

Pengembangan Alat Kendali Fluida Cair Indikator Mekanis Menjadi Indikator Digital untuk Menganalisa Respon Sistem dengan Menggunakan Sensor Tekanan

Herianto, Yehuda Simanjuntak

Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2 Yogyakarta 55281, Indonesia
E-mail: herianto@ugm.ac.id

Abstrak

Sistem kendali memegang peranan yang sangat penting dalam dunia industri. Ketergantungan yang besar akan sistem kendali menjadikan industri-industri modern tidak dapat beroperasi tanpa sistem kendali. Sistem kendali pada umumnya digunakan pada industri untuk menjalankan suatu operasi maupun *plants* untuk mencapai performa yang terbaik. Dalam mempelajari karakteristik sistem kendali, dibutuhkan sebuah sistem kendali mulai dari sensor, pengendali dan aktuator. Permasalahan yang sering muncul adalah sebagian besar indikator masih merupakan indikator mekanis sehingga kadang timbul beberapa permasalahan khususnya dengan pengambilan data, perawatan dan pengembangan sistem. Kondisi ini terlihat juga pada peralatan praktikum sistem kendali fluida di Laboratorium Getaran Jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM. Peralatan praktikum sistem kendali fluida merupakan salah satu peralatan yang sangat dibutuhkan untuk menunjang pelaksanaan kuliah sensor dan aktuator dan sistem kendali. Untuk meningkatkan usabilitas peralatan tersebut, maka pada penelitian ini kami melakukan modifikasi peralatan agar lebih mudah digunakan dengan melakukan digitalisasi beberapa komponen mekanis. Penelitian dimulai dengan pemanfaatan sensor tekanan *MPX5100GP* untuk mengubah data analog menjadi data digital yang kemudian data diambil dengan menggunakan data logger. Data yang diperoleh dapat ditampilkan langsung sebagai indikator ataupun disimpan untuk diolah lebih lanjut. Berdasarkan penelitian yang kami lakukan untuk pengujian kendali aliran didapatkan harga konfigurasi *PID* terbaik yang didapatkan dari metode manual yaitu proportional band (200 %), integral (0.01 min) dan diferensial (0.1 min). Sedangkan untuk pengujian kendali level, didapatkan harga konfigurasi *PID* terbaik yang didapatkan dari metode manual yaitu proportional band (5 %), integral (0.01 min) dan diferensial (0.05 min). Konfigurasi tersebut memberikan grafik respon yang mendekati hasil yang diinginkan. Untuk membandingkan kurva reaksi kami juga melakukan pengujian dengan metode *Ziegler-Nichols*.

Keywords: kendali fluida, sensor, error, respon sistem, Ziegler-Nichols

Pendahuluan

Ketergantungan yang besar akan sistem kendali menjadikan industri-industri modern tidak dapat beroperasi tanpa sistem kendali. Sistem kendali pada umumnya digunakan pada industri untuk menjalankan suatu operasi maupun *plants* untuk mencapai performa yang terbaik dan meminimumkan dampak pada lingkungan. Sistem kendali adalah sistem yang bertujuan untuk mengendalikan suatu proses agar output yang dihasilkan dapat dikontrol sehingga dapat meminimalisasi kesalahan. Salah satu tugas komponen pengendali adalah mereduksi *error*, yaitu perbedaan antara *input* dan *output*. Hal ini sesuai dengan tujuan sistem kendali yang berusaha untuk mendapatkan *output* yang diinginkan senantiasa sama dengan *input*. Semakin cepat

reaksi sistem mengikuti *input* yang diinginkan dan semakin kecil kesalahan yang terjadi, semakin baiklah kinerja sistem kendali yang diterapkan. Dalam mempelajari karakteristik sistem kendali, dibutuhkan sebuah sistem kendali mulai dari sensor, pengendali dan aktuator.

Dalam sebuah industri, sistem kendali memiliki peranan yang sangat penting dalam menghasilkan produk yang berkualitas dengan waktu tertentu dan proses kerja yang aman serta mempunyai efisiensi yang tinggi. Untuk menghasilkan sebuah produk yang sesuai standar dan berkualitas tentunya banyak proses yang harus dilakukan dan dalam setiap proses tersebut terdapat banyak parameter yang harus dikontrol menggunakan sistem kendali.

Berbagai aplikasi sistem kendali bisa ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, seperti sistem kendali untuk suhu ruangan, peluru kendali, robot, pesawat, transportasi,

dan kadangkala di penerapan mekanika fluida sistem kendali digunakan untuk mengontrol tekanan, aliran, suhu, ketinggian, ataupun intensitas (kerapatan). Di Laboratorium Getaran Mekanik Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada (UGM), beberapa peralatan untuk praktikum juga menggunakan sistem kendali. Salah satunya adalah alat kontrol tekanan, aliran, dan level dari suatu fluida. Akan tetapi, alat kontrol tersebut masih menggunakan indikator mekanis. Oleh karena itu, dalam rangka untuk mendukung kegiatan pembelajaran dan penelitian di Laboratorium Getaran Mekanik, Jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM, maka perlu dikembangkan sebuah indikator digital pada alat kendali fluida cair menggunakan sensor tekanan. Selain itu, pada penelitian ini juga dilakukan analisis terhadap respon sistem dengan menggunakan indikator digital tersebut.

Landasan Teori

Fluida

Menurut Frank M. White (1988), fluida adalah suatu zat yang terdeformasi secara berkesinambungan (kontinyu) karena pengaruh tegangan geser yang bekerja terhadapnya meskipun tegangan tersebut kecil. Dalam keadaan diam (setimbang), fluida tidak mampu menahan gaya geser yang bekerja padanya. Oleh sebab itu fluida mudah berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Pada umumnya, makin besar laju deformasi fluida, maka makin besar pula tegangan geser untuk fluida tersebut. Viskositas atau kekentalan adalah ukuran untuk menyatakan hambatan atau kekentalan fluida terhadap deformasi.

Sistem Kendali

Sistem kendali merupakan suatu sistem yang terdiri dari elemen – elemen sistem dan bertujuan untuk mengendalikan satu atau beberapa besaran (variabel/ parameter) sehingga berada pada suatu harga atau dalam suatu rentang harga (*range*) tertentu seperti dijelaskan Norman S. Nise (2004). Semakin cepat reaksi sistem mengikuti isyarat terukur dan semakin kecil kesalahan yang terjadi, maka akan semakin baik kinerja sistem kendali yang diterapkan.

Secara umum, sistem kendali dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Dengan operator (manual) dan otomatis.
 2. Jaringan tertutup (*closed-loop*) dan jaringan terbuka (*open-loop*).
 3. Kontinu (analog) dan diskontinu (digital, diskrit).
 4. Servo dan regulator.
 5. Menurut sumber penggerak : elektris, pneumatik (udara, angin), hidraulik (cairan), dan mekanik.
- Sedangkan aksi pengontrolan/ pengendalian terdiri dari enam aksi yaitu:
1. Dua posisi (on-off).
 2. *Proportional*
 3. *Integral*
 4. *Proportional + Integral*
 5. *Proportional + Derivative*
 6. *Proportional + Integral + Derivative*.
- Selain 6 jenis pengendalian tersebut, saat ini telah banyak berkembang sistem pengendalian yang berbasis kecerdasan buatan. Meskipun demikian kontrol *PID* (*Proportional, Integral, Derivative*) adalah satu – satunya strategi yang paling banyak diadopsi pada pengontrolan proses di dalam dunia industri. Berdasarkan survei, sekitar 96.5 % industri yang bergerak dalam bidang proses (seperti kimia, *pulp*, makanan, minyak, dan gas) menggunakan *PID* sebagai komponen utama dalam pengontrolannya.
- ### Konfigurasi *PID*
- Pengaturan konfigurasi nilai *PID* perlu dilakukan untuk memperoleh data respon yang baik sehingga sistem kendali dapat berfungsi lebih optimal. Pada pengaturan konfigurasi *PID* untuk kontrol aliran diambil dua metode konfigurasi yaitu metode konfigurasi manual dan metode konfigurasi *Zieger-Nichols* osilasi.
- Konfigurasi dengan metode secara manual yaitu dengan mengubah harga *proportional band*, integral, dan diferensial secara sistematis. Sedangkan konfigurasi dengan metode *Zieger-Nichols* osilasi yaitu dengan memanfaatkan osilasi konstan dari respon seperti dijelaskan dalam ELEKTRO INDONESIA (1998). Metode manual dilakukan dengan cara mengubah harga diferensial dari harga paling kecil sampai yang paling besar, sedangkan harga integral dan *proportional band* nya tetap.
- Setelah harga diferensial mencapai titik harga maksimum, kemudian harga integralnya dinaikkan satu tingkat, sedangkan harga *proportional band* nya tetap, dan seterusnya. Konfigurasi tersebut dilakukan mulai dari harga konfigurasi *PID* paling rendah sampai harga *PID* paling tinggi. Pada alat yang kami uji diferensial memiliki tujuh variabel harga dengan satuan menit, yaitu 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 10 dan 50. Integral juga memiliki tujuh variabel harga dengan satuan menit, yaitu 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 10, dan 50. Sedangkan *proportional band* memiliki lima variabel harga dengan satuan persen, yaitu 5, 50, 100, 200, dan 500 persen.
- Berdasarkan percobaan – percobaan sebelumnya, konfigurasi dengan metode manual ini masih memiliki respon yang kurang stabil. Dengan demikian, perlu dicoba untuk metode konfigurasi kedua yaitu

menggunakan metode konfigurasi *Ziegler-Nichols* osilasi.

Berdasarkan aturan *Ziegler-Nichols* osilasi, yaitu bahwa harga integral diatur menjadi tak terhingga, harga diferensial ditiadakan, dan harga *proportional band* dikecilkan secara bertahap sehingga dari osilasi yang didapatkan akibat perubahan bertahap harga *proportional band*, akan di temukan harga *ultimate gain* dan *ultimate period*.

LabVIEW

Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench atau yang lebih dikenal dengan *LabVIEW* adalah sebuah software pemograman yang diproduksi oleh National Instruments dengan konsep yang berbeda. *LabVIEW* juga mempunyai fungsi dan peranan yang sama seperti bahasa pemrograman lainnya yaitu C++, Matlab atau Visual Basic namun perbedaannya adalah *LabVIEW* menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan bahasa pemrograman berbasis teks seperti yang dijelaskan oleh National Instrumentation Corporation (1996).

Program *LabVIEW* juga dikenal dengan sebutan VIs atau Virtual Instruments karena penampilan dan operasinya dapat menyerupai sebuah instrumen.

Perancangan dan Penelitian

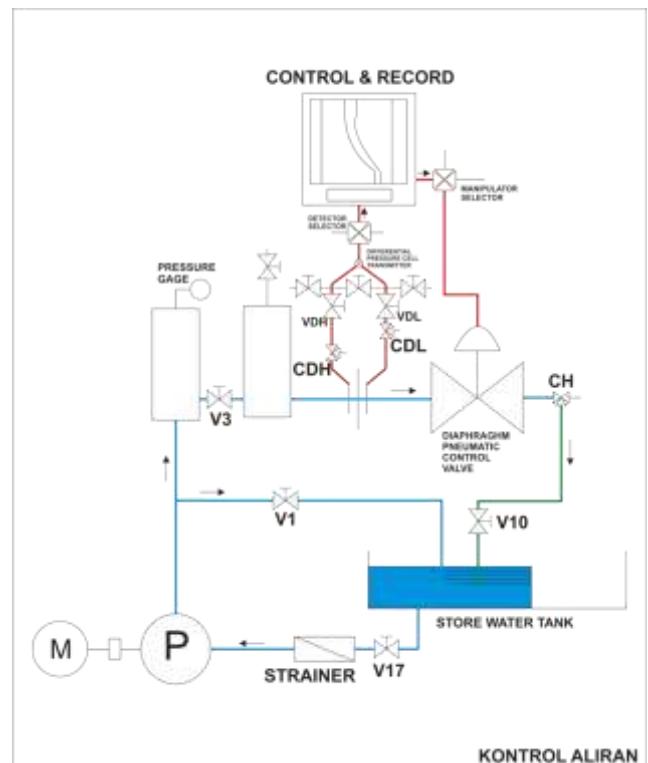
Process Control Experimental Apparatus model P-FLPT-1002H

Pada penelitian ini digunakan P-FLPT-1002H yang merupakan alat penelitian pengendali aliran, level, tekanan dan suhu (Gambar 1). Penelitian ini akan difokuskan pada kendali aliran dan level. Untuk kendali aliran, air disuplai dari tangki penyimpanan air kemudian dialirkan melalui katup V_{17} , yang selanjutnya dilewatkan pada *strainer* untuk mencegah kotoran masuk dalam pompa. Air dipompaan kedalam tangki yang bersifat sebagai kapasitor sehingga suplai air tidak fluktuatif. Air melewati orifice menuju *diaphragm pneumatic control valve* kemudian menuju katup *flow direction selector* masuk kembali ke tangki penyimpanan air. Aliran air diatur oleh *difference pressure cell transmitter*. Dari *difference pressure cell transmitter* udara dialirkan menuju *three way detector selector*. Selanjutnya udara direkam dan dikontrol oleh alat kontrol. Alat kontrol pneumatik menyuplai udara ke katup kontrol otomatis untuk

mengatur bukaan katup agar tekanan dalam tangki ukur terkendali. (Gambar 2)



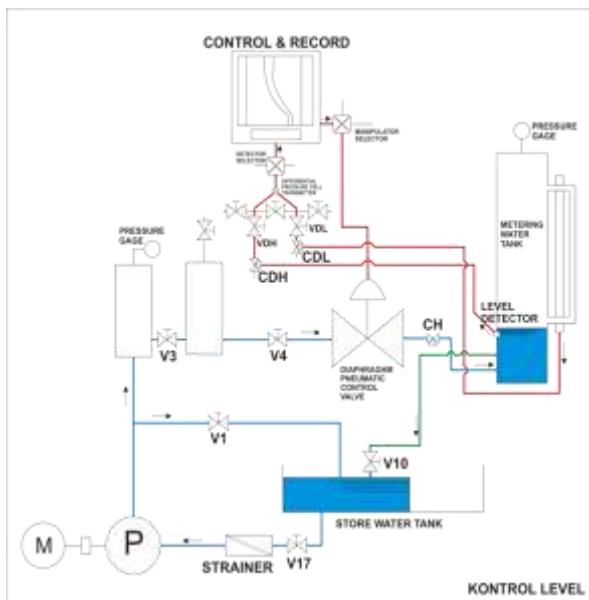
Gambar 1. Process Control Experimental Apparatus Model P-FLPT-1002



Gambar 2. Skema Kendali Aliran

Untuk kendali level, air disuplai dari tangki penyimpanan air kemudian dialirkan melalui katup V_{17} , yang selanjutnya dilewatkan pada *strainer* untuk

mencegah kotoran masuk dalam pompa. Air dipompakan kedalam tangki yang bersifat sebagai kapasitor sehingga suplai air tidak fluktuatif. Air masuk melalui katup V₄ menuju *diaphragm pneumatic control valve* kemudian menuju katup *flow direction selector* masuk menuju tangki ukur. *Level detector* dihubungkan ke katup *flow direction* CDL dan *zero level set device* dihubungkan pada katup *flow direction* C_{DH} yang selanjutnya keduanya mengarah ke *difference pressure cell transmitter*. Dari *difference pressure cell transmitter* udara dialirkan menuju *three way detector selector*. Selanjutnya udara direkam dan dikontrol oleh alat kontrol. Alat kontrol pneumatik menyuplai udara ke katup kontrol otomatis untuk mengatur bukaan katup agar tekanan dalam tangki ukur terkendali. (Gambar 3)



Gambar 3. Skema Kendali Level

Pemrograman LabVIEW

Di dalam proses perancangan, program *LabVIEW* digunakan untuk memproses (menampilkan dan merekam) data yang didapatkan dari data akuisisi. *LabVIEW* dipilih karena selain mudah dimengerti, juga memberikan tampilan visual yang bisa mewakili gambaran respon sistem yang diperoleh oleh indikator mekanis sistem pneumatik dari alat penelitian sehingga sangat mudah untuk dioperasikan.

Proses pembuatan tampilan indikator digital menggunakan *LabVIEW* cukup mudah hanya dengan *drag and drop* tombol komponen yang diinginkan dan tidak perlu menghafal *syntax*.

Selain itu juga database matematikanya cukup lengkap sehingga untuk perhitungan yang rumit bisa dilakukan.

Langkah – Langkah Penelitian

Penelitian untuk mengetahui respon sistem dari setiap variabel kendali menggunakan indikator digital yang sudah dirancang menggunakan *LabVIEW* dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan perangkat yang akan digunakan seperti sensor tekanan, data akuisisi, dan perangkat komputer atau *notebook*.
2. Melakukan kalibrasi sensor tekanan yang akan digunakan dan mempersiapkan pengaturan semua peralatan penelitian.
3. Melakukan uji respon sistem dengan variabel uji kontrol tekanan, level, dan aliran fluida.
4. Data direkam oleh *record response*, kemudian data sinyal tegangan listrik dari sensor tekanan yang telah dihubungkan pada *record response* kemudian diproses oleh *LabVIEW*.
5. Hasil pengolahan menggunakan *LabVIEW* akan menampilkan kurva *step response* tegangan terhadap waktu yang selanjutnya dianalisis.
6. Data yang sudah diperoleh diolah menggunakan *software Microsoft Excel* untuk menghasilkan kurva *step response* nya.
7. Kurva dianalisis untuk mendapatkan harga *rise time* dan persentase *overshoot* kemudian di uji kebenaran datanya.
8. Menulis kesimpulan terhadap penelitian yang telah dilakukan.

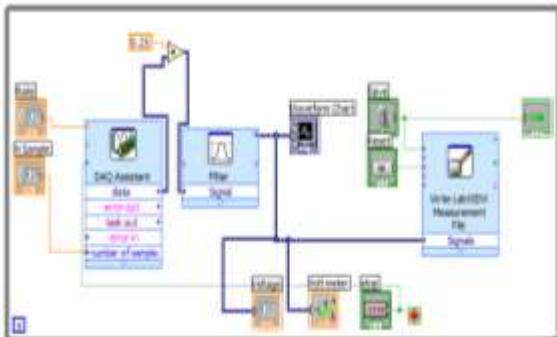
Diagram pengambilan data digital oleh sensor dapat dilihat pada Gambar 4.



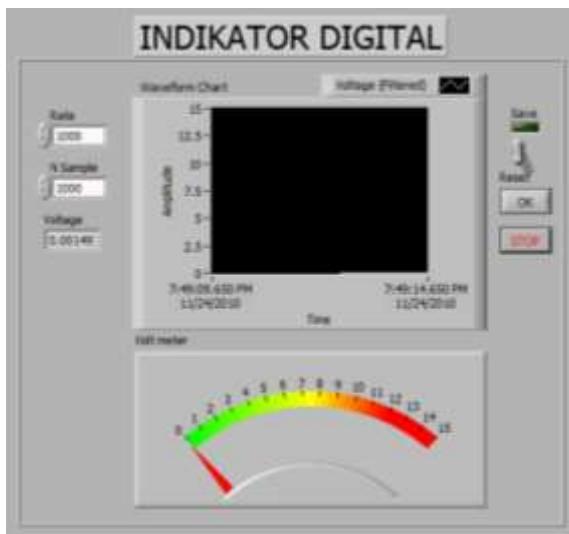
Gambar 4. Diagram Pengambilan Data Digital

Hasil dan Pembahasan

Hasil dari proses perancangan indikator digital pada alat kendali fluida cair di laboratorium Getaran Mekanik, Jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Skema Blok Diagram Program LabVIEW sebagai Indikator Digital



Gambar 6. Tampilan Front Panel Program LabVIEW sebagai Indikator Digital

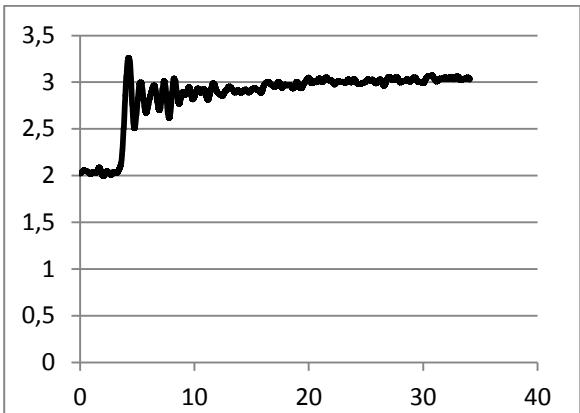
Model akhir dari indikator digital yang sudah dirancang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Model Akhir Perangkat Keras Indikator Digital

Berdasarkan hasil pengujian kendali aliran, di bawah ini merupakan harga konfigurasi *PID* terbaik yang berhasil diperoleh dari metode manual beserta grafik responnya (Gambar 8).

- Proportional band : 200 %
- Integral : 0.01 min
- Diferensial : 0.1 min

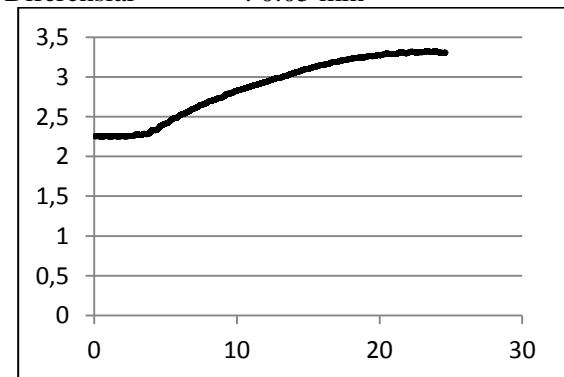


Gambar 8. Respon Sistem Kendali Aliran Untuk Konfigurasi P: 200%, I: 0.01 min, D: 0.1 min

Gambar 8 merupakan respon yang diberikan oleh sistem kendali pada saat konfigurasi respon sistem P:200%, I:0.01 min, D:0.1 min. dari gambar dapat terlihat bahwa respon yang diberikan untuk konfigurasi ini cenderung stabil, namun terdapat error kurang lebih 0.2 volt lebih rendah dari set point yang telah ditentukan. Namun secara keseluruhan, konfigurasi ini sudah dianggap cukup untuk sistem kendali aliran pada alat kendali yang digunakan.

Sedangkan untuk hasil pengujian kendali level, di bawah ini merupakan harga konfigurasi *PID* terbaik yang didapatkan dari metode manual beserta grafik responnya (Gambar 9).

- Proportional band : 5 %
- Integral : 0.01 min
- Diferensial : 0.05 min

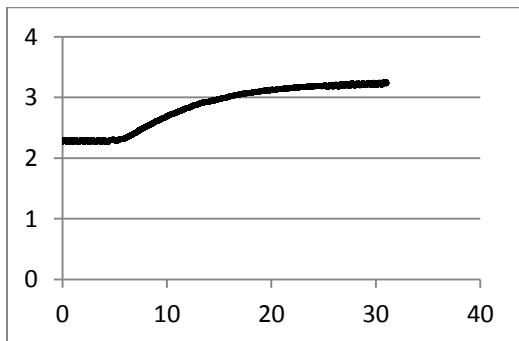


Gambar 9. Respon Sistem Kendali Level Untuk Konfigurasi P: 5%, I: 0.01 min, D: 0.05min

Gambar 9 merupakan respon yang diberikan oleh sistem kendali level pada saat konfigurasi respon sistem P:5%, I:0.01 min, D:0.05 min. Dari gambar dapat terlihat bahwa respon yang diberikan untuk konfigurasi ini

cenderung stabil dan offset yang terjadi juga kecil demikian dengan error-nya. Secara keseluruhan, konfigurasi ini sudah dianggap cukup untuk sistem kendali aliran pada alat kendali yang digunakan.

Berdasarkan informasi yang didapatkan melalui metode manual, kami telah mencoba metode kedua yaitu dengan metode *Ziegler-Nichols* kurva reaksi dengan memanfaatkan kurva S dari respon. Konfigurasi yang dipakai untuk *tunning PID* adalah kondisi awal berdasarkan kurva S yang dianggap paling baik merespon yaitu respon sistem untuk konfigurasi P:5%, I:0.01 min, D:0.05min. Hasil respon konfigurasi PID sesuai aturan Zieger-Nichols kurva reaksi dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Respon dengan konfigurasi *PID* sesuai aturan *Ziegler-Nichols* kurva reaksi

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat indikator digital dapat diimplementasikan pada alat uji kendali *Process Control Experimental Apparatus Model P-FLPT-1002H Work No. 79EI0176*.
2. Berdasarkan hasil pengujian kendali aliran, harga konfigurasi *PID* terbaik yang didapatkan dari metode manual sangat mendekati hasil yang diinginkan. Sedangkan dengan metode *Ziegler-Nichols* osilasi, tidak didapatkan konfigurasi yang diinginkan.
3. Untuk pengujian kendali level, harga konfigurasi *PID* terbaik yang didapatkan dari metode manual sangat mendekati hasil yang diinginkan. Sedangkan dengan metode *Ziegler-Nichols* kurva reaksi didapatkan konfigurasi yang hampir sama dengan hasil dari metode manual dengan osilasi kecil yang terus berosilasi konstan.

Referensi

- ELEKTRO INDONESIA.*Pengenalan Metode Ziegler-Nichols pada Perancangan Kontroler pada PID*.www.elektroindonesia.com. [online, accessed 15 Desember 2010] (1998)
- National Instrumentation Corporation, LabVIEW Tutorial Manual (1996)
- Nise, Norman S., Control System Engineering, Forth Edition, John Wiley & Sons (2004)
- White, Frank M. *Fluid Mechanics Fourth Edition*. Mc Graw Hill (2000)