

PENGONTROLAN TEKanan AIR DAN PENGATURAN SISTEM BACKWASH PADA PLANT PENGOLAHAN AIR LIMBAH TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS DIPONEGORO

by Dr. Aris Triwiyatno, S.t., M.t.

Submission date: 06-Feb-2020 02:26PM (UTC+0700)

Submission ID: 1252457469

File name: Paper_C-5-5.pdf (575.39K)

Word count: 3070

Character count: 17902

PENGONTROLAN TEKANAN AIR DAN PENGATURAN SISTEM BACKWASH PADA PLANT PENGOLAHAN AIR LIMBAH TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS DIPONEGORO

Arif Widagdo^{*)}, Aris Triwiyatno and Budi Setiyono

^{*)}E-mail: arifwidagdo90@gmail.com

1. Pendahuluan

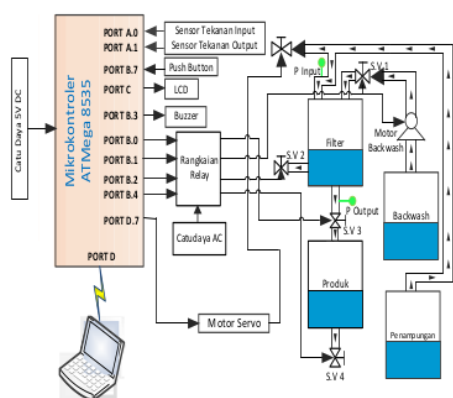
Di dalam industri, sistem kendali merupakan satu hal pokok dalam menjalankan proses tersebut. Dibutuhkan suatu sistem kendali yang baik untuk dapat menunjang sekaligus untuk dapat meningkatkan efisiensi dalam proses^[4]. Salah satu implementasi dari sistem kendali tersebut adalah pengontrolan tekanan air dan pengaturan sistem *backwash* pada plant pengolahan air limbah. Dalam implementasi tersebut, kontrol tekanan mempunyai peranan penting dalam menjaga stabilitas sistem. Pada sistem ini, kontrol tekanan berfungsi untuk mengatur debit air yang masuk ke dalam tangki penampungan, sebelum akhirnya diolah lebih lanjut lagi. Pada proses ini diperlukan suatu sistem kontrol dan

kontrol proporsional ini dipilih karena fungsinya yang mempercepat respon^[1]. Ada beberapa penelitian ilmiah yang telah menggunakan kontrol proporsional tersebut, yaitu Anindyaningrum Ayuta, *Sistem Pengontrolan Tekanan Udara Pada Ruang Tertutup*, Skripsi S-1, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2012 dan Lazuardi, Muhammad, *Aplikasi mikrokontroler AT89S51 sebagai kontroler Proporsional pada pengaturan PH*, Skripsi S-1, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011. Metode kontrol proporsional merupakan metode yang paling cocok dan efisien dalam pengontrolan ini. Pada plant ini, proses pengaturan tekanan air diperlukan untuk mengatur debit air yang masuk ke dalam filter agar tekanan pada masukan filter tidak besar yang dapat menyebabkan

peluapan air di dalam tangki dan juga menjaga kondisi dari filter untuk tetap mempertahankan kinerja penyaringan secara baik.

2. Metode

2.1. Perancangan Perangkat Keras



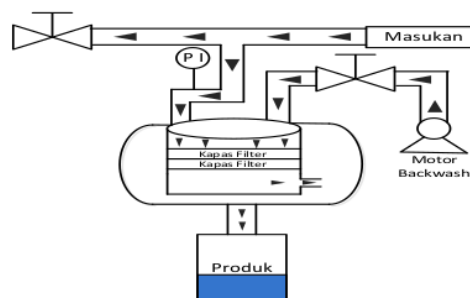
Gambar 1 Rangkaian perancangan perangkat keras

Blok perancangan perangkat keras sistem pengendalian tekanan air pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1. Perancangan perangkat keras meliputi mikrokontroler ATmega8535, filter, sensor tekanan, motor servo, push button dan LCD sebagai tampilan. Pada pin A.0 terdapat sensor tekanan masukan, pada port A.1 terdapat sensor tekanan keluaran, lalu pada pin B.7 terdapat push button sebagai pemindah state proses. Buzzer terdapat pada pin B.3, sementara itu pada pin B.0, B.1, B.2, B.4 terdapat rangkaian relay. Yang terakhir adalah pin D.7, terdapat motor servo. Penjelasan dari masing-masing blok sistem pengendali tekanan air pada Gambar 1 adalah sebagai berikut.

Terdapat dua masukan dalam filter air di atas, yaitu masukan dari tangki penampungan kedua dan masukan dari tangki backwash. Terdapat juga dua keluaran dari filter tersebut. Pertama keluaran untuk kembali ke tangki penampungan pertama dan kedua keluaran untuk mengalir ke produk. Sensor tekanan (MPX5100DP) merupakan sensor yang akan mendeteksi tekanan pada masukan filter dan pada keluaran filter. Direpresentasikan sebagai sensor tekanan air. Keluaran sensor ini berupa tegangan analog. Buzzer berfungsi sebagai penanda ketika tekanan masukan sudah tidak bisa ditanggulangi oleh aktuatur, dan sebagai tanda bahwa proses backwash harus dimulai. LCD (Liquid Crystal Display) dan driver LCD berfungsi sebagai media tampilan selama proses pengendalian berlangsung. Push button berfungsi merubah posisi keadaan, dari keadaan standby menuju

keadaan offline otomatis dan juga sebaliknya dari keadaan offline otomatis ke keadaan standby dan juga memindahkan ke keadaan backwash dan di kembalikan ke keadaan standby. Mikrokontroler AVR ATmega8535 yang berfungsi sebagai pusat pengendalian. Pada sistem pengontrolan tekanan udara ini dapat diprogram dengan menggunakan bahasa C tertanam. Rangkaian relay untuk memutuskan dan menyambungkan katup solenoida dan motor backwash ke sumber listrik AC. Catu daya 5V berfungsi sebagai suplai mikrokontroler. Keluaran katup berfungsi sebagai aktuatur yang terhubung dengan motor servo. Komputer server sebagai unit pengendalian secara online serta menampilkan monitoring data berupa grafik dan tabel respon sistem. Grafik dan tabel ini selanjutnya dapat digunakan untuk keperluan analisis. Variabel keluaran dari proses yaitu tekanan air di dalam plant yang diukur oleh sensor tekanan (MPX5100DP) menghasilkan sinyal sebagai masukan umpan balik bagi kontroler. Kontroler akan membandingkan sinyal umpan balik dari sensor tekanan dengan masukan setting point (tekanan yang diinginkan). Umpan balik tersebut akan menghasilkan kesalahan. Kesalahan merupakan selisih antara setting point dengan nilai tekanan yang terbaca oleh sensor. Kesalahan akan diolah sesuai algoritme kontrol proporsional pada mikrokontroler ATmega8535, sehingga menghasilkan sinyal kontrol dengan nilai keluaran berupa posisi motor servo.

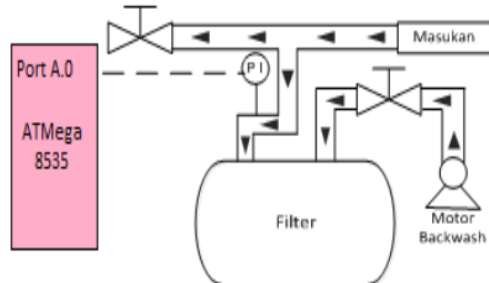
2.2. Perancangan Filter



Gambar 2 Perancangan Filter

Filter disini difungsikan untuk menyaring air kotor hasil dari tangki penampungan kedua. Perancangan filter tersebut ditunjukkan pada Gambar 2. Untuk mendapatkan perubahan tekanan air dalam filter diperoleh ketika katup tertutup penuh. Karena air terus mengalir maka filter mulai menyaring air tersebut, agar tekanan air didalam filter tidak terlalu besar yang dapat menyebabkan volume di dalam tangki meluap, maka katup yang terkopel dengan motor servo akan membuka sesuai dengan sinyal yang didapat dari pembacaan sensor tekanan masukan filter. Jika katup sudah tidak bisa menanggulangi tekanan filter masukan yang terbaca oleh sensor, maka hal itu menandakan bahwa filter telah kotor dan proses backwash harus segera dimulai.

2.3. Perancangan Sensor Tekanan



Gambar 3 Alokasi port sensor tekanan MPX5100DP

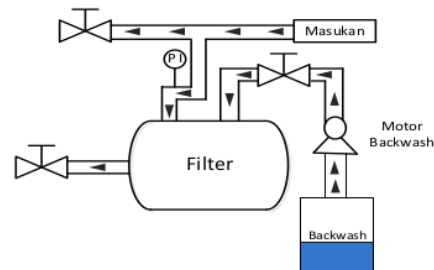
Sensor yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah sensor MPX5100DP yang mampu mendeteksi tekanan sebesar 0 sampai dengan 100 kPa hanya membutuhkan sumber tegangan +5 Volt. Seperti sensor tekanan pada umumnya, sensor tekanan ini akan mengubah tekanan menjadi tegangan. Semakin besar tekanan yang dihasilkan, semakin besar pula tegangan yang dihasilkan. Tegangan yang dihasilkan sensor ini masih berupa tegangan dengan orde mV. Namun, karena sensor ini dilengkapi *chip signal conditioned* maka keluaran dari sensor ini tidak perlu dikuatkan lagi. Tegangan keluaran ini masih berupa analog, sehingga perlu diubah menjadi tegangan digital. Tegangan digital ini yang selanjutnya akan diproses oleh mikrokontroler. Untuk mendapatkan besar tekanan dari sensor maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pada datasheet berikut:

$$V_{out} = V_s (0,009P + 0,04) \pm Error$$

2.4. Perancangan Proses Backwash

Dalam plan ini terdapat satu proses yang dinamakan *backwash*. *Backwash* ini sendiri adalah proses dimana filter yang kotor akan kembali dibersihkan, untuk menjaga agar kondisi filter tetap baik dan tetap dapat menyaring air kotor. Dalam tugas akhir ini, penulis hanya akan membahas tentang prosesnya saja. Prosedur terjadinya *backwash* adalah ketika tekanan masukan sebagai indikator kebersihan dari filter sudah sangat besar sehingga katup yang terkopel dengan motor servo tidak mampu lagi menanggulangi tekanan air yang mengalir terus menerus. Setelah itu *buzzer* sebagai penanda dari proses ini akan berbunyi dan keadaan berpindah ke keadaan *backwash*, proses *backwash* akan berjalan setelah operator menekan *push button* untuk memindahkan state. Proses *backwash* akan berakhir jika air di dalam tabung *backwash* telah habis dan tombol dari *push button* kembali ditekan, hingga akhirnya proses akan kembali lagi ke *stand by*. Air dari bekas pencucian filter akan

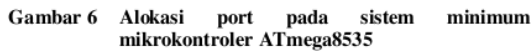
mengalir kembali ke tangki penampungan pertama, untuk selanjutnya diproses ulang. Perancangan proses ini dapat dilihat di gambar 4



Gambar 4 Perancangan proses backwash

2.5. Perancangan Sistem Mikrokontroler ATmega8535

1 Mikrokontroler ATmega8535 berfungsi sebagai penerima data masukan, melakukan pengontrolan dengan menggunakan algoritme kendali proporsional, dan menghasilkan sinyal keluaran yang kemudian diolah lagi dengan sinyal proses keluaran, sehingga menghasilkan sinyal keluaran yang digunakan untuk melakukan aksi kontrol secara fisik terhadap obyek pengaturan. Untuk melakukan aksi kontrol terhadap sistem, maka dilakukan pengalokasian penggunaan banyak port pada mikrokontroler ATmega8535. Pada perancangan sistem mikrokontroler ATmega8535 ini port, beberapa port yang digunakan diantaranya adalah untuk mendeteksi besar tekanan di dalam plant digunakan sensor tekanan MPX5100DP, untuk sensor tekanan pada masukan filter terletak pada pin A.0, sedangkan untuk sensor tekanan keluaran terletak pada pin A.1. Masukan sistem dengan menempatkan *push button* pada pin B.7. Port C digunakan sebagai tampilan sistem dengan menempatkan LCD pada pin C.0 – C.7. Port D digunakan sebagai pengatur bukaan katup dengan menempatkan motor servo pada pin D.7. Pada pin B.3 digunakan oleh *buzzer* yang berfungsi untuk alarm. Pada Gambar 6 menunjukkan alokasi port yang digunakan.



Pada Tugas Akhir ini digunakan metode kontrol proporsional untuk mengendalikan tekanan air pada *plant*. Kontrol proporsional ini untuk mengontrol nilai pada servo sehingga memberikan respon membuka dan menutupnya katup. Kontrol proporsional ini dipilih karena fungsinya yang mempercepat respon sehingga hanya dengan kontrol proporsional sudah mampu mengendalikan sistem sesuai dengan *set point* yang diinginkan. Untuk mendapatkan nilai parameter yang tepat yaitu dengan cara *trial and error* karena dilihat dari respon sistem yang cepat sehingga tidak terdapat keterlambatan waktu.

2.7.1. Perancangan Program Utama



Sub rutin program inialisasi I/O adalah bagian awal inialisasi semua register dari komponen mikrokontroler ATmega8535 yang digunakan dalam program pengendalian tekanan air dengan menggunakan metode kontrol proporsional. Register yang diatur antara lain register *Port A*, *Port B*, *Port C*, *Port D*, USART, serta inialisasi LCD. Pada program secara keseluruhan, *Port A.0* digunakan untuk mengakses sensor tekanan masukan MPX5100DP dan *Port A.1* digunakan untuk mengakses sensor tekanan keluaran MPX5100DP. *Port B.7* digunakan untuk *push button* yang berfungsi sebagai tombol untuk memulai, memindahkan dan menghentikan proses. *Port C* digunakan untuk tampilan LCD. *Port B.3* digunakan *buzzer* sebagai alarm untuk proses *backwash*. *Port D.7* digunakan sebagai keluaran dari motor servo. *Port B.0*, *B.1*, *B.2* dan *B.4* digunakan sebagai masukan dari *relay*.

Pada tugas akhir ini hanya digunakan sebuah push button yang berfungsi memindahkan keadaan dari keadaan *stand by* menuju keadaan *offline* otomatis, menuju keadaan *backwash* dan menuju *stand by* kembali. Berikut sub rutin programnya :

2.7.4. Program Pengambilan Data ADC Internal

2.7.5. Program Kendali Posisi Katup

Aktuator pada *plant* Tugas Akhir ini adalah katup keluaran sebagai pengurang tekanan yang masuk ke dalam filter. Untuk mendapatkan posisi bukaan yang ideal, katup dikopel dengan motor servo. Agar putaran motor servo tidak melebihi batas maksimal dan minimal

bukaan pada katup maka diperlukan umpan balik terhadap sinyal kontrol yang akan mengendalikan motor servo. Pengaturan motor servo menggunakan pin D.7 pada mikrokontroler. Gambar 8 menunjukkan diagram pewaktuan posisi sudut motor servo saat katup tertutup penuh dan katup terbuka penuh yang digunakan.



Gambar 8 Timing diagram posisi sudut motor servo

2.7.6. Program Sub Rutin USART Receiver Interrupt

Sub rutin *USART Receiver Interrupt* digunakan untuk penerima dan memproses data *online*. Ketika terjadi pengiriman data berupa nilai setting point serta parameter-parameter Proporsional dari komputer server, maka akan terjadi interupsi untuk menjalankan proses pengontrolan Proporsional pada program tersebut berdasarkan nilai-nilai yang telah diberikan.

2.6.7. Program Kontrol Proporsional

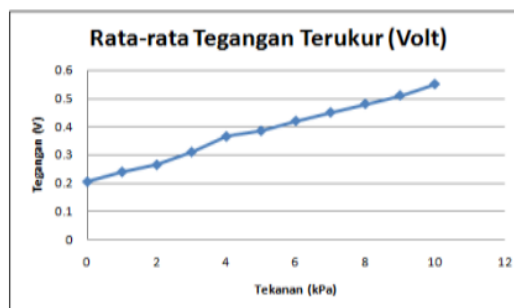
Pada Tugas Akhir ini digunakan metode kontrol proporsional untuk mengendalikan tekanan air pada *plant*. Nilai parameter K_p sudah dideklarasikan pada fungsi *init_pid()*, kesalahan digunakan sebagai masukan pada kontrol proporsional. Prosedur kontrol proporsional dipanggil dalam program utama dengan waktu pemanggilan tertentu. Pada Tugas Akhir ini dirancang mempunyai sinyal kontrol (CO) maksimal 100% dan minimal 0%. CO 100% merupakan CO saat katup terbuka penuh, sedang CO 0% merupakan CO saat katup tertutup penuh.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Perangkat Keras

3.1.1. Pengujian Sensor Tekanan MPX5100 DP

Pengujian terhadap sensor MPX5100DP dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran sensor tekanan. Pembacaan sensor tersebut kemudian dibandingkan dengan grafik pengujian pada *datasheet*. Data hasil pengukuran yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8 Grafik perbandingan pembacaan sensor MPX5100DP dengan tegangan keluaran secara terukur.

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa tegangan pembacaan sensor MPX5100DP dengan tegangan yang terdapat pada *datasheet* masih ada perbedaan. Grafik tegangan pada pengukuran masih lebih kecil dibandingkan grafik pada *datasheet*. Jadi pada kondisi ini, kesalahan pengukuran dan kalibrasi yang belum sempurna menjadi penyebab perbedaan pada kedua grafik tersebut.

3.1.2. Pengujian Proses Backwash

Pada proses *backwash*, untuk menjalankan proses ini tekanan pada masukan filter telah di atur terlebih dahulu. Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat di tabel 1. Dari tabel 1. dibawah dapat dilihat bahwa proses *backwash* akan berjalan ketika tekanan masukan di atur lebih dari 17 kPa, maka aksi yang akan dilakukan adalah keadaan akan berpindah ke keadaan *backwash* dan akan memulai proses lagi setelah tombol *push button* di tekan. Sementara jika tekanan masukan masih kurang dari 17 kPa, maka keadaan tidak berpindah dan tetap di keadaan otomatis.

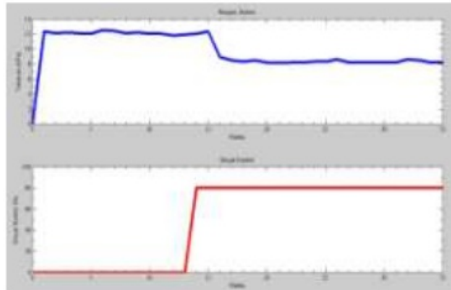
Tabel 1. Pengujian proses *backwash*.

No	Kondisi	Keterangan
1	Tekanan filter masukan > 17 kPa	Keadaan berpindah ke keadaan <i>backwash</i> dan mulai proses setelah <i>push button</i> di tekan
2	Tekanan filter masukan < 17 kPa	Keadaan tetap otomatis

3.2. Pengujian Perangkat Lunak

3.2.1. Pengujian Kalang Terbuka

Karakteristik *plant* sistem pengendalian tekanan air dapat diketahui dengan melakukan pengujian kalang terbuka. Pendekatan model dari *plant* untuk penalaan parameter control dapat diperoleh dari respon eksperimen pengujian kalang terbuka. Hubungan antara CO (sinyal kontrol) dan PV (deviasi keluaran proses) pada hasil eksperimen *bump test* pengujian kalang terbuka ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 10 Pengujian *Bump test* bertekanan dengan tekanan awal 12kPa dan $\Delta CO = 80\%$.

Dari Gambar 10 dapat diketahui bahwa *plant* sistem pengendalian tekanan air memiliki keluaran (PV) berupa tekanan yang membentuk sistem integrator ketika mencapai keadaan tunak pada PV sekitar 0,1 kPa untuk perubahan tangga sinyal kontrol (ΔCO) sebesar 80% dengan CO awal sebesar 0% dan PV awal sudah mencapai di 12 kPa. Respon sistem tersebut memperlihatkan IPDT (*Integrating Plus Dead Time*).

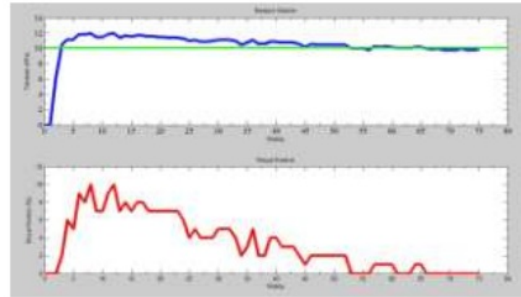
3.2.2. Pengujian Kontrol Proporsional pada *Setting Point* Tetap

Respon sistem kontrol proporsional pada *setting point* tetap diuji dengan memberikan variasi nilai parameter K_p . Parameter nilai K_p tersebut yaitu 50, 60 dan 70. Nilai *setting point* yang diuji masing-masing sebesar 10 kPa. Respon sistem kontrol proporsional pada *setting point* tetap tersebut ditunjukkan pada Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13. Karakteristik respon sistem pengendalian tekanan air pada pengujian *setting point* tetap ditunjukkan pada Tabel 2.

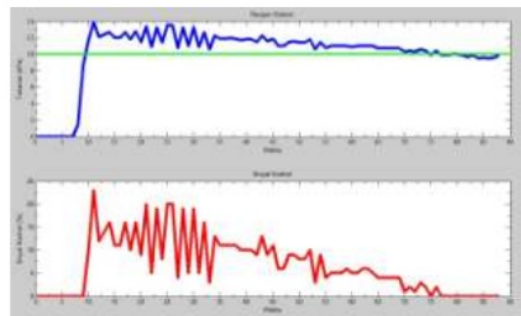
Tabel 2 Karakteristik respon sistem pengendalian tekanan air pada *setpoint* tetap.

Tekanan Awal (kPa)	Setting Point (kPa)	K_p	T_r (detik)	T_s (detik)
0	10	50	4	37
0	10	60	10	64
0	10	70	22	76

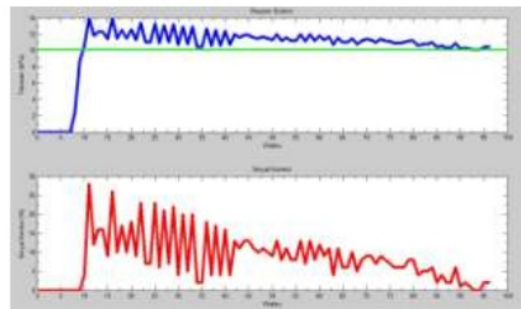
Pada Tabel 3 ditunjukkan bahwa respon sistem dengan *setting point* tetap yaitu 10 kPa menghasilkan nilai K_p terbaik yaitu 50 karena respon sistem terlihat dari nilai waktu naik sebesar 4 detik, waktu tetapan sebesar 37 detik. Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12. menunjukkan respon sistem relatif stabil untuk mencapai variasi nilai *setting point* tanpa adanya *overshoot* dan osilasi kecil.



Gambar 11 Respon sistem kontrol proporsional pada $K_p=50$



Gambar 12 Respon sistem kontrol proporsional pada $K_p=60$.

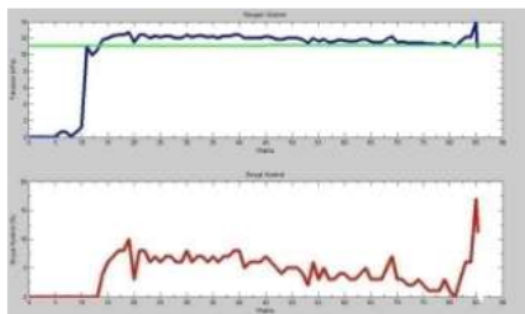


Gambar 13 Respon sistem kontrol proporsional pada $K_p=70$.

3.2.3. Pengujian Kontrol Proporsional Pada Perubahan Set Point

Pengujian dengan perubahan *setting point* naik ini bertujuan untuk mengetahui respon kendali sistem terhadap perubahan *setting point*. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan nilai parameter $K_p = 50$. Gambar 14 menunjukkan pengujian respon sistem pengendalian tekanan air pada perubahan *setting point* semakin besar. Pada percobaan sebelumnya sistem diberi *setting point* sebesar 10 kPa dengan tekanan awal 0 kPa. Waktu naik (T_r) yang diperlukan untuk mencapai *setting point*

tersebut adalah 14 detik. Sistem telah mencapai keadaan tunak dengan waktu penetapan (T_s) 37 detik. Ketika sistem melakukan perubahan *setting point* menjadi 11 kPa waktu naik (T_r) yang diperlukan adalah 52 detik dan waktu penetapan (T_s) 55 detik. Waktu yang diperlukan ketika *setting point* naik relatif lebih lama dibandingkan dengan *setting point* 10 kPa dengan $K_p = 50$. Hal ini dikarenakan semakin besar *setting point*, semakin sulit untuk katup tersebut dapat menyesuaikan dengan debit air yang mengalir terus menerus.



Gambar 14 Respon sistem pada perubahan *setting point* 11 kPa.

4. Kesimpulan

Hasil pengujian kalang terbuka dengan eksperimen *bump test* untuk $\Delta CO = 80\%$ dari CO awal 0% , *plant* sistem pengendalian tekanan air termasuk model IPDT dengan nilai $L = 1$ detik dan $K^* = -0,07375 (kPa / \%)$. Pengujian untuk *setting point* tetap sebesar 10 kPa dengan tekanan awal sama yaitu 0 kPa, sistem menghasilkan nilai K_p terbaik sebesar 50 dengan respon sistem terlihat dari nilai waktu naik sebesar 4 detik, waktu tetapan sebesar 37 detik dibandingkan saat $K_p = 60$ dengan waktu naik sebesar 10 detik dan waktu tetapan 64 detik dan $K_p = 70$ dengan waktu naik 12 detik dan waktu tetapan 76 detik. Salah satu pengujian untuk mengetahui kestabilan sistem yaitu dengan pengujian perubahan *setting point*, respon sistem mampu mengikuti perubahan *setting point* dengan waktu naik lebih cepat dibandingkan dengan saat tekanan 10 kPa dengan $K_p = 50$. Hal ini dikarenakan semakin besar *setting point*, semakin sulit katup tersebut dapat menyesuaikan dengan debit air yang mengalir terus menerus. Ketika tekanan 1 kPa, rata-rata tegangan terukur adalah 0,205. Nilai ini akan selalu berbanding lurus hingga tekanan 10 kPa, rata-rata tegangan terukurnya adalah 0,55. Tegangan pembacaan sensor MPX5100DP dengan tegangan yang terdapat pada *datasheet* masih ada perbedaan. Grafik tegangan pada pengukuran masih lebih kecil dibandingkan grafik pada *datasheet*. Proses *backwash* akan aktif ketika tekanan masukan di set lebih dari 17 kPa, maka aksi yang akan dilakukan adalah kondisi akan

berpindah ke keadaan *backwash* dan akan memulai proses lagi setelah menekan tombol *push button*. Sementara jika tekanan masukan masih kurang dari 17 kPa, maka keadaan tidak berpindah dan tetap di keadaan otomatis.

Harus memperhatikan proses fisika untuk dapat meminimalkan terjadinya kerusakan alat. Menggunakan material *plant* yang lebih kuat dan *portable* agar lebih praktis dan mudah dibawa kemana-mana. Menggunakan metode pengontrolan yang lebih kompleks agar lebih cepat menstabilkan proses.

PENGONTROLAN TEKANAN AIR DANPENGATURAN SISTEM BACKWASH PADA PLANTPENGOLAHAN AIR LIMBAH TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITASDIPONEGORO

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

core.ac.uk

Internet Source

4%

2

www.ejournal-s1.undip.ac.id

Internet Source

3%

3

fr.scribd.com

Internet Source

2%

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 15 words

PENGONTROLAN TEKANAN AIR DANPENGATURAN SISTEM BACKWASH PADA PLANTPENGOLAHAN AIR LIMBAH TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITASDIPONEGORO

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7
