

# Sistem Pengukuran dan Pengontrolan Aliran Gas

1<sup>st</sup> Mochamad Reza AS

Fakultas Teknik Elektro

Telkom University

Bandung, Indonesia

mochamadreza@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Asep Suhendi

Fakultas Teknik Elektro

Telkom University

Bandung, Indonesia

suhendi@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Casmika Saputra

Fakultas Teknik Elektro

Telkom University

Bandung, Indonesia

casmika@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**—Pengukuran laju aliran fluida memiliki banyak jenis perangkat pengukuran aliran fluida bervariasi, tergantung pada prinsip pengukuran yang digunakan dan pengukuran aliran fluida juga penting dalam hal kontrol aliran. Dalam pelaksanaannya, ada beberapa pengukuran laju aliran yang belum dilengkapi dengan sistem kontrol valve. Sehingga pengguna tidak dapat mengontrol putaran valve yang dibutuhkan. Oleh karena itu dalam penelitian ini dikembangkan sebuah sistem pengukuran dan pengontrolan aliran gas. Proses yang dilakukan oleh sensor *flow* akan diterima dan diolah oleh mikrokontroler untuk kemudian ditampilkan melalui LCD 16x2. Pada penelitian ini sensor yang digunakan yaitu YF-S401 dan motor stepper 28BYJ-48. Nilai *error* rata-rata yang diperoleh sensor sebesar 5,92 % dan tingkat ke akurasiannya 95,08%. Perbandingan dari setiap grafik, kenaikan nilai *Kp* akan menyebabkan waktu respon yang lebih singkat. Sebaliknya, penurunan nilai *Kp* juga akan menyebabkan waktu respon yang lebih panjang. Maka dari itu hasil yang mendekati dengan setpoint adalah nilai *error* dikalikan dengan 3 dan dapat disimpulkan bahwa *overshoot* yang terjadi sebesar 4,28 liter/menit atau memiliki selisih sebesar 2,28 liter/menit dari setpoint, *rise time* sebesar 14 detik, *time peak* pada detik ke 16, *settling time* sebesar 68 detik, respon sistem selanjutnya menuju ke *steady state* dengan nilai *error steady state* sebesar 1,3%.

**Kata kunci**—laju aliran, mikrokontroler, motor stepper, valve

## I. PENDAHULUAN

Pada zaman ini kemajuan dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi semakin cepat berkembang. Dimana manusia membuat suatu peralatan yang moderen guna mempercepat dan mempermudah suatu pekerjaan khususnya dalam bidang industri [1]. Alat instrumentasi yang dulunya masih konvensional, sekarang sudah banyak menggunakan sistem digital.

Pengukuran laju aliran fluida merupakan pengukuran untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan. Ada banyak jenis perangkat pengukuran aliran fluida bervariasi tergantung pada prinsip pengukuran yang digunakan. Pengukuran aliran fluida itu penting dalam hal kontrol aliran. Pengukuran aliran berdasarkan besarnya kecepatan fluida yang melewati daerah penampang tertentu. Empat faktor penting dalam pengukuran aliran fluida dalam pipa adalah kecepatan fluida, gesekan atau gesekan antara fluida dan pipa, viskositas atau kekentalan fluida, dan Kepadatan cairan [1].

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengukur dan mengendalikan aliran fluida, diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Novia Nur Sa'adah, yaitu penelitian rancang bangun sistem pengukuran dan monitoring laju aliran pada *orifice plate* dengan menggunakan sensor MPX2010DP

berbasis Arduino [1]. *Orifice Plat* merupakan pelat tipis dengan lubang di tengah. Hal ini ditempatkan dalam pipa aliran fluida di mana ketika cairan mencapai pelat *orifice*, dengan lubang di tengah, cairan dipaksa untuk berkumpul untuk pergi melalui lubang kecil [1]. Sensor MPX2010DP merupakan sensor tekanan berbahan silikonpiezoresistive seri MPX2010 memberikan keluaran tegangan yang sangat akurat dan sebanding dengan tekanan yang berlaku [1]. Penelitian lain juga yang dilakukan oleh Fery Agos Kurniawan [2], yaitu penelitian rancang bangun sistem pengendalian *flow* dan data *reconciliation* pada *mixing piping*. Penelitian yang juga dilakukan oleh Arif Haidar [3], yaitu penelitian rancangan sistem pengukuran volume biogas dengan konsep IoT.

Pada penelitian ini, dikembangkan sebuah sistem pengukuran dan pengontrolan aliran gas menggunakan *valve* sebagai pengontrol aliran dan motor stepper sebagai penggerak *valve*. Sistem terdiri dari sensor, mikrokontroler, motor stepper, dan valve. Mikrokontroler akan membaca sensor aliran dan menampilkan hasil pembacaan pada LCD. Pada fungsi pengontrolan, mikrokontroler akan membaca aliran dan membandingkan dengan hasil pembacaan sensor kemudian menggerakkan *valve* sesuai dengan nilai keluaran kontrol hingga tercapai set poin yang diinginkan. Dari penelitian ini diharapkan mempermudah dalam pengontrolan dan pengukuran untuk mengetahui laju aliran gas yang keluar perdetik hingga permenitnya.

Tujuan Tugas Akhir ini membuat sistem pengukuran laju aliran, dan membuat sistem kontrol laju aliran

## II. DASAR TEORI

### A. Fluida

Fluida merupakan zat yang dapat bergerak ketika dikenai suatu gaya. Fluida dapat berubah bentuk dan bersifat tidak permanen. Fluida juga membentuk berbagai jenis benda padat sesuai dengan bentuk yang dilewatinya [4]. Karakteristik aliran fluida meliputi tekanan statis, tekanan dinamis, total tekanan, kecepatan fluida, dan tegangan geser [4].

### B. Debit Aliran Fluida

Debit aliran fluida merupakan besaran laju volume atau bias disebut jumlah volume fluida yang mengalir dalam persatuan waktu. Debit aliran digunakan untuk menghitung kecepatan aliran fluida pada pipa. Dapat dilihat pada persamaan di bawah ini [4].

$$Q = Av = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Dimana:

$$Q = \text{Debit Fluida ( m}^3 \text{/s)}$$

- A = Luas penampang ( m<sup>2</sup> )
- v = Kecepatan aliran fluida (m/s)
- V = Volume fluida (m<sup>3</sup>)
- t = Selang waktu (s)

C. Sistem Pengukuran

Sistem pengukuran adalah kegiatan yang dirancang untuk menentukan angka-angka tertentu untuk menggambarkan karakteristik objek pengukuran. Sistem pengukuran dibangun dari 3 elemen terintegrasi yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Tiga elemen tersebut adalah transduser, pengkondisian sinyal, dan tampilan [5].

1. Transduser

Transduser merupakan perangkat yang dapat mengubah satu bentuk energi menjadi bentuk energi lain. Bentuk-bentuk energi tersebut antara lain energi listrik, energi mekanik, energi elektromagnetik, energi cahaya, energi kimia, energi bunyi (bunyi), dan energi panas. Secara umum, semua perangkat yang dapat mengubah atau mengubah satu jenis energi menjadi jenis energi lain dapat disebut transduser [6].



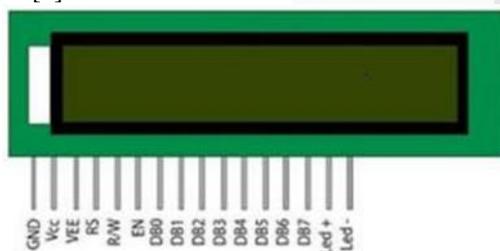
Gambar 2. 1  
Ilustrasi Transduser

2. Pengkondisian Sinyal

Pengkondisian sinyal merupakan alat untuk mengubah sinyal dari transduser agar dapat terbaca oleh *display*. Tugas pengkondisian sinyal yaitu sebagai penguat. Misalnya sinyal-sinyal lemah yang berasal dari sensor atau transduser sebaiknya di kuatkan untuk meningkatkan resolusi pengukuran [5].

3. Tampilan / Display

Tampilan atau sering disebut *display* merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menampilkan sinyal yang dihasilkan dari sensor yang dapat dipahami oleh pengguna alat ukur [5].



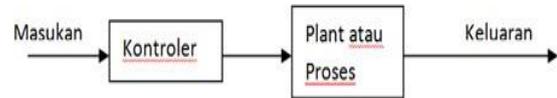
Gambar 2. 2  
LCD 16x2

D. Sistem Kontrol

De Sistem kontrol atau bisa disebut sistem kendali merupakan sistem untuk mengendalikan suatu kegiatan dari proses yang berlangsung serta suatu kumpulan dari beberapa komponen yang terhubung satu sama lainnya guna untuk membentuk suatu tujuan yang mengendalikan atau mengatur suatu sistem. Sistem kontrol atau kendali dibagi menjadi dua jenis yaitu sistem kontrol *loop* terbuka dan sistem kontrol *loop* tertutup [7].

1. Sistem Kontrol Loop Terbuka

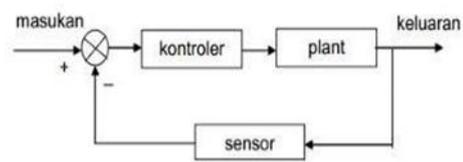
Sistem kontrol *loop* terbuka merupakan sistem yang sinyal keluaran nyatidak berpengaruh terhadap aksi kontrol. Pada sistem ini, keluaran sistem tidak digunakan sebagai perbandingan masukan [8]. Dapat dilihat pada gambar di bawah ini, pada sistem kontrol *loop* terbuka tidak terdapat sinyal umpan balik.



Gambar 2. 3  
Diagram Blok Sistem Kontrol Loop Terbuka

2. Sistem Kontrol Loop Tertutup

Sistem kontrol *loop* tertutup merupakan sistem kontrol yang cenderung mempekecil selisish antara keluaran sistem dan masukan dan menggunakan selisish ini sebagai alat pengatur [8]. Dapat dilihat pada gambar di bawah ini, pada sistem kontrol *loop* tertutup terdapat sinyal umpan balik. Sinyal umpanbalik bertujuan untuk memperkecil kesalahan dari sistem, sehingga keluaran sistem lebih sesuai yang diinginkan



Gambar 2. 4  
Diagram Blok Kontrol Loop Tertutup

E. Sistem Kontrol Proporsional

Kontrol proporsional (proportional control) adalah teknik pengendalian yang menghasilkan sinyal kontrol proporsional terhadap error (selisih antara set point dan nilai aktual) untuk menghasilkan respon kontrol. Prinsip dasar dari kontrol proporsional adalah semakin besar error, semakin besar sinyal kontrol yang dihasilkan, dan semakin besar pula respon sistem kontrol [9].

Dikenal sebagai *gain*/penguatan, dengan rumus matematis:

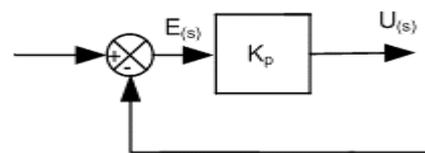
$$u(t) = K_p \cdot e(t) \tag{2}$$

Dimana:

u(t) = keluaran sistem kendali

e(t) = sinyal error

K<sub>p</sub> = konstanta penguat proporsional



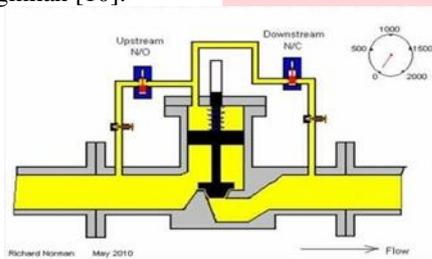
Gambar 2. 5  
Diagram Blok Kontrol Proporsional

Kelebihan dari kontroler proporsional ini pada sistem dimana memperbaiki respon transien khususnya *rise time* dan *settling time* dengan cara menaikkan nilai penguatan (*gain*) dari kontroler, tetatpi dengan menambahkan *gain* akan menyebabkan sistem berosilasi [9].

## F. Valve

*Valve* atau sering disebut dengan katup merupakan sebuah perangkat yang terpasang pada sebuah sistem perpipaan, yang berfungsi untuk mengatur, mengontrol, dan mengarahkan laju aliran fluida dengan cara membuka, menutup atau menutup sebagian aliran fluida. *Valve* atau sering disebut katup juga mempunyai peran penting dalam suatu industri, contohnya seperti penggunaan *valve* pada industri migas yang meliputi pengaliran kolom desilasi dan mengontrol pengapian pada *furnance* [10].

Menurut Fisher Control International dalam *handbook-nya* "The most common final control element in the process control industries is the control valve" [10]. Yang di mana artinya yaitu, elemen kontrol final di industri yang paling umum adalah kontrol *valve*. Kontrol *valve* memanipulasi cairan yang mengalir, seperti gas, uap, air, senyawa kimia lainnya, untuk menyeimbangi gangguan beban dan menjaga variabel proses yang diatur sedekat mungkin dengan set poin yang diinginkan [10].



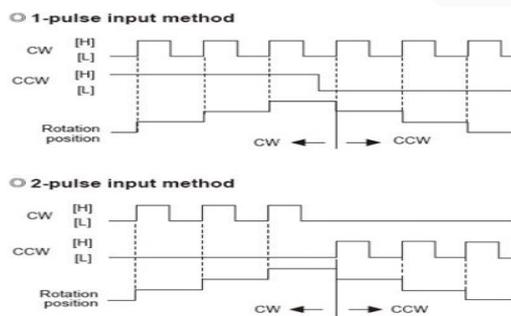
Gambar 2. 6

Ilustrasi Skema Kontrol Valve

## G. Motor Stepper

Motor stepper merupakan sebuah motor dengan sistem yang putarannya berdasarkan langkah (*step*) diskrit. Step yang mengendalikan motor berasal dari kumparan yang disusun menjadi beberapa kelompok yang disebut fase motor dapat berputar ketika diberikan masukan energi pada fase secara berurutan. Motor stepper ini mengubah sinyal-sinyal listrik menjadi suatu gerakan mekanis diskrit. Torsi yang berada pada motor stepper ini tidak sebesar motor DC. Namun, motor stepper ini memiliki tingkat presisi yang tinggi dalam putarannya. Kecepatan putaran pada motor stepper ini dinyatakan dalam step per second atau jumlah step per detik.

Motor stepper mempunyai konstruksi atau komponen yang sama dengan motor listrik pada umumnya, yang terdiri dari rotor dan stator. Perbedaan motor stepper dengan motor listrik ialah tidak memiliki sikat karena putaran dilakukan dengan pemberian pulsa diskrit terhadap kumparan motor [11].



Gambar 2. 7

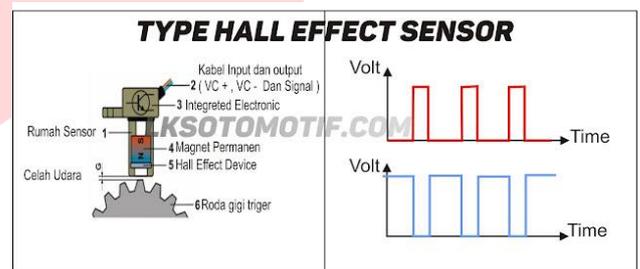
Prinsip Kerja Motor Stepper

## H. Sensor Flow

Sensor *flow* adalah jenis transduser yang berfungsi untuk merubah besaran fisis berupa laju aliran suatu fluida menjadi

besaran listrik. Secara sederhana, sensor *flow* menggunakan pendekatan energi ekstraktif. Energi ekstraktif adalah energi yang dimiliki oleh fluida, baik itu energi potensial maupun energi kinetik. Energi yang dimiliki oleh fluida akan ditangkap untuk kemudian diukur dan akan dihasilkan sinyal keluaran berupa besaran listrik yang dapat diproses untuk didapatkan hasil pengukuran. Dari pendekatan tersebut, didapatkan beberapa jenis dasar dari sensor *flow*. Beberapa jenis dasar tersebut adalah tipe positive displacement, tipe arus, dan fluida dinamik [12].

Sensor *flow* turbin bekerja dengan memanfaatkan energi kinetik yang dimiliki oleh fluida yang mengalir. Fluida yang mengalir tersebut akan menyebabkan roda turbin pada sensor *flow* berputar. Dalam roda turbin terdapat magnet yang akan ikut berputar ketika roda tersebut berputar. Perputaran magnet kemudian akan mengakibatkan perubahan fluks medan magnet yang melewati sensor efek hall yang akan mengeluarkan sinyal pulsa.



Gambar 2. 8

Cara Kerja Sensor [14]

Sensor efek hall ini tersusun atas logam semikonduktor tipe-p. Arus listrik yang dilewatkan ke semikonduktor akan mengalir secara terus menerus ketika tidak mendapatkan gangguan dalam bentuk medan magnet. Namun, ketika ada medan magnet yang berada di sekitar semikonduktor, garis fluks magnetik akan mengakibatkan aliran elektron dalam logam semikonduktor berbelok. Elektron dan hole akan bergerak berlawanan menuju masing masing sisi dari semikonduktor. Peristiwa perpisahan antara elektron dan *hole* ini akan menimbulkan beda potensial antara kedua sisi dari semikonduktor. Perbedaan potensial inilah yang dimanfaatkan sebagai sinyal elektrik yang dapat diartikan sebagai hasil dari perubahan medan magnet yang melewati semikonduktor [13].

Berikut adalah persamaan yang dapat menggambarkan peristiwa efek hall:

$$V = I \times B \quad (3)$$

Dimana:

V = Tegangan

I = Arus

B = Medan magnet

Dari persamaan (3) tersebut, didapat bahwa tegangan (V) merupakan perkalian *cross product* dari arus (I) dan medan magnet (B). Besar tegangan yang dikeluarkan tergantung pada besar dan arah arus serta medan magnet yang melewati logam semikonduktor.

Pada sensor *flow* jenis turbin, arus yang mengalir pada logam semikonduktor adalah sama. Hal ini dikarenakan sumber daya yang digunakan pada sensor *flow* adalah tetap. Sedangkan besar nilai dan arah medan magnet akan berubah mengikuti besar putaran magnet yang terdapat pada roda turbin. Putaran roda turbin yang terjadi ketika fluida mengalir

akan mengakibatkan perubahan fluks medan magnet yang melewati semikonduktor. Putaran roda turbin yang kontinu akan mengakibatkan tegangan keluaran akan terus berubah secara kontinu juga. Tegangan keluaran yang berubah secara kontinu tersebut memiliki frekuensi yang sesuai dengan besar aliran fluida. Hubungan antara besar aliran fluida dengan frekuensi dari tegangan keluaran semikonduktor dapat dituliskan dengan persamaan (4)

$$Q = \frac{f}{K} \tag{4}$$

Dimana:

Q = Besar aliran fluida

f = Frekuensi

K = Koefisien aliran

Dari persamaan (4), dapat dijelaskan bahwa besar aliran fluida (Q) akan sebanding dengan besar frekuensi perubahan tegangan keluaran pada logam semikonduktor (f) dan akan berbanding terbalik dengan (K) yang merupakan koefisien aliran yang bergantung dengan besar nilai viskositas kinematic dari fluida [12].

Kelebihan dari sensor efek hall adalah dapat beroperasi hingga frekuensi 100 kHz sehingga dapat mengukur perubahan medan magnet yang begitu cepat serta tidak terpengaruh oleh kondisi lingkungan dikarenakan posisi sensor diletakkan pada daerah yang tertutup sehingga tidak banyak gangguan yang dapat mempengaruhi pengukuran [13].

### III. PERANCANGAN SISTEM

#### A. Metode Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3. 1

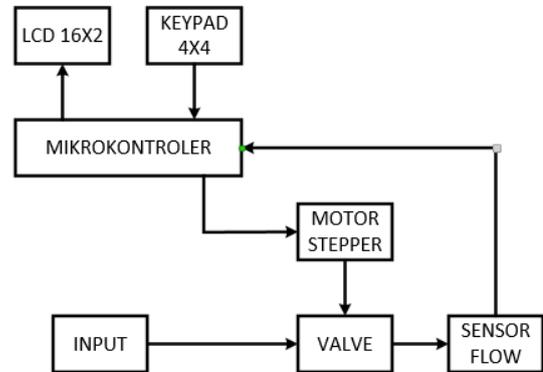


Gambar 3. 1  
Skema Diagram Alir Penelitian

#### B. Desain Sistem

Pada penelitian ini, dibuat sebuah sistem pengukuran dan pengontrolan aliran gas. Dalam sistem ini, memiliki beberapa komponen utama yaitu: mikrokontroler sebagai pengontrol dan pengukuran data, valve sebagai buka tutup aliran gas, motor stepper sebagai penggerak valve, sensor flow sebagai sensor yang akan membaca debit aliran gas dalam bentuk pulsa. LCD 16x2 yang berguna sebagai melihat hasil yang diperoleh.

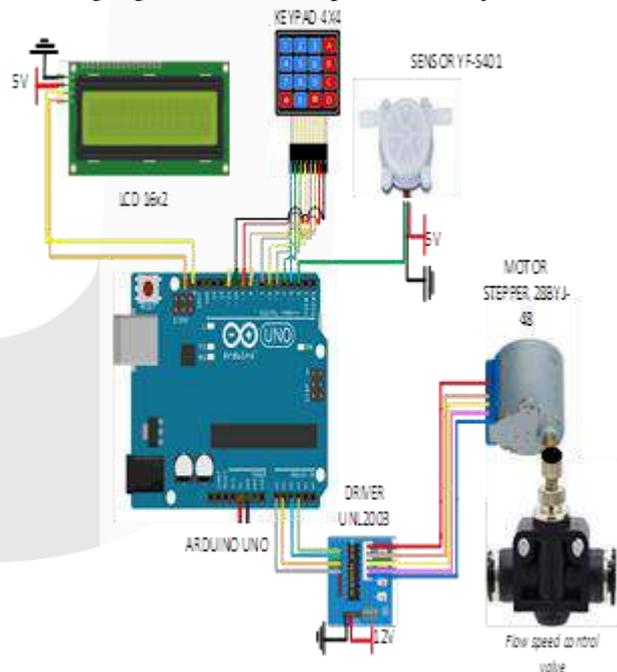
Gas yang dikeluarkan melewati selang akan ditutup menggunakan valve yang akan dibuka menggunakan motor stepper untuk di alirkan menuju sensor flow untuk diukur laju aliran gasnya. Nilai laju aliran gas tersebut akan diproses oleh mikrokontroler dan LCD akan menampilkan nilai laju aliran gas tersebut. Diagram blok sistem secara umum dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1  
Diagram blok sistem

#### C. Desain Perangkat keras

Dalam sistem yang dirancang, untuk mendeteksi laju aliran sebuah gas, menggunakan sensor flow. Sensor flow ditempatkan pada pipa setelah valve yang dihubungkan ke sumber gas guna untuk mendapatkan nilai laju aliran.



Gambar 3.2  
Desain perangkat keras

#### 1. Mikrokontroler



Gambar 3. 3  
Arduino UNO

Mikrokontroler merupakan bagian pemroses data dari hasil pengukuran. Diperlukan mikrokontroler yang memiliki kemampuan yang baik namun tidak memiliki dimensi yang besar. Modul mikrokontroler yang digunakan pada sistem ini yaitu Arduino Uno . Arduino Uno sendiri memiliki 5 pin analog, 5 pin PWM, dan 14 pin digital. Dengan spesifikasi tersebut, Arduino Uno sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan yang diperlukan oleh sistem ini dan dapat berfungsi sebagai penerimaan, pengolahan dan pengeirim data hasil bacaan sensor. Pada pin digital 2 digunakan untuk menginstal sensor yf-s401 dimana memiliki perintah interrupt. Perintah interrupt memiliki beberapa sifat diantaranya:

- Asynchronous: Interrupt pada Arduino Uno terjadi secara asinkron, artinya interrupt dapat terjadi sewaktu-waktu tanpa mempengaruhi program utama.
- Non-blocking: Interrupt pada Arduino Uno bersifat non-blocking, artinya program utama tetap dapat berjalan dan mengeksekusi instruksi selama interrupt belum dipicu.
- Prioritas: Arduino Uno memiliki dua level prioritas interrupt, yaitu high dan low. Interrupt dengan prioritas high akan selalu di-handle terlebih dahulu sebelum interrupt dengan prioritas low, meskipun interrupt low sedang berlangsung.
- Maskable: Interrupt pada Arduino Uno dapat di-mask atau di-disable untuk sementara waktu jika dibutuhkan.
- Response time: Waktu respons interrupt dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor tertentu, seperti kecepatan prosesor, prioritas interrupt, dan kompleksitas kode yang dijalankan oleh interrupt.

## 2. Flow Sensor YF-S401



Gambar 3. 4  
Sensor flow YF-S401

Sensor flow YF-S401 merupakan salah satu sensor dengan terbuat dari bahan plastik dimana di dalamnya terdapat rotor dan sensor efek hall. Saat aliran mengalir melewati rotor, rotor

akan berputar. Kecepatan putaran rotor tersebut akan sesuai dengan besarnya aliran yang masuk. Prinsip kerja sensor ini yaitu ketika ada arus listrik yang mengalir pada divais efek hall yang di tempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus. Sensor ini juga memerlukan perintah interrupt untuk memastikan bahwa informasi debit aliran yang diterima dapat diproses oleh mikrokontroler dengan cepat dan tepat waktu. Perintah interrupt yang digunakan pada sensor ini yaitu interrupt prioritas dimana digunakan untuk menghitung jumlah pulsa yang diterima dari sensor dalam interval waktu tertentu

## 3. Flow Speed Control Valve



Gambar 3. 5  
Flow Speed Control Valve

Flow speed control valve merupakan sebuah perangkat yang terpasang pada sebuah sistem perpipaan, yang berfungsi untuk mengatur, mengontrol, dan mengarahkan laju aliran fluida. Penggunaan ball valve pada sistem ini guna untuk membuka tutup aliran fluida yang mengalir ke sensor flow.

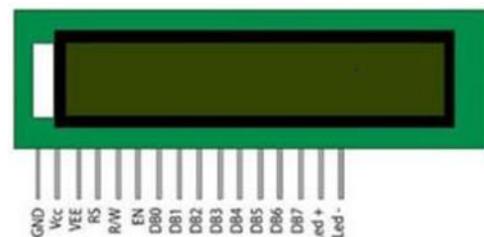
## 4. Motor Stepper



Gambar 3.6  
Motor Stepper 28BYJ-48

Motor stepper merupakan sebuah motor yang berfungsi untuk menggerakkan suatu perangkat. Penggunaan motor stepper pada sistem ini guna untuk menggerakkan valve dengan putaran yang diinginkan. Motor stepper yang digunakan untuk memutar valve yaitu jenis motor stepper 28BYJ-48 5V DC karena memiliki putaran yang akurat.

## 5. LCD 16x2

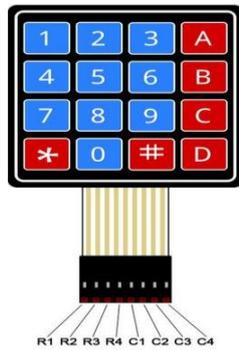


Gambar 3.7  
LCD 16x2

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan suatu jenis media atau alat tampil yang menggunakan kristal cair sebagai

penampilan urama. LCD digunakan diberbagai bidang alat. Pada penelitian ini LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 16x2. Penggunaan LCD pada sistem ini berfungsi sebagai penampilan nilai laju aliran.

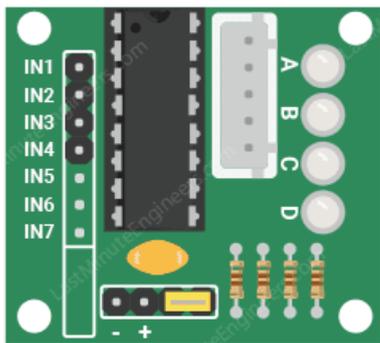
6. Keypad 4x4



Gambar 3.8 Keypad 4X4

Keypad merupakan suatu jenis komponen atau saklar *push button* yang disusun secara matriks yang berfungsi guna untuk menginputkan data. Pada penelitian ini keypad yang digunakan ialah keypad matriks 4x4 yang berfungsi untuk menentukan setpoint yang diinginkan dari motor stepper.

7. Driver uln2003

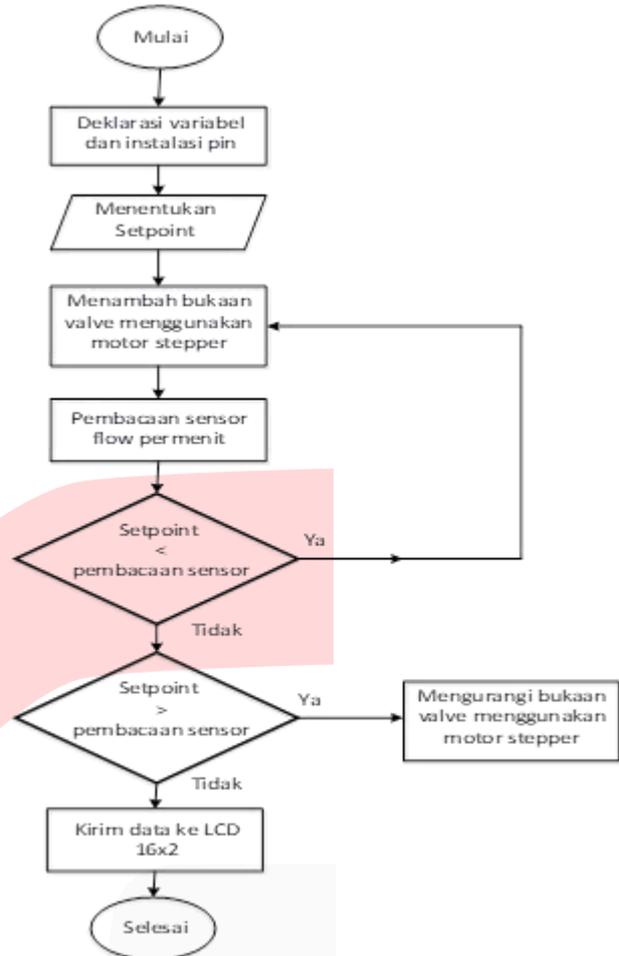


Gambar 3.9 Driver uln2003

Uln2003 adalah sebuah module driver motor stepprt. Pada penelitian ini driver yang di gunakan adalah uln2003 guna mempermudah pengontrolan motor stepper 28BYJ-48 dari mikrokontroler.

D. Desain Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak dari system yang penulis buat digambarkan dalam bentuk *flowchart* pada Gambar 3.11



Gambar 3.10 Flowchart perangkat lunak

Berdasarkan *flowchart* pada Gambar 3.11 di atas, program akan dimulai ditandai dengan mikrokontroler mendeklarasikan variabel-variabel yang diperlukan seperti variabel motor stepper, variabel *valve*, variabel sensor, variabel laju aliran dan lain lain serta menginisialisai pin dari mikrokontroler yang digunakan. Setelah deklarasi variabel dan inisialisasi pin selesai, makan akan dilanjutkan dengan pembukaan *valve* dengan motor stepper dan pembacaan nilai sensor *flow* untuk mengetahui nilai laju aliran aktual. Nilai pembacaan sensor tersebut kemudian diperiksa kembali apakah data pembacaan tersebut sesuai dengan jenis data yang diperlukan dalam proses pengolahan data pada mikrokontroler untuk kemudian didapat laju aliran gas per buka *valve*. Setelah itu data dari pengukuran akan ditampilkan melalui LCD 16x2 untuk mengetahui laju aliran permenitnya

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Realisasi Sistem Pengukuran dan Pengontrolan Aliran Gas

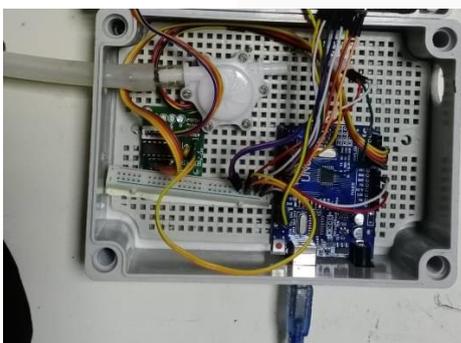
Realisasi sistem ini diletakkannya sensor, actuator, dan komponen lain yang bertujuan untuk mengontrol serta mengukur laju aliran yang terjadi pada penelitian ini.



Gambar 4.1  
Realisasi Motor Stepper dan Valve



Gambar 4.2  
Box Bagian Depan Luar



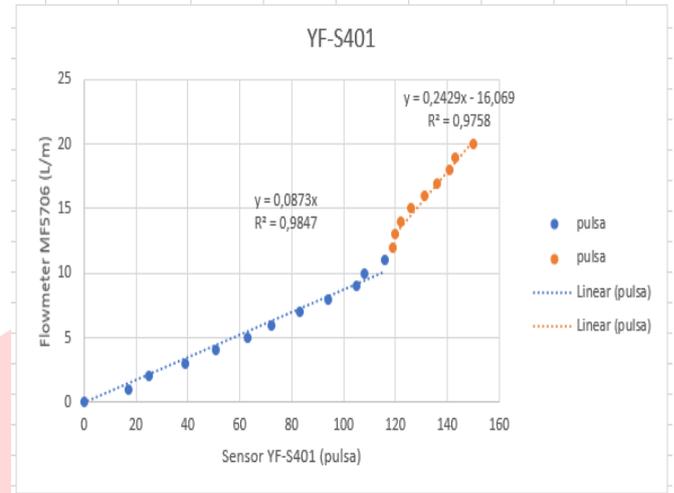
Gambar 4.3  
Box Bagian Dalam

**B. Kalibrasi Sensor**

Kalibrasi sensor merupakan proses untuk menstandarisasi pengukuran sensor sistem dengan sensor alat ukur komersial yang sudah terkalibrasi sebagai acuannya. Tujuan dilakukannya kalibrasi sensor dimana untuk memperoleh karakteristik sensor dalam menentukan persamaan melalui regresi (y) dan nilai korelasi (R<sup>2</sup>). Kalibrasi dilakukan terhadap sensor *flow* YF-S401.

Dalam melakukan kalibrasi sensor *flow* ini, menggunakan kompresor sebagai sumber laju aliran. Sebagai acuan adalah flowmeter MF5706 yang sudah terkalibrasi oleh

manufakturnya. Kalibrasi dilakukan pada rentang 0-20 Liter/menit. Pengambilan data dari sensor dalam bentuk pulsa menggunakan serial monitor dan data dari flowmeter MF5706 dilihat secara manual. Berikut adalah korelasi antara pulsa dari sensor dan nilai laju aliran yang dibaca oleh flowmeter MF5706:



Gambar4.4  
Grafik Karakteristik Sensor YF-S401

Pada Gambar 4.4, sumbu x adalah hasil dari bacaan sensor dan sumbu y merupakan hasil bacaan dari flowmeter MF5706 dan terdapat 2 regresi linier. Berikut adalah hasil dari regresi linier yang di dapat:

$$Y1=0,0873x \tag{5}$$

$$Y2=0,2429x-16,069 \tag{6}$$

Persamaan Y1 didapat dari 0-11 Liter/menit dengan R<sup>2</sup> = 0,9847 dan persamaan Y2 didapat dari 12-20 Liter/menit dengan R<sup>2</sup> = 0,9758.

**C. Pengujian Sensor**

Pada sub bab ini menjelaskan tentang pengujian sensor *flow* yang telah dikalibrasi. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai hasil keluaran dari sensor dengan nilai keluaran dari flowmeter MF5706.

Tabel 4. 1  
Pengujian Sensor YF-S401

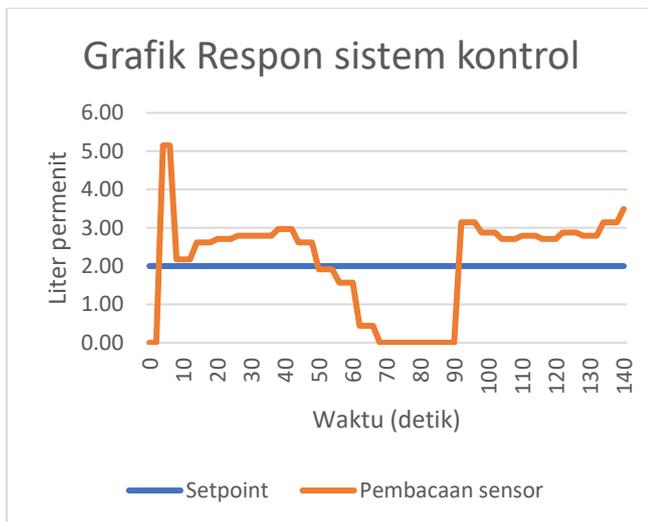
MF5706 (L/m)	sensor (L/m)	error %
1,57	1,31	16,5605096
2,08	2,18	4,80769231
3,16	3,49	10,443038
4,23	4,37	3,30969267
5,18	5,24	1,15830116
6,15	6,11	0,6504065
7,42	7,42	0
8,16	8,29	1,59313725
9,54	9,17	3,87840671
10,47	9,17	12,4164279
11,12	9,6	13,6690647
12,22	9,78	19,9672668
13,1	10,3	21,3740458
14	14,5	3,57142857

15,43	15,51	0,51847051
16,66	16,72	0,36014406
17,56	17,94	2,16400911
18,46	18,42	0,21668472
19,12	19,15	0,15690377
20,73	20,37	1,7366136
rata rata error		5,92%

Pada table diatas merupakan hasil uji perbandingan nilai pembacaan sensor *flow* dengan flowmeter MF5706, dari hasil pengujian tersebut diperoleh nilai rata-rata *error* sensor sebesar 5,92 % serta nilai akurasi sebesar 94,08 %.

#### D. Hasil Pengontrolan

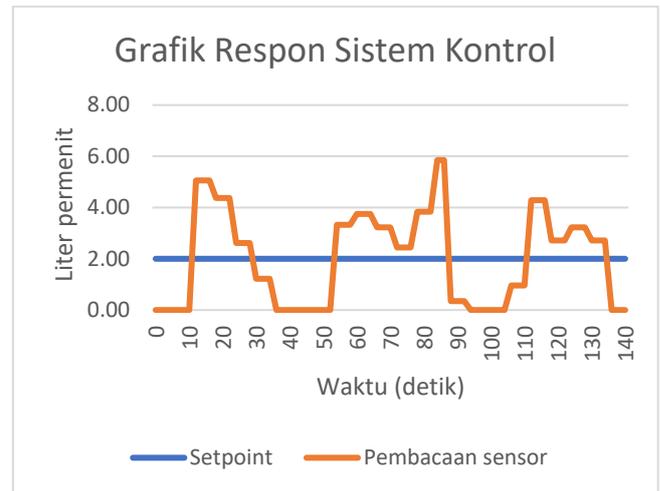
Pada penelitian ini menggunakan sistem kontrol proporsional dikarenakan kecepatan respon kontrol proporsional dapat memberikan respon yang cepat terhadap perubahan dalam sistem karena output kontrolnya proporsional dengan perbedaan antara nilai referensi dan aktual.



Gambar 4.5

Hasil respon pengukuran dari pengontrolan pada  $K_p = 10$

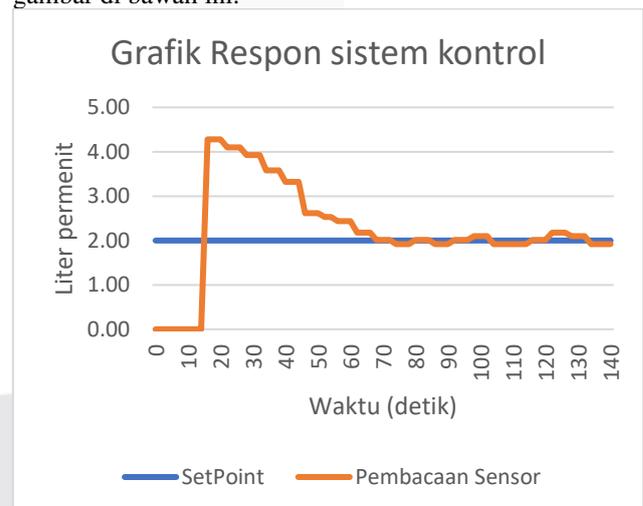
Pada gambar 4.5 merupakan hasil respon dari pengontrolan yang dilakukan. Setpoint yang digunakan sebesar 2 dengan nilai error dikalikan 10 dan dapat disimpulkan bahwa *overshoot* yang terjadi sebesar 3,15 liter/menit dari setpoint, *rise time* sebesar 4 detik, *time peak* pada detik ke 6, *settling time* sebesar 8 detik, dan untuk respon sistem selanjutnya menuju ke *steady state* dengan nilai error *steady state* sebesar 9,6%. Percobaan selanjutnya adalah membuat nilai error dikali 6 dan diperoleh hasil seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.6

Hasil respon pengukuran dari pengontrolan pada  $K_p = 6$

Pada gambar 4.6 merupakan hasil respon dari pengontrolan yang dilakukan. Setpoint yang digunakan sebesar 2 dengan nilai error dikalikan 6 dan dapat disimpulkan bahwa *overshoot* yang terjadi sebesar 3,06 liter/menit dari setpoint, *rise time* sebesar 10 detik, *time peak* pada detik ke 12, *settling time* sebesar 28 detik, dan untuk respon sistem selanjutnya menuju ke *steady state* dengan nilai error *steady state* sebesar 5,06%. Percobaan selanjutnya adalah membuat nilai error dikali 3 dan diperoleh hasil seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.7

Hasil respon pengukuran dari pengontrolan pada  $K_p = 3$

Pada gambar 4.7 merupakan hasil respon dari pengontrolan yang dilakukan. Setpoint yang digunakan sebesar 2 dengan nilai error dikalikan 3 dan dapat disimpulkan bahwa *overshoot* yang terjadi sebesar 2,28 liter/menit dari setpoint, *rise time* sebesar 14 detik, *time peak* pada detik ke 16, *settling time* sebesar 68 detik, dan untuk respon sistem selanjutnya menuju ke *steady state* dengan nilai error *steady state* sebesar 1,3%.

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan untuk membuat sistem laju aliran yaitu melakukan uji respon sistem untuk mengetahui grafik dari respon sistem. Dengan demikian, kenaikan nilai  $K_p$  akan menyebabkan waktu respon yang lebih singkat. Sebaliknya, penurunan nilai  $K_p$  juga akan menyebabkan waktu respon yang lebih panjang. Maka dari itu hasil yang mendekati dengan setpoint adalah

dengan menggunakan nilai error dikalikan dengan 3 dan dapat disimpulkan bahwa *overshoot* yang terjadi sebesar 2,28 liter/menit dari setpoint, *rise time* sebesar 14 detik, *time peak* pada detik ke 16, *settling time* sebesar 68 detik, dan untuk respon sistem selanjutnya menuju ke *steady state* dengan nilai error *steady state* sebesar 1,3%.

## V. KESIMPULAN

### A. Kesimpulan

Pada penelitian ini berhasil merancang sistem pengukuran dan pengontrolan pada aliran gas dengan menggunakan mikrokontroler sebagai pusat kendali operasi sistem. Sensor dan aktuator yang digunakan dalam penelitian ini adalah YF-S401 dan Motor Stepper 28BYJ-48 12 volt.

Data yang terbaca oleh sensor diolah pada mikrokontroler dan ditampilkan secara *real time* pada LCD 16x2. Untuk mengontrol laju aliran yang diinginkan diperlukan setpoint yang menentukan laju aliran yang diinginkan.

Penelitian ini telah berhasil dilakukan dan dapat mengukur serta mengontrol laju aliran. Sensor flow yang digunakan pada penelitian ini memiliki nilai *error* rata-rata sebesar 5,92 % dan tingkat keakurasiannya 94,08%. Hasil pengukuran dari kontrol yang mendekati dengan setpoint adalah dengan menggunakan nilai error dikalikan dengan 3 dan dapat disimpulkan bahwa *overshoot* yang terjadi sebesar 2,28 liter/menit dari setpoint, *rise time* sebesar 14 detik, *time peak* pada detik ke 16, *settling time* sebesar 68 detik, dan untuk respon sistem selanjutnya menuju ke *steady state* dengan nilai error *steady state* sebesar 1,3%. Hal yang mungkin dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya bisa dicoba untuk menggunakan sensor gas agar laju aliran dapat terbaca lebih akurat.
2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan kontrol berbasis IoT agar pengontrolan lebih praktis.

## REFERENSI

- [1] N. N. Sa'adah, "RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN DAN MONITORING LAJU ALIRAN PADA ORIFICE PLATE DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR MPX2010DP BERBASIS ARDUINO," 2016.
- [2] F. A. Kurniawan, "RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN FLOW DAN DATA RECONCILIATION PADA MIXING PIPING," 2017.
- [3] A. H. Aburrahman, "Rancang Bangun Sistem pengukuran Volume Produksi Biogas dan Pemantauan Berbasis Internet Of Things," 2020.
- [4] S. A. N. Z. I. Jalaluddin, "Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop pada Pipa L menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD)," *Teknologi Kimia*, 2019.
- [5] R. Gunawan, "Pengertian Sistem Pengukuran dan Kontrol," p. 14.
- [6] T. Elektronika, "Pengertian Transducer dan Jenis-jenisnya," [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-transducer-jenis-jenis-transduser/>. [Accessed 3 desember 2021].
- [7] O. Katsuhiko, *Teknik Kontrol Otomatik*, Jakarta: Erlangga, 1997.
- [8] H. E. Azizul, *Sistem Kontrol*, Malang: Universitas Muhammadiyah Malang, 2012.
- [9] O. Katsuhiko, *Teknik Kontrol Otomatik*, Jakarta: Erlangga, 1997.
- [10] Z. Zami, "ANALISA VALVE DAN KERUSAKANNYA".
- [11] [1] [andalanelektro.id](http://andalanelektro.id), "mengenal motor stepper," [Andalanelektro.id](https://www.andalanelektro.id/2021/01/mengenal-motor-stepper.html), 2021.[Online].Available:<https://www.andalanelektro.id/2021/01/mengenal-motor-stepper.html>.
- [12] R. A. Koestar, "PENGUKURAN TEKNIK," 2004.

[13] H. Well, "Hall Effect Sensing and Application".

[14] [lksotomotif.com](http://lksotomotif.com), "mengenal fungsi cmps," [lksotomotif.com](http://lksotomotif.com),:2020.[Online].Available://<https://www.lksotomotif.com/2020/06/mengenal-fungsi-cmps-chamshaft.html>.