Proses lebih mudah dan sederhana jika dibandingkan dengan metode *Ziegler – Nichols*.

REFERENSI

- [1] Djoko Nusantoro, "Perancangan Sistem Pengendalian *Level* Pada *Monitoring* Produksi Sumur Minyak dan Gas dengan Menggunakan Kontroler PID di PT. PERTAMINA EP REGION JAWA, FIELD SUBANG – TAMBUN", 2007.
- [2] Wahid Abdurrahman, "Perancangan Sistem Pengendalian *Level* dan Interlock *Steam Drum* dengan dua Elemen Kontrol di PT. INDONESIA POWER UBP SUB UNIT PERAK", 2009
- [3] Ariyanto, "Perancangan Sistem Pengendalian *Level Deaerator* Menggunakan *Fuzzy Gain Scheduling – PI* di PT. PETROWIDADA", 2009.
- [4] Bella G Liptak, "*Instrument Engineers Handbook*", 2003.
- [5] Katsuhiko Ogata, "*Modern Control Engineering – Fifth Edition*", 2010.
- [6] Emerson, "*Control Valve Handbook – Fourth Edition*", 2005
- [7] *Surface Production Operations Vol.2 Design of Gas Handling System and Facilities* by Elsevier Science (USA), Chapter 7 "*Acid Gas Treating*", 1999