

SISTEM PENGENDALIAN KADAR GAS DALAM RUANG TERTUTUP YANG MENGALAMI KEBOCORAN LPG MENGGUNAKAN KONTROLER P BERBASIS ARDUINO MEGA

Muhammad Dirga Armanda¹, Retnowati², Goegoes Dwi Nusantoro³

¹Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email : dirga.armanda@gmail.com

Abstrak

Sumber daya alam yang bermanfaat bagi kehidupan manusia sangatlah banyak tersedia di bumi ini. Baik itu sumber daya alam yang dapat diperbaharui maupun sumber daya alam yang tidak diperbaharui. Gas LPG (*Liquid Petroleum Gas*) merupakan salah satu hasil dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Peranan gas LPG pada saat ini sangatlah penting bagi kehidupan manusia. Konsumen LPG bervariasi, mulai dari rumah tangga, kalangan komersial (restoran, hotel, dll) hingga industri. Semenjak pemerintah melakukan konversi minyak tanah ke kompor gas, banyak sekali kejadian meledaknya tabung gas, sering terjadi kebocoran tabung gas yang berbahaya bagi pengguna maupun masyarakat sekitar. Berita kebakaran pun sering terdengar sebagai akibat tabung gas LPG meledak. Penyebab meledaknya tabung gas ini karena kebocoran pada selang, tabung atau pada regulatornya yang tidak terpasang dengan baik. Pencegahan dini atau solusinya untuk masalah di atas adalah mengendalikan kadar gas tersebut dengan membuat sistem sirkulasi udara dalam ruangan yang mengalami kebocoran gas menggunakan kipas. Perancangan pengendalian kadar gas dengan membuat sistem sirkulasi udara untuk mengendalikan kadar gas dalam ruang menggunakan kontroler P (*Proportional*). Metode digunakan guna menentukan parameter P adalah metode *hand tuning* dan didapatkan parameter P yaitu $K_p = 1.08$. Pengendalian dirancang agar gas dalam ruang sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan yaitu 675 ppm. Hasil pengujian keseluruhan dengan $K_p = 1.08$ didapatkan sistem yang *steady* dengan nilai *error steady state* sebesar 0.88 % dan *settling time* sebesar 22 detik. Ketika plant diberikan gangguan dengan membocorkan gas pada plant, sistem membutuhkan waktu selama 5 detik untuk mengembalikan keadaan gas sesuai dengan *setpoint*. Kontroler P yang bekerja mengembalikan sistem menjadi *Steady state* setelah diberikan gangguan.

Kata Kunci: LPG, Kadar gas, Kontroler P, *hand tuning*

A. PENDAHULUAN

Sumber daya alam yang bermanfaat bagi kehidupan manusia sangatlah banyak tersedia di bumi ini. Baik itu sumber daya alam yang dapat diperbaharui maupun sumber daya alam yang tidak diperbaharui. Gas LPG (*Liquid Petroleum Gas*) merupakan salah satu hasil dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Peranan gas LPG pada saat ini sangatlah penting bagi kehidupan manusia. Konsumen LPG bervariasi, mulai dari rumah tangga, kalangan komersial (restoran, hotel, dll) hingga industri.

Semenjak pemerintah melakukan konversi minyak tanah ke kompor gas, banyak sekali kejadian meledaknya tabung gas, sering terjadi kebocoran tabung gas yang berbahaya bagi pengguna maupun masyarakat sekitar. Berita kebakaran pun sering terdengar sebagai akibat tabung gas LPG meledak. Penyebab meledaknya tabung gas ini karena kebocoran pada selang, tabung atau pada regulatornya yang tidak terpasang dengan baik. Pencegahan dini atau solusinya untuk masalah di atas adalah mengendalikan kadar gas tersebut dengan membuat sistem sirkulasi udara dalam ruangan yang mengalami kebocoran gas menggunakan kipas. ketika mengalami kebocoran gas, sensor MQ-6 akan mendeteksi kadar gas yang bocor didalam ruang tersebut yang ditampilkan di display LCD (*Liquid Crystal Display*). Kecepatan kipas tergantung dengan

kadar gas LPG dalam ruang tersebut yang dibaca oleh sensor MQ-6. Pengendalian Kadar Gas ini dilakukan dengan menggunakan kontroler P. Diharapkan dengan menggunakan kontroler P, performa sistem yang didapatkan menjadi stabil, dan respon sistem menjadi lebih cepat. Untuk menentukan parameter P, digunakan metode *Hand Tuning*.

B. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kontroler Proporsional

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding dengan sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Untuk kontroler dengan aksi kontrol proporsional, hubungan antara keluaran kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$ adalah: $m(t) = K_p \cdot e(t)$(1)

Dalam transformasi laplace dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \dots\dots\dots(2)$$

B. Sensor Gas MQ-6

MQ-6 merupakan sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi LPG, Iso-butane, Propane dengan sensitivitas yang tinggi. Sensor gas MQ-6 (Gambar 1) ini mempunyai sensitivitas yang kecil terhadap zat



alkohol dan asap rokok. Sensor gas MQ-6 merupakan sensor yang mempunyai respon cepat terhadap LPG (*Liquid Petroleum Gas*), stabil dan tahan lama, serta dapat digunakan dalam rangkaian yang sederhana. Sensor Gas MQ-6 biasa digunakan didalam perlengkapan mendeteksi kebocoran gas dalam kegiatan rumah tangga dan industri, yang cocok untuk mendeteksi LPG, iso-butane, propane, LNG, serta menghindari gangguan dari pendeteksian zat Alkohol, asap masakan, dan rokok untuk mengurangi kesalahan pendeteksian.



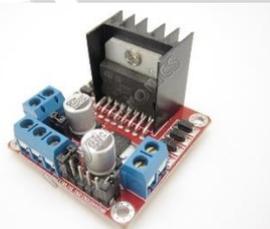
Gambar 1. Sensor MQ-6

C. Driver Motor L298N Dual H-Bridge

Driver motor L298N (Gambar 2) merupakan driver motor yang paling populer digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah pergerakan motor terutama pada robot *line follower* atau *line tracer*.

Kelebihan dari driver motor L298N ini adalah cukup presisi dalam mengontrol motor. Selain itu, kelebihan driver motor L298N adalah mudah untuk dikontrol. Untuk mengontrol driver L298N ini dibutuhkan 6 buah pin mikrokontroler. Dua buah untuk pin *Enable* (satu buah untuk motor pertama dan satu buah yang lain untuk motor kedua. Karena driver L298N ini dapat mengontrol dua buah motor DC). 4 buah untuk mengatur kecepatan motor tersebut. Rangkaian driver motor DC dengan IC (*Integrated Circuit*) L298N dapat digunakan untuk mengendalikan motor DC dengan arus maksimum hingga 4A. IC L298N adalah driver motor DC *H-Bridge* dengan 2 unit driver didalam 1 chip IC.

Skematik rangkaian driver motor L298N harus ditambahkan beberapa komponen lagi agar dapat bekerja. Yang pertama berupa rangkaian regulator yang berada dibagian atas skematik. dan yang kedua adalah rangkaian pendukung driver motor yang berupa beberapa dioda.

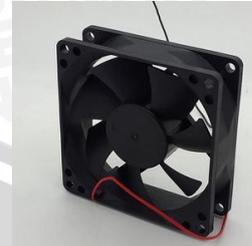


Gambar 2. L298N Driver H-Bridge Drive PWM

D. Brushless Motor DC

Pada sistem ini aktuator yang di gunakan adalah Brushless motor DC (Gambar 3). Fungsi dari motor DC ini adalah untuk mengeluarkan gas yang ada di dalam ruang keluar ruangan tersebut. BLDC motor

adalah suatu jenis motor-sinkron. Artinya medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan medan magnet yang dihasilkan oleh Rotor berputar di frekwensi yang sama. BLDC motor tidak mengalami slip, tidak seperti yang terjadi pada motor induksi biasa.

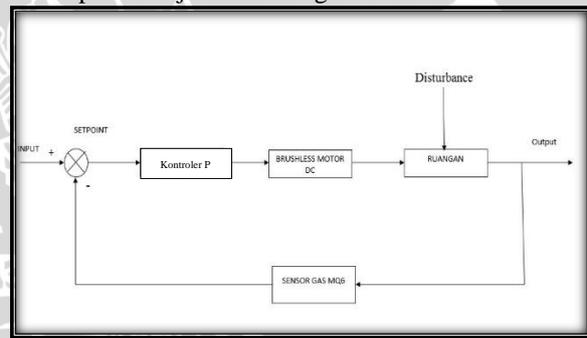


Gambar 3. Brushless Motor DC

C. METODE PENELITIAN

A. Diagram Blok Sistem

Pada pembuatan perangkat keras diperlukan perancangan blok diagram sistem yang dapat menjelaskan sistem secara garis besar dan diharapkan alat dapat bekerja sesuai dengan rencana.



Gambar 4. Blok Diagram Sistem Loop Tertutup

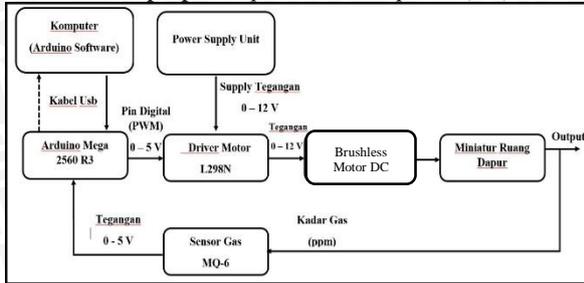
Setpoint pada blok diagram (Gambar 4) berupa nilai kadar gas dalam plant yang diatur oleh user. Nilai *setpoint* sebesar 675 ppm akan disimpan pada mikrokontroler. Selain *setpoint* terdapat juga nilai *error*, nilai *error* ini merupakan deviasi antara pembacaan aktual dari sensor gas MQ-6 dan nilai *setpoint*. Kedua nilai yang didapatkan tersebut akan dikalkulasi dan diolah oleh mikrokontroler. Nilai yang telah dikalkulasi tadi akan berfungsi sebagai *manipulated variable* sinyal kontrol yang digunakan sebagai *input driver motor*. Driver motor ini akan menggerakkan motor DC tanpa sikat (*brushless motor DC*) sesuai dengan sinyal kontrol keluaran mikrokontroler. Kondisi kecepatan sekarang berdasarkan pembacaan kadar gas dalam ruang oleh MQ-6 dan perbedaan pembacaan kadar gas akan menjadi masukan *error* lagi bagi kontroler.

B. Pembuatan Perangkat Keras

Pembuatan perangkat keras dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta pemrogramannya, hal ini dimaksudkan agar sistem pengendalian kadar gas dapat berjalan sesuai dengan deskripsi awal yang telah direncanakan.

Pembuatan perangkat keras yang dilakukan meliputi:

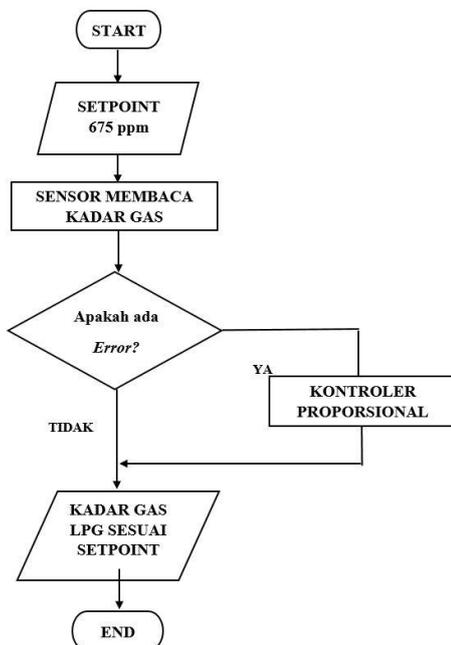
1. Skema pembuatan perangkat keras (Gambar 5)
2. Penentuan modul elektronik yang digunakan:
 - Power Supply Unit
 - Mikrokontroler Arduino Mega 2560 R3
 - Driver Motor L298N
 - Brushless Motor Dc
 - Sensor Gas MQ-6
 - Laptop atau personal computer (PC)



Gambar 5. Skema pembuatan perangkat keras

C. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler diawali dengan merancang diagram alir (*flowchart*) terlebih dahulu. Diagram alir ini berfungsi sebagai alur kerja masing-masing perangkat keras yang dikendalikan oleh mikrokontroler. Pada penelitian ini, pencarian parameter P menggunakan metode *hand tuning* dengan *trial and error*. Setelah dilakukan beberapa kali pengujian, maka didapatkan parameter P yang paling baik yaitu $K_p = 1.08$. Kerangka perangkat lunak yang dibuat sesuai dengan *flowchart* dalam Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir sistem keseluruhan

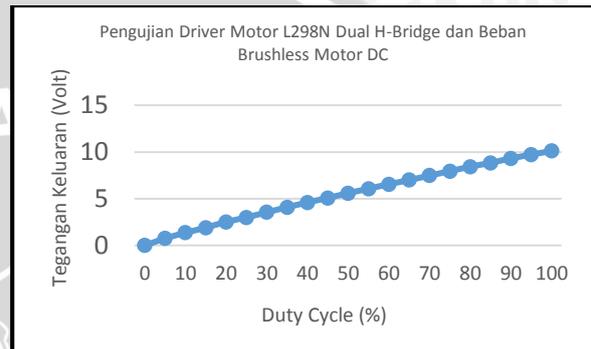
Gambar 6. menjelaskan diagram alir secara keseluruhan. Proses pertama yang dilakukan adalah menentukan *setpoint*, yaitu sebesar 675 ppm. Kemudian sensor MQ-6 kadar gas dalam miniatur. Apabila kadar gas tidak sesuai dengan *setpoint* atau

terdapat *error*, maka *error* tersebut akan dijadikan sinyal masukan kontroler P. Dengan kontroler P, maka *error* tersebut akan dikontrol hingga mendekati nol.

D. PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

A. Karakteristik Driver Motor Dengan Beban

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dan respon rangkaian modul *driver motor L298N Dual H-Bridge* dengan membandingkan *output* tegangan efektif *driver* dengan masukan *dutycycle* sinyal PWM yang diberikan oleh Arduino Mega 2560.



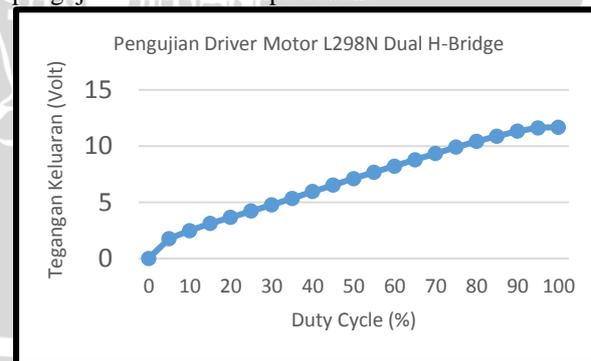
Gambar 8. Grafik perubahan tegangan *output driver L298N Dual H-Bridge* terhadap *input dutycycle* dengan beban.

Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 8. dapat disimpulkan bahwa modul *driver motor* memiliki *gain* sebesar:

$$m = \frac{V_{out_{13}} - V_{out_9}}{VDutycycle_{13} - VDutycycle_9} = \frac{6.55 - 4.6}{60 - 40} = 0.0975$$

B. Karakteristik Driver Motor Tanpa Beban

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dan respon rangkaian *driver motor L298N Dual H-Bridge* dengan membandingkan *output* tegangan efektif *driver* terhadap masukan sinyal PWM yang diberikan oleh Arduino mega 2560. Tetapi pada pengujian dilakukan tanpa beban.



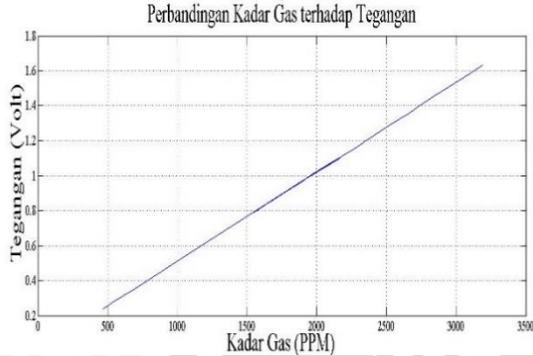
Gambar 9. Grafik perubahan tegangan *output driver L298N Dual H-Bridge* terhadap *input dutycycle* tanpa beban.

Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 9. dapat disimpulkan bahwa modul *driver motor* memiliki *gain* sebesar:

$$m = \frac{V_{out_{13}} - V_{out_9}}{VDutycycle_{13} - VDutycycle_9} = \frac{8.21 - 5.95}{60 - 40} = 0.113$$

C. Karakteristik Sensor Arus Gas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui Karakteristik, kinerja serta *output* sensor Gas dengan membandingkan nilai ADC yang telah dibaca oleh sensor yang telah dikonversi ke dalam bentuk ppm (*part per milion*) dan *output* sebesar 0-5V yang diberikan oleh arduino mega 2560 R3.

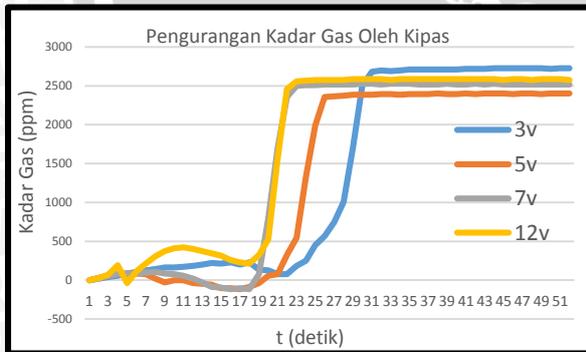


Gambar 10. Grafik perubahan tegangan *output* pada sensor arus.

Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 10, dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai pembacaan kadar gas maka semakin besar pula nilai tegangan keluaran dari *driver*.

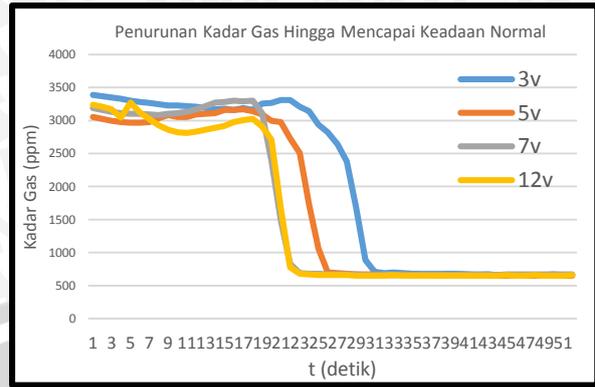
D. Pengujian Steady State Gain Kipas

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana penentuan *steady state gain* sistem pengendalian kadar gas dapat bekerja dengan baik sesuai dengan *setpoint* yang diharapkan. *steady state gain* ini menggambarkan hubungan antara kadar gas pembacaan dengan tegangan masukan kipas. Pengujian ini juga berguna untuk menentukan tegangan yang diperlukan untuk mengeluarkan kadar gas dalam plant.



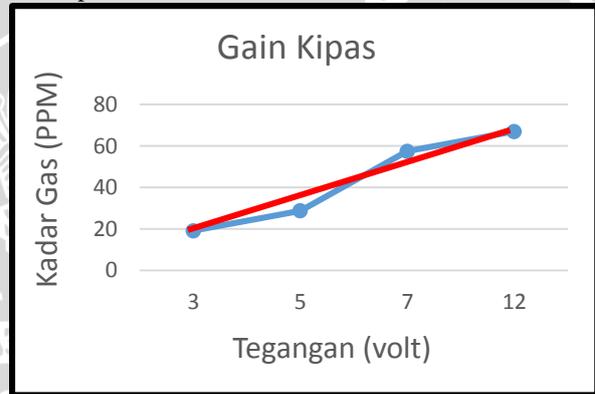
Gambar 11. Grafik Waktu Yang Diperlukan Kipas Untuk Mengeluarkan Gas Sebanyak 2500 ppm.

Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 11, dapat disimpulkan bahwa waktu yang diperlukan untuk mengeluarkan gas sebanyak 2500 ppm berbeda-beda, tergantung dari tegangan yang diberikan pada kipas. Semakin besar tegangan yang diberikan pada kipas maka waktu yang diperlukan kipas untuk mengeluarkan gas sebanyak 2500 ppm akan semakin cepat.



Gambar 12. Grafik Penurunan Kadar Gas Terhadap Waktu Dengan Tegangan Yang Berbeda-beda Untuk Mencapai Keadaan Normal.

Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 12, dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar gas memerlukan waktu yang berbeda-beda untuk mencapai keadaan normal tergantung dengan tegangan yang diberikan pada *driver* motor. Semakin besar tegangan yang diberikan pada *driver* semakin cepat pula waktu untuk mencapai keadaan normal.



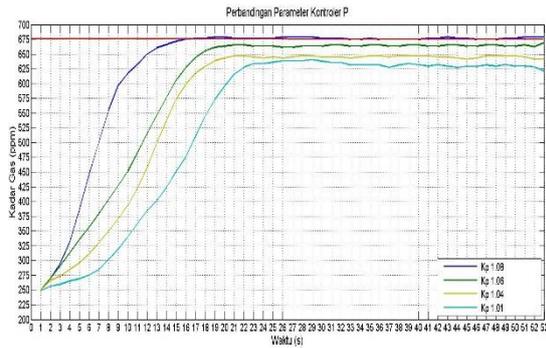
Gambar 13. Pengurangan Banyaknya Kadar Gas Terhadap Tegangan Motor Yang Berbeda-beda.

Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 13, Dapat disimpulkan pengurangan kadar gas dalam plant dengan tegangan yang berbeda-beda sehingga didapatkan *gain* kipas dengan menghitung gradien dari Gambar 6, sebagai berikut:

$$m = \frac{\text{Kadar gas}_{12} - \text{Kadar gas}_3}{V_{out_{12}} - V_{out_3}} = \frac{67.02 - 19.15}{12 - 3} = 5.318889$$

E. Perancangan Kontroler P

Kontroler P dapat di-tuning dalam beberapa cara, antara lain Ziegler-Nichols *tuning*, *loop shaping*, metode analitis, optimasi, *pole placement*, *auto tuning* dan *hand tuning* (Smith,1997; Astrom & Hagglund,2004). Perancangan kontroler P diperlukan pada sistem ketika sistem diberi gangguan agar sistem bisa mencapai keadaan normalnya atau *steady*. Pada perancangan ini, metode yang digunakan untuk menentukan nilai Kp adalah metode *hand Tuning*. Penggunaan metode ini dilakukan karena terdapat kendala menggunakan metode lain yang disebutkan di atas yaitu tidak adanya model matematis, sehingga membuat cara analitis sulit untuk dilakukan dan karena mendapatkan respon yang tidak sesuai dengan yang diinginkan ketika menggunakan metode lainnya.



Gambar 14. Pengujian Dengan Nilai Kp Yang Berbeda-beda. Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 14. dapat bahwa sistem yang menggunakan nilai Kp 1.08 dapat mencapai *setpoint* dibandingkan dengan nilai Kp yang lainnya dan respon sistem yang didapatkan jauh lebih baik jika menggunakan Kp 1.08.

F. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

1. Tujuan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon keseluruhan sistem pengendalian kadar gas sesuai dengan *setpoint* yang diharapkan.

2. Peralatan yang digunakan

1. Miniatur ruang dapur dengan p x l x t sebesar 35cm x 30 cm x 25 cm.
2. Power Supply Unit (PSU) .
3. 1 buah driver motor L298N Dual H-Bridge.
4. 1 kipas DC 12V 2600 rpm.
5. Winn gas portable
6. Sensor gas MQ-6.
7. Program dan software arduino.
8. LCD 16x2 blue dengan modul I2C.
9. Arduino mega 2560 R3.

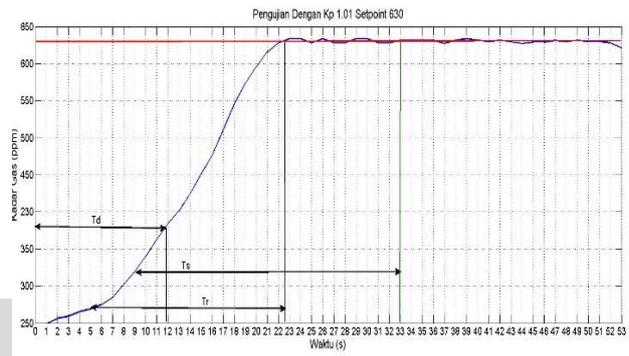
3. Prosedur Pengujian

1. Hubungkan power supply unit ke stop kontak AC.
2. Hubungkan 3 buah driver motor L298N ke power supply unit
3. Hubungkan kipas DC ke driver motor
4. Hubungkan pin vcc dan GND arduino ke driver motor.
5. Hubungkan juga pin Vcc,GND,SCL,SDA dari LCD dengan modul I2C ke arduino.
6. Hubungkan sensor MQ-6 ke pin vcc,GND, dan AO yang ada pada arduino mega 2560.
7. Membuat program arduino buat tiap pengujian.
8. Mengunduh program sesuai dengan tipe pengujiannya.
9. Catat,amati, dan analisis respon dari sistem setelah mengunduh program sesuai dengan tipe pengujiannya.

4. Hasil Pengujian dan Analisis

Dari pengujian analisis secara keseluruhan didapatkan hasil yang ditunjukkan dalam Gambar 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, dan 22 berikut ini.

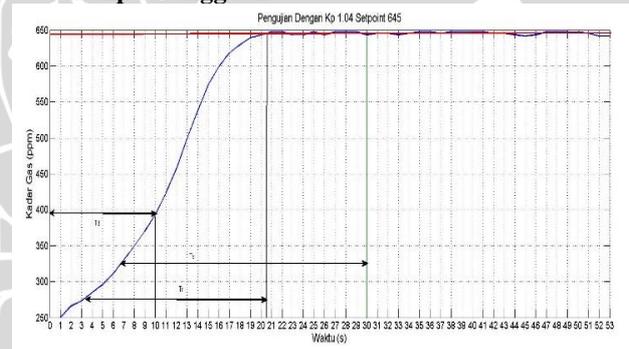
• **Pengujian Sistem Dengan Kp 1.01 Setpoint 630 Tanpa Gangguan**



Gambar 15. Grafik Respon Sistem Setpoint 630 Dengan Kontroler Tanpa Gangguan

Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 15. dengan Kp 1.01 dapat disimpulkan bahwa waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai keadaan mantap (*ts*) selama 33 detik, waktu naik (*tr*) selama 22.6 detik, waktu tunda (*td*) selama 11.8 detik, *error steady state* 0.139 %.

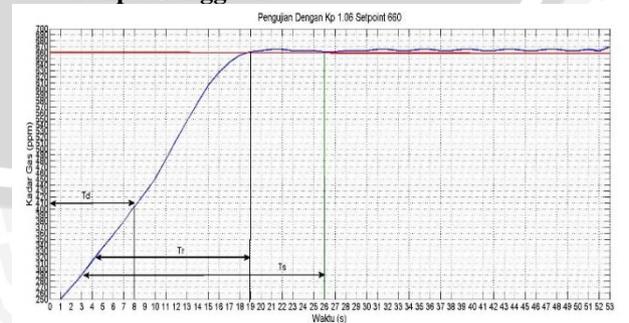
• **Pengujian Sistem Dengan Kp 1.04 Setpoint 645 Tanpa Gangguan**



Gambar 16. Grafik Respon Sistem Setpoint 645 Dengan Kontroler Tanpa Gangguan

Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 16. dengan Kp 1.04 dapat disimpulkan waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai keadaan mantap (*ts*) selama 30 detik, waktu naik (*tr*) selama 20.3 detik, waktu tunda (*td*) selama 10 detik, *error steady state* 2.170 %.

• **Pengujian Sistem Dengan Kp 1.06 Setpoint 660 Tanpa Gangguan**

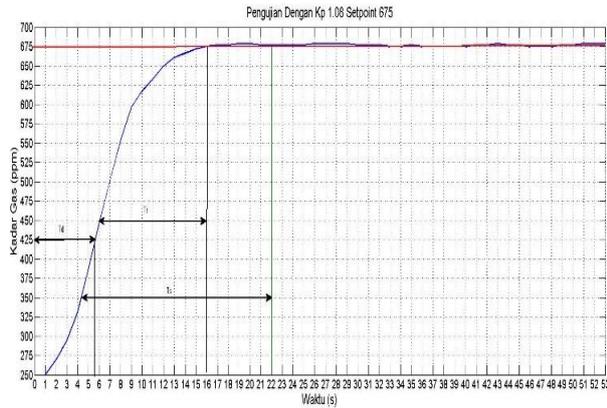


Gambar 17. Grafik Respon Sistem Setpoint 660 Dengan Kontroler Tanpa Gangguan

Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 17. dengan Kp 1.06 dapat disimpulkan waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai keadaan mantap (*ts*)

selama 26 detik, waktu naik (t_r) selama 19 detik, waktu tunda (t_d) selama 8 detik, *error steady state* 1.389 %.

- **Pengujian Sistem Dengan Kp 1.08 Setpoint 675 Tanpa Gangguan**

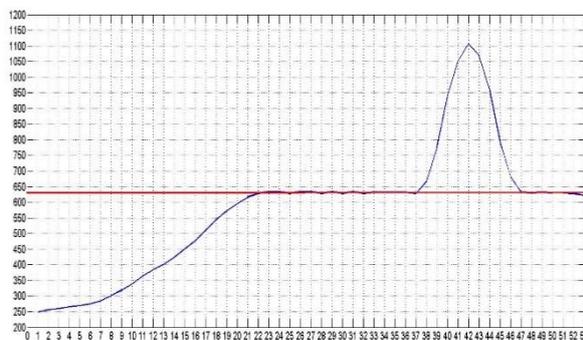


Gambar 18. Grafik Respon Sistem Setpoint 675 Dengan Kontroler Tanpa Gangguan

Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 18. dengan Kp 1.08 dapat disimpulkan waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai keadaan mantap (t_s) selama 22 detik, waktu naik (t_r) selama 16 detik, waktu tunda (t_d) selama 5.8 detik, *error steady state* 0.88 %.

Kesimpulan yang didapatkan dari 4 pengujian dengan kontroler tanpa gangguan dengan nilai Kp yang berbeda-beda akhirnya didapatkan bahwa nilai respon sistem yang bagus ada pada nilai Kp 1.08 karena dapat mencapai nilai *setpoint* yang diinginkan dengan waktu *steady-nya* paling cepat yaitu 22 detik.

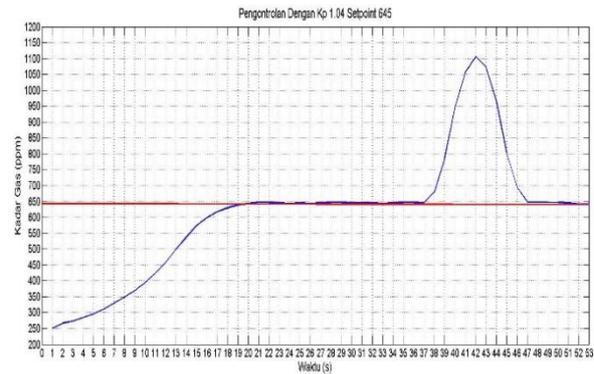
- **Pengujian Sistem Dengan Kp 1.01 Setpoint 630 Dengan Gangguan**



Gambar 19. Grafik Respon Sistem Setpoint 630 Dengan Kontroler Dengan Gangguan

Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 19. dengan Kp 1.01 dapat disimpulkan sistem dengan nilai Kp 1.01 mengalami perubahan kondisi setelah diberi gangguan dengan membocorkan gas. Sistem akan kembali ke keadaan mantap ketika gas dalam ruang sudah sesuai dengan *setpoint*. *Recovery time* pada sistem adalah 5 detik.

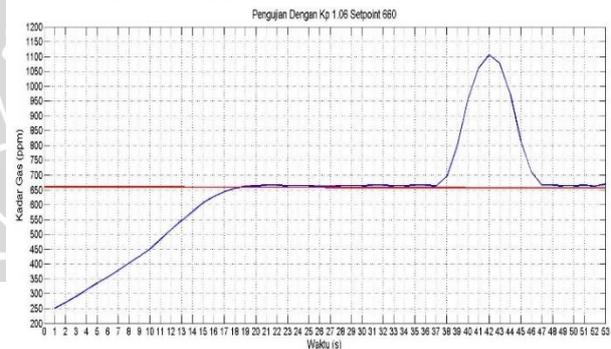
- **Pengujian Sistem Dengan Kp 1.04 Setpoint 645 Dengan Gangguan**



Gambar 20. Grafik Respon Sistem Setpoint 645 Dengan Kontroler Dengan Gangguan

Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 20. dengan Kp 1.04 dapat disimpulkan sistem dengan nilai Kp 1.04 mengalami perubahan kondisi setelah diberi gangguan dengan membocorkan gas. Sistem akan kembali ke keadaan mantap ketika gas dalam ruang sudah sesuai dengan *setpoint*. *Recovery time* pada sistem adalah 5 detik.

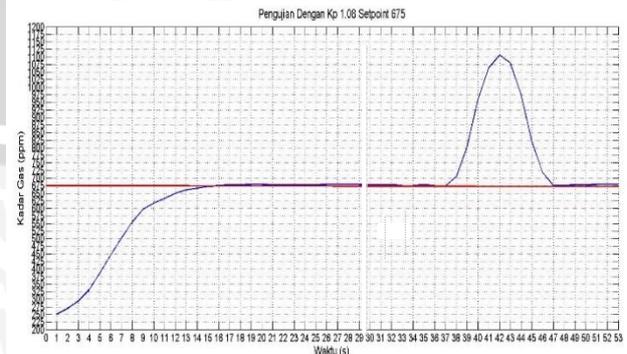
- **Pengujian Sistem Dengan Kp 1.06 Setpoint 660 Dengan Gangguan**



Gambar 21. Grafik Respon Sistem Setpoint 660 Dengan Kontroler Dengan Gangguan

Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 21. dengan Kp 1.06 dapat disimpulkan sistem dengan nilai Kp 1.06 mengalami perubahan kondisi setelah diberi gangguan dengan membocorkan gas. Sistem akan kembali ke keadaan mantap ketika gas dalam ruang sudah sesuai dengan *setpoint*. *Recovery time* pada sistem adalah 5 detik.

- **Pengujian Sistem Dengan Kp 1.08 Setpoint 675 Dengan Gangguan**



Gambar 22. Grafik Respon Sistem Setpoint 675 Dengan Kontroler Dengan Gangguan



Sesuai dengan hasil grafik dalam Gambar 22. dengan Kp 1.08 dapat disimpulkan sistem dengan nilai Kp 1.08 mengalami perubahan kondisi setelah diberi gangguan dengan membocorkan gas. Sistem akan kembali ke keadaan mantap ketika gas dalam ruang sudah sesuai dengan *setpoint*. *Recovery time* pada sistem adalah 5 detik.

Kesimpulan yang didapatkan dari 4 pengujian dengan kontroler dengan gangguan dan nilai Kp yang berbeda-beda akhirnya didapatkan bahwa respon sistem ketika diberi gangguan berupa kebocoran gas, sistem hanya membutuhkan *recovery time* selama 5 detik untuk mencapai keadaan *steady-nya*. Adanya persamaan waktu *recovery time* karena jumlah kadar gas gangguan yang terbaca sensor memiliki nilai saling mendekati sehingga jika masih dalam *range* yang kurang lebih sama maka kecepatan kipas dari ke 4 Kp sama sehingga waktu mencapai keadaan mantap sama.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem pengendalian kadar gas dengan menggunakan metode *hand tuning* untuk menentukan nilai parameter kontroler P, didapatkan parameter P terbaik yaitu Kp = 1.08 dengan nilai *setpoint-nya* 675 ppm.
2. Alat ini telah mencapai hasil sesuai dengan yang diharapkan, di mana kadar dapat dikendalikan sesuai dengan *setpoint*. Waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai keadaan mantap adalah 22 detik dengan *error steady state* 0.88 %.

B. Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini tentunya tidak terlepas dari kesalahan maupun kekurangan. Diharapkan untuk kedepannya diperbaiki kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut agar dapat mencapai sistem yang optimal. Contohnya seperti, dengan menambahkan jumlah sensor agar pembacaan sensor dapat dibandingkan dengan sensor lainnya sehingga dapat dibandingkan perbedaan pembacaan sensor berdasarkan penempatan sensor. Menambahkan perancangan motor servo pada proses membuka-menutup plant ketika mengalami kebocoran gas, karena pada penelitian sekarang ketika nilai mencapai pembacaan maksimal gas dalam plant proses membuka-menutup untuk mengeluarkan gas masih dilakukan secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Kholis, I. 2013. Ziegler Nichols Tuning Formula.
- [2]. Ogata, Katsuhiko. 1985. Teknik Kontrol Otomatis (Sistem Pengaturan) Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- [3]. Ogata, Katsuhiko. 1997. Modern Control Engineering. Prentice Hall. New Jersey.

- [4]. Philip, C. L. & Harbor, R. D. 1996. Feedback Control System. Diterjemahkan oleh Widodo.R.J. Prentice Hall. New Jersey.
- [5]. Resa, Wibowo (2011) ALAT PENDETEKSI DINI KEBOCORAN GAS ELPIJI MENGGUNAKAN SENSOR GAS MQ-6. Skripsi, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- [6]. Supriadi,S. 2010. brushshles motor DC <http://solihinsupriyadielectric.blogspot.sg/2010/02/brushshles-motor-dc.html> (diakses 28 April 2016).
- [7]. Akbar, T. H. 2010. Pendeteksi Kebocoran Tabung Gas Dengan Menggunakan Sensor Gas Figaro TGS 2610 Berbasis Mikrokontroler AT89S52. Jurnal Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Gunadarma, Depok.
- [8]. Erlansyah, D. & Widyanto. 2014. ALAT DETEKSI KEBOCORAN TABUNG GAS ELPIJI BERBASIS MIKROKONTROLER. Jurnal Dosen Universitas Bina Darma, Palembang.



