

PENGEMBANGAN DESAIN KONTROL PNEUMATIK SISTEM MODULAR UNTUK MENGATASI SINYAL KONFLIK

Simon Ka'ka¹⁾

Abstract: This research design is aimed to: 1. Overcome the conflict signals on memory valve 5/2-way that may affect the piston motion. 2. Create motion of piston cylinder according to motion notation: A+ A- B+ B- . The method that used to solve problem is known "Modular System" module. The work principle of this Modular system is adjusting input signals from sensors S1, S2, S3 and S4 and then to output solenoid actuator Y1 and Y2 with referred to preparing and eliminating signals. Adjusting of signals send be done by relays with it each contactors such as normally open (NO) or Normally Close (NC). To result of piston cylinders motion above, are needed eleven relays which change signal processing from sensors to solenoid actuator. The signals from modular system will be sent to SET position Y and return spring as RESET position of the valve 5/2-way with signal conditioning that non-conflict more. Research revealed that conflict signals did not occur more in the last valve control, This was proven by: *a.* There were not any signals at the valve 5/2 in position SET (Y = 1) and in position RESET (return Spring = not active). *b.* There was an action of actuator in the work cylinder with an out-in movement without obstacle more. It was then concluded that conflict signal on memory valve 5/2-way can be coped with by a modular system process so that piston cylinder motion with notation: A+ A- B+ B- can be reached.

Keywords: Overcome, conflict signal, modular system.

I. LATAR BELAKANG

Pengetahuan tentang teknik sistem kontrol seperti halnya kontrol Elektropneumatik, dalam aplikasinya di lapangan kerja industri sangat banyak memunculkan permasalahan mulai dari yang sederhana sampai yang paling rumit. Permasalahan sederhana seperti bagaimana mengontrol suatu gerakan torak silinder dengan biaya yang cukup murah. Umumnya permasalahan kontrol mulai rumit pada saat pengguna menginginkan gerakan silinder yang sangat bervariasi dengan jumlah aktuator yang banyak. Dengan bervariasinya gerakan tersebut secara langsung akan berpengaruh pada banyaknya komponen yang harus disiapkan.

Bagi sebuah industri pengolahan bahan pangan dan obat-obatan harus selektif dalam memilih dan merancang suatu sistem kontrol yang tepat, misalnya pengalengan minuman susu dengan sistem elektropneumatik karena dalam prosesnya menggunakan udara bertekanan yang bersih. Bentuk permasalahan yang sering dihadapi adalah bagaimana mendesain sebuah sistem agar mudah dalam penanganan atau

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

mengendalikannya. Permasalahan lainnya seperti bagaimana menemukan penyebab kemacetan dalam sistem serta bagaimana cara dalam memberikan solusinya.

Dalam bidang pendidikan pemahaman tentang cara pengendalian, pencegahan dan menemukan solusi terhadap masalah-masalah kontrol masih sangat kurang. Bentuk permasalahan yang umum terjadi dalam suatu rangkaian adalah timbulnya sinyal-sinyal yang muncul secara bersamaan pada arah kerja yang berlawanan dalam satu katup memori. Sinyal-sinyal yang arah kerjanya berlawanan ini dikenal dengan "*Sinyal Konflik*" dan mengakibatkan torak dan batang torak silinder tidak dapat bergerak. Keadaan seperti ini belum mampu dijelaskan secara teoritis kepada mahasiswa saat ini di depan kelas tanpa didukung oleh suatu alat atau sarana yang dapat diperagakan langsung sebelum mahasiswa melakukan praktek di Laboratorium.

Sehubungan dengan teknik pembelajaran pneumatik dan hidrolik yang disajikan secara paket dalam bentuk teori dan praktek, maka sangat diperlukan sebuah alat uji simulasi sebagai sarana pendukung dalam membantu mempercepat pemahaman mahasiswa.

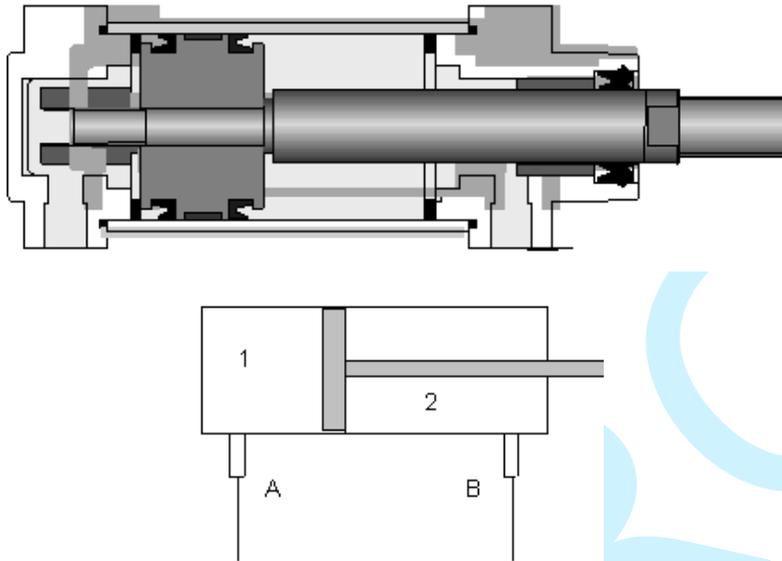
Dari berbagai jenis permasalahan tersebut di atas sangat penting untuk diangkat dan dikaji secara logika dalam bentuk rangkaian beberapa elemen kontrol untuk selanjutnya dirakit menjadi suatu sistem atau alat uji (kontroler).

Sebagaimana yang telah diuraikan sebelumnya maka beberapa permasalahan yang cukup mendasar untuk dirumuskan adalah:

1. Bagaimana menemukan suatu metode yang tepat untuk mengatasi kemacetan gerak torak silinder pneumatik.
2. Bagaimana mengatasi terjadinya sinyal-sinyal konflik pada katup memori 5/2 dengan mengoptimalkan gerakan torak silinder mengikuti notasi: A+ A- B+ B- tanpa mengalami hambatan.

Beberapa kelemahan atau kekurangan terhadap metode yang telah dilakukan sebelumnya adalah sering terjadi kemacetan fungsi dari unit pengolah Shift register sehingga berpengaruh pada katup memori sebagai pengontrol akhir gerakan torak silinder pneumatik. Prinsip menyiapkan dan meniadakan sinyal pada setiap unit pengolah sinyal belum berfungsi dengan baik. Belum dilakukan perbandingan terhadap metode lain seperti sistem Modular yang menggunakan relay, kontaktor serta sensor proximity sebagai limit switch yang mendeteksi langsung gerakan torak dalam silinder.

Kajian pustaka yang sudah dilaksanakan sebelumnya adalah menampilkan beberapa elemen pneumatik yang akan dipadukan atau dirangkai untuk membangun sebuah prototipe alat bantu kontrol mengatasi sinyal konflik antara lain: Aktuator, Katup memori dan pengatur aliran, Prosesor, Unit pengolah modular dan Unit pelayan udara (Air Service Unit). Bagian penggerak (aktuator) yang akan didesain/dirangkaikan gerakannya adalah berupa silinder pneumatik dengan prinsip kerja ganda/Double Act Cylindric (DAC). Silinder ini mempunyai dua ruang kerja bertekanan dan dua buah saluran kerja.

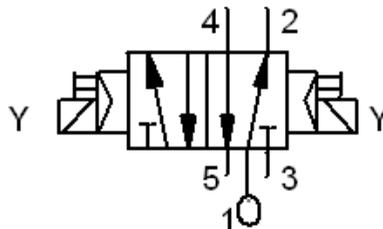


Gambar 1. Torak silinder kerja ganda

Croser P. (1994) menjelaskan prinsip kerja udara dalam silinder sebagai berikut:

“Jika udara bertekanan masuk ruang 1 akan mendorong torak dan batang torak keluar, sementara tekanan dalam ruang 2 rendah sekaligus melakukan pembuangan. Apabila udara bertekanan dialirkan ke ruang 2 tekanan udara di ruang 1 rendah maka torak silinder bergerak masuk sambil membuang udara melalui saluran buang pada katup”. Dalam kaitannya dengan kontrol sequensial, maka pada ujung dalam ditempatkan katup limit batas Z_0 dan pada ujung luar ditempatkan katup limit batas Z_1 .

Bagian terpenting dalam suatu rangkaian adalah katup memori 5/2, karena bagian ini mengontrol aliran udara bertekanan ke dalam ruang silinder kerja setelah mendapat sinyal dari elemen masukan (input element) melalui prosesor. Udara bertekanan yang dialirkan dari katup memori sebelum masuk silinder terlebih dahulu diatur (diperbesar atau diperkecil) melalui katup pengatur aliran sehingga berpengaruh pada kecepatan gerak torak dan batang penghubung.

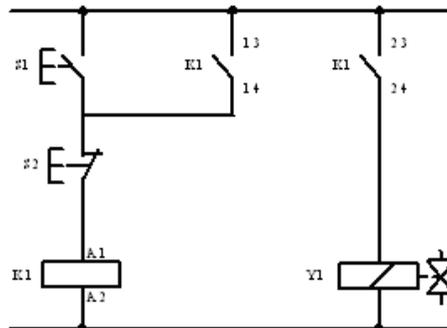


Gambar 2. Katup 5/2 solenoid ganda

Pada katup memori ini sering dikenal pula sebagai elemen kontrol akhir, dan baik pada katup memori 4/2 maupun katup 5/2 terdapat saluran kerja A dan B yang dihubungkan ke saluran A dan B pada silinder kerja. Pada bagian sisi lain terdapat sinyal masukan/input Z sebagai SET dan Y sebagai RESET. Menurut *H. Werner (1999)* menyatakan bahwa pada kondisi normalnya Z dan Y harus secara bergantian mendapat sinyal dari input element dalam bentuk 1 (ada sinyal) dan 0 (tidak ada sinyal). Jika $Z = 1$ maka $Y = 0$ dan sebaliknya jika $Y = 1$ maka $Z = 0$. Dan jika dalam hal khusus, katup memori menerimasinyal dalam bentuk: $Z = 1$ dan $Y = 1$, maka keadaan yang demikian disebut dengan istilah “Sinyal Konflik” dan katup memori tidak dapat melakukan pengontrolan terhadap gerakan torak silinder. Keadaan ini tidak dapat dibiarkan terjadi dan harus ada yang dominan. Kalau Z dominan terhadap Y maka kondisi sinyal menjadi $Z = 1$ dan $Y = 0$ demikian pula sebaliknya. Untuk mengatasi terjadinya sinyal konflik tersebut maka metode-metode yang sering digunakan antara lain: Metode rol aktif satu arah, Metode Cascade, Metode Shift Register. Diantara ketiga metode tersebut, Shift Register merupakan metode terbaru untuk dikembangkan dalam sistem industrialisasi.

Menurut *R. Mayer (1990)* bahwa untuk melengkapi katup kontrol arah pada elemen pengolah, ada beberapa elemen tambahan yang akan mengkondisikan sinyal kontrol untuk tugas tertentu dan elemen tersebut yaitu katup fungsi DAN (AND - function) dan katup fungsi ATAU (OR - function).

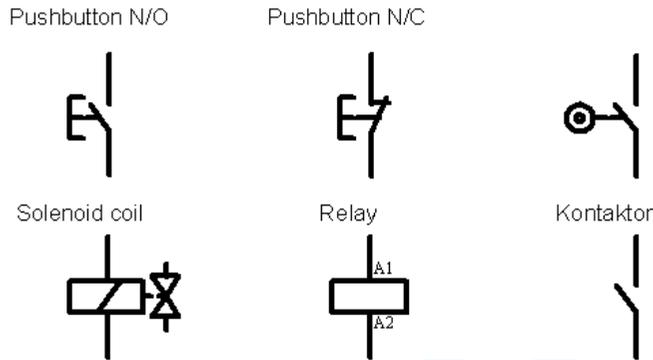
Sinyal pneumatik yang dihasilkan melalui elemen masukan katup 3/2 setelah aktuator rolnya mendapat sentuhan gerakan dari ujung torak silinder, langsung dikirim ke bagian input dari Unit Modular setelah melalui katup prosesor AND dan OR. Penempatan katup 3/2 sebagai katup limit batas gerakan torak silinder sangat penting diperhatikan. Karena jika peletakannya kurang tepat maka katup tersebut tidak dapat menghasilkan atau mengirim sinyal ke elemen kontrol lainnya secara sequensial.



Gambar 3. Rangkaian Listrik Seri-Paralel

Pada sistem pengontrolan dengan elektro pneumatik, elemen kontrol akhir katup 5/2 dan elemen masukan 3/2 umumnya dapat diaktifkan melalui beberapa aktuator

yang menggunakan tenaga listrik seperti: Pushbutton N/O dan N/C, Roller, Solenoid coil, Relay dan kontaktor seperti nampak pada gambar berikut:



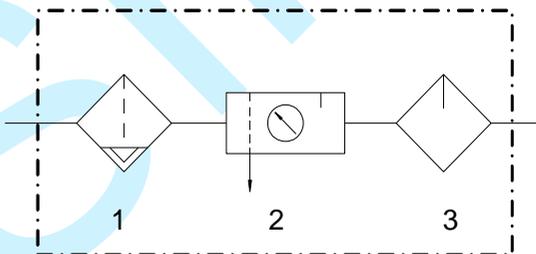
Gambar 4., Aktuator Tenaga Listrik

Udara bertekanan yang diproduksi oleh unit kompresor harus dapat memadai dan memiliki kualitas yang baik (R.Kobler, 1985). Untuk menjaga kualitas udara yang diterima, peralatan unit pelayan udara (Air Service Unit, ASU) harus digunakan untuk mempersiapkan udara sebelum disalurkan kedalam sistem kontrol pneumatik.

Tipe dari ASU ada dua yaitu; ASU yang dilengkapi dengan media pelumas udara bertekanan dan tanpa media pelumas udara. Kegunaan ASU dengan media pelumas udara yaitu untuk melumasi komponen-komponen unit pneumatik yang membutuhkannya. Oleh karena sebahagian besar komponen pneumatik diproduksi atau dirancang tanpa memerlukan pelumas, maka ASU yang digunakan adalah cukup dengan ASU tanpa pelumas.

Umumnya ASU terdiri dari: (seperti pada gambar 10)

1. Filter, untuk filtrasi partikel
2. Manometer, pengatur tekanan
3. Pelumas, dapat diadakan atau ditiadakan, tergantung kebutuhan.



Gambar 5. Unit Pelayan Udara (ASU)

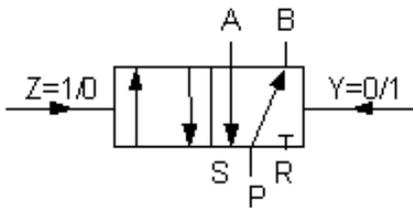
Peralatan uji simulasi yang didesain ini dapat dinyatakan berfungsi apabila telah menghasilkan hal-hal sebagai berikut:

- Sinyal input/ output (I/O) pada unit shift register telah dihasilkan dengan baik
 - Tidak terjadinya sinyal-sinyal konflik pada katup memori 5/2
 - Telah menghasilkan gerakan-gerakan torak silinder tanpa hambatan
- Bentuk konstruksi dari alat simulasi ini adalah meliputi:
- Modul pengaturan = 1 Unit
 - Katup memori 5/2 double pilot = 1 Unit
 - Katup limit Batas 3/2 = 4 Buah
 - Silinder Kerja Ganda = 2 Buah
 - Emergency, START, STOP = 2 Buah
 - Saluran lubang input/output

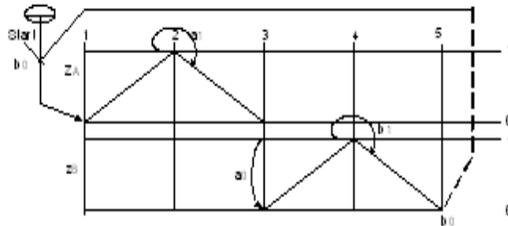
Rangkaian listrik bentuk seri maupun paralel sering dimanfaatkan sebagai salah satu cara untuk mengatasi terjadinya sinyal konflik.

Alat uji yang didesain tersebut diharapkan mampu bekerja secara baik sesuai dengannya fungsinya. Untuk memahami kinerja alat ini, maka perlu diperhatikan indikator yang dihasilkan antara lain:

- a. Tekanan operasi, berkisar antara 6 sampai 8 bar pada manometer
- b. Gerakan torak silinder, dapat mengikuti model diagram perpindahan.
- c. Sinyal pneumatis yang terjadi pada katup memori harus memenuhi: $Z = 1/0$ dan $Y = 0/1$.



(a) Sinyal Pneumatis

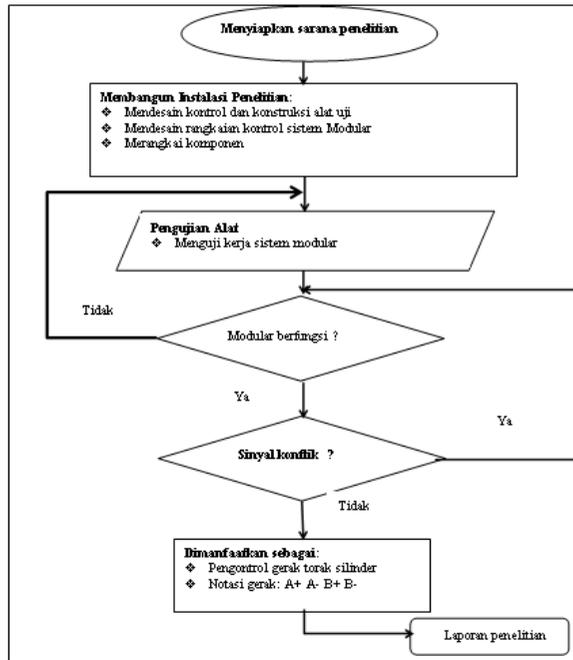


(b) Diagram Langkah

Gambar 6. Simbol-Symbol Indikator Kinerja Peralatan

II. METODE PENELITIAN

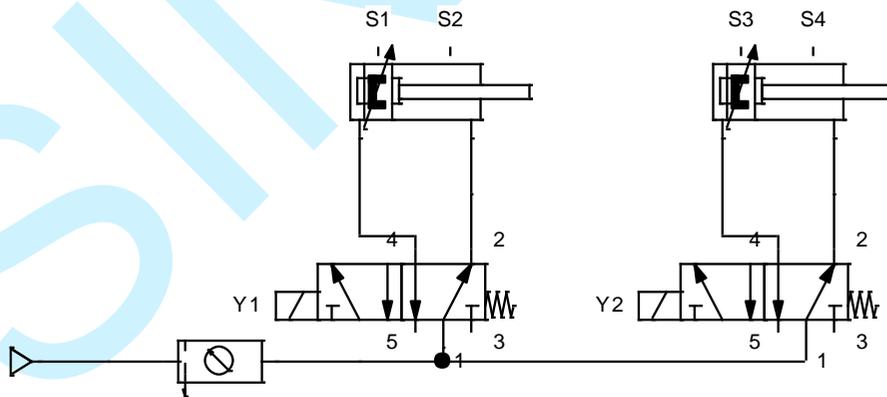
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membandingkan kinerja sistem modular seperti dalam bagan alir berikut:



Gambar 7. Bagan Alir Penelitian Tahun I (2008)

III. HASIL PENGUJIAN

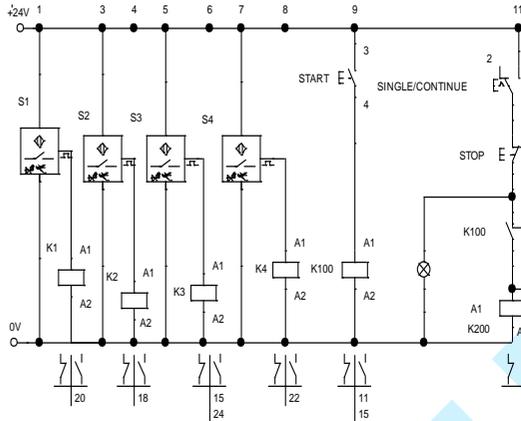
Hasil desain rangkaian kontrol sistem modular yang terdiri atas rangkaian kontrol sistem elektropneumatik dan rangkaian kontrol sistem modular seperti pada gambar 15 dan 16 merupakan hal penting dalam memperoleh gerakan A+ A- B+ B-.



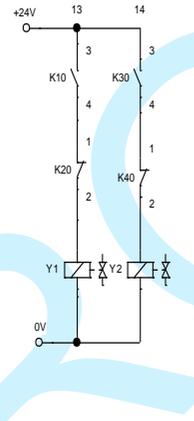
Gambar 8. Gambar Rangkaian Sistem Pneumatik

Rangkaian dengan sistem modular akan mengolah sinyal-sinyal input yang dihasilkan oleh rangkaian listrik yang terdiri atas: Rangkaian Input, Rangkaian proses dan Rangkaian out put.

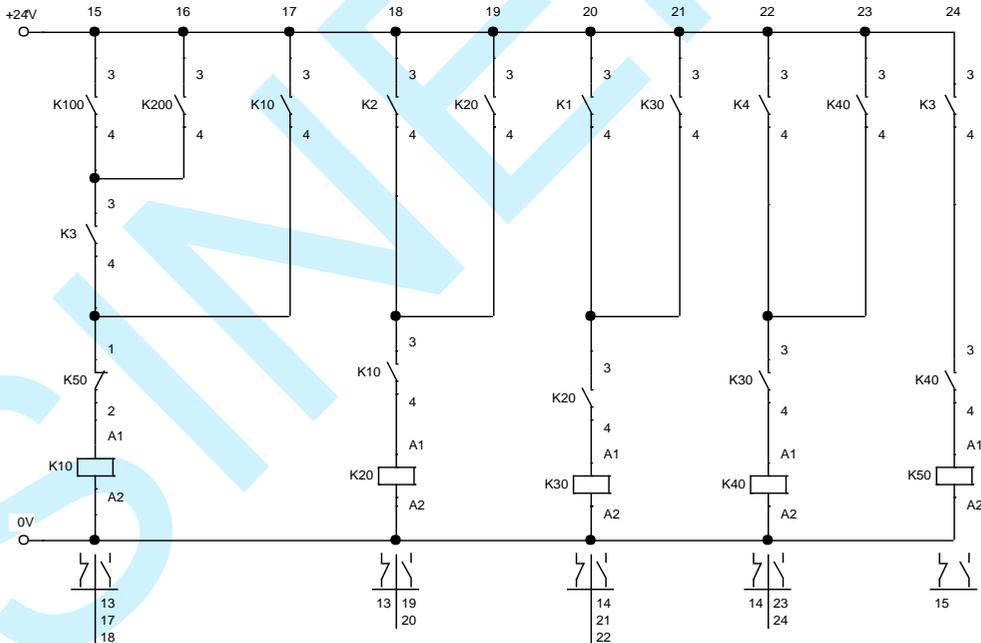
Rangkaian Input



Rangkaian Out put



Rangkaian Proses



Gambar 9. Rangkaian Kontrol Sistem Modular

Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan terhadap beberapa fungsi komponen seperti:

Sistem Modular, Katup memori 5/2 solenoid tunggal, Pergerakan silinder kerja (Aktuator), maka akan menunjukkan/ memberikan suatu keberhasilan kerja dari sistem yang telah dibangun.

Setelah pemasangan sejumlah komponen relai dan kontaktor menjadi sebuah unit modular berdasarkan gambar 9, maka diperoleh hasil pengujian sebagai berikut:

- Sinyal elektrik dari sensor proximity dapat dialirkan melalui solenoid Y1 dan Y2
- Adanya pengiriman sinyal ke katup memori secara bergantian sehingga tidak terjadi kerja sinyal yang konflik

Tabel 1. Tabel kinerja sequensial sensor proximity pada unit modular

Input (Sensor Proximity)			Out put (Solenoid)		
S1	S2	S3	S4	Y ₁	Y ₂
1	0	0	0	1	0
0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	0	0	1	0	0

Hubungan antara INPUT dan OUTPUT dapat dinyatakan dalam bentuk formula: $A = 2^n$ dan jika $n = 4$ maka $A = 16$ kemungkinan yang terjadi.

Hasil pengujian kinerja sinyal-sinyal INPUT dari sensor Proximity maupun OUTPUT yang terjadi ke solenoid seperti pada tabel pengamatan berikut:

Tabel 2. Tabel kebenaran kerja pada unit Modular

INPUT				OUTPUT	
S1	S2	S3	S4	Y1	Y2
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0

Proses ujicoba yang dilakukan terhadap katup 5/2 solenoid tunggal adalah dengan mengirimkan sinyal-sinyal elektrik dari unit Modular ke solenoid Y1 dan Y2. Hasil ujicoba yang telah dilakukan terhadap katup memori 5/2 adalah: Sinyal elektrik pada solenoid Y1 dan Y2 terjadi secara bergantian, atau memenuhi keadaan $Y1 = 1/0$ dan $Y2 = 0/1$ dan ditabelkan seperti berikut:

Tabel 3. Hubungan sensor dan sinyal pada solenoid

Sensor	Sinyal	Solenoid	
	Aktif	Y1	Y2
S1	1	1	0
S2	1	0	0
S3	1	0	1
S4	1	0	0

Tidak terjadi kemacetan sinyal (sinyal konflik) pada katup memori 5/2 sehingga udara bertekanan dapat dialirkan dari lubang P ke lubang A selanjutnya ke ruang silinder untuk mengontrol gerakan torak maju (+), atau dari lubang P ke lubang B untuk mengontrol gerakan torak mundur (-)

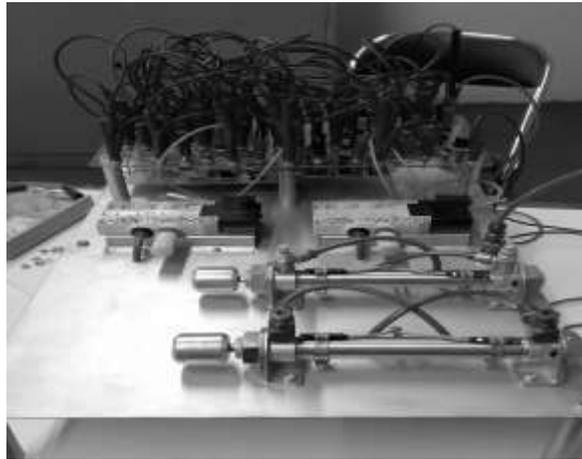
Dari pengujian yang telah dilakukan terhadap ketiga komponen utama di atas maka secara langsung akan menimbulkan jenis gerakan pada torak silinder kerja ZA dan ZB yaitu: A+ A- B+ B- dengan prinsip kerja seperti yang ditunjukkan dalam tabel 4. Secara keseluruhan karakteristik kinerja alat uji simulasi kontrol pneumatik dengan metode sistem modular dapat dinyatakan dalam table sekuensial berikut:

Tabel 4. Kinerja Sistem Modular dan komponen pneumatik secara sekuensial

				Out put (Solenoid)		Silinder kerja (Aktuator)	
S1	S2	S3	S4	Y ₁	Y ₂	A	B
1	0	0	0	1	0	Maju (+)	
0	1	0	1	0	0	Mundur (-)	
0	0	1	0	0	1		Maju (+)
0	0	0	1	0	0		Mundur (-)

Hubungan kerja secara sequensial antara ketiga unsur utama di atas dapat dilihat dalam simulasi gerakan melalui sebuah software yang dikenal dengan “ Fluid SIM” dengan mengacu pada gambar 9. Pada prinsipnya penggunaan software tersebut tidak hanya terbatas pemakaiannya pada penyelesaian masalah-masalah sederhana tetapi bahkan sampai pada permasalahan yang rumit sekalipun. Hal itu dapat dimungkinkan oleh tersedianya berbagai fasilitas serta komponen-komponen yang dibutuhkan pada saat melakukan desain rangkaian control system pneumatik.

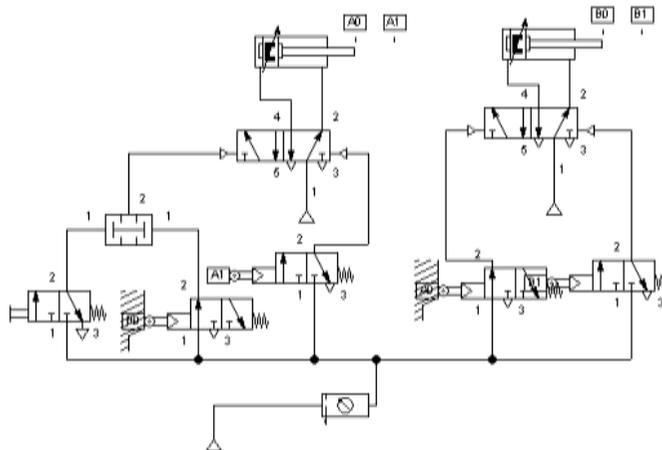
Bentuk konstruksi sistem modular setelah melalui perakitan yang mengacu pada desain rangkaian kontrol di atas dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 10. Struktur Alat Uji Simulasi Kontrol Sistem Modular

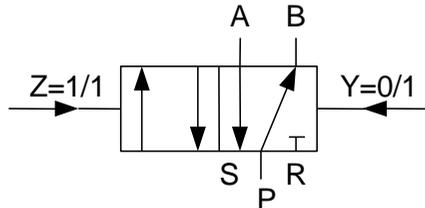
IV. PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian yang diperoleh di atas dapat dijelaskan bahwa rangkaian dengan metode Intuitif tidak dapat digunakan karena pada kondisi awal tanpa menekan tombol STAR torak silinder B lebih dahulu bergerak keluar sehingga katup bo tidak lagi aktif memberikan sinyal pada prosesor AND. Kondisi demikian menyebabkan torak silinder A tidak dapat bergerak keluar walaupun tombol STAR kembali ditekan.



Gambar 11. Rangkaian Kontrol Metode Intuitif

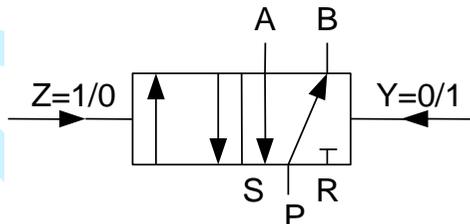
Kondisi sinyal konflik seperti yang ditunjukkan oleh gambar 17 terjadi pada saat katup b1 diaktifkan oleh torak silinder B yang bergerak keluar (ZB+) dan kemudian katup b1 langsung memberikan sinyal ke katup memori 5/2 sisi reset B atau $Y=1$ sementara sebelumnya pada sisi set B sudah ada sinyal disiapkan oleh katup a0 atau $Z=1$. Jadi pada katup memori 5/2 terjadi keadaan sinyal pneumatik; $Z=1/1$ dan $Y=0/1$.



Gambar 12. Situasi Sinyal Konflik Pada Sisi Reset katup 5/2

Dengan adanya sinyal konflik pada sisi reset silinder B akan menyebabkan torak silinder A tidak dapat bergerak keluar atau masuk (tetap diam).

Pada pengontrolan dengan sistem modular, kondisi sinyal konflik tidak lagi terjadi seperti yang ditunjukkan oleh mekanisme sequensial pada Tabel 5 karena kinerja pada setiap sensor proximity switch S1, S2, S3 dan S4 terjadi pengolahan sinyal dengan prinsip “Menyiapkan dan meniadakan”. Dalam hal seperti itu sensor pertama menyiapkan sinyal untuk sensor kedua sementara segmen kedua bertugas untuk meniadakan sinyal pada sensor pertama dan menyiapkan lagi sinyal untuk sensor ketiga dan seterusnya. Jadi pada katup memori 5/2 terjadi keadaan sinyal ; $Z=1/0$ dan $Y = 0/1$. yang mengindikasikan sinyal –sinyal tidak mengalami kondisi konflik.



Gambar 13. Situasi Sinyal Tidak Konflik Pada Sisi Set Dan Reset Katup 5/2

Dengan dicapainya kondisi sinyal seperti pada gambar 19 maka siklus gerakan torak silinder A dan silinder B seperti yang ditunjukkan oleh diagram perpindahan torak (gambar 14) dapat dicapai atau dengan demikian maka kondisi sinyal konflik oleh gerakan torak: A+ A- dan B+ B- dapat diatasi dengan baik.

Proses yang dilakukan untuk menyiapkan dan meniadakan sinyal pada katup memori 5/2 adalah dengan cara memanfaatkan kinerja relai yang fungsi utamanya

adalah untuk mengoperasikan sejumlah kontak, yakni jika koil relay mendapat tegangan maka kontak NO dapat aktif menutup sedangkan kontak NC aktif membuka.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Sinyal-sinyal konflik yang terjadi sebelumnya pada katup memori 5/2 pada saat menggunakan metode intuitif dapat diatasi dengan menggunakan alat pengolah sinyal “Modular”. Hal itu terjadi karena pada metode Modular terdapat rangkaian elektrik berupa kontak-kontak yang dapat dirangkai seri (AND) maupun paralel (OR) serta relai yang berfungsi untuk mengatur distribusi sinyal listrik masuk ke aktuasi solenoid katup memori 5/2, untuk selanjutnya katup ini mengalirkan udara bertekanan masuk ke dalam ruang silinder menggerakkan torak keluar atau masuk.
2. Gerakan torak silinder A dan silinder B sudah dapat mengikuti notasi gerakan: A+ A- B+ B- tanpa mengalami hambatan/kemacetan. Hal itu dapat dicapai sebagai pengaruh dari berfungsinya sistem Modular dengan baik mengatur sinyal-sinyal elektrik pada posisi SET $Z = 1/0$ dan RESET $Y = 0/$ ke katup memori 5/2 untuk selanjutnya katup ini dapat mengalirkan udara bertekanan masuk ke dalam ruang silinder mendorong torak sesuai dengan notasi gerakan di atas.

Saran

1. Oleh karena banyaknya sambungan dan komponen elektrik yang digunakan dalam sistem rangkaian, maka disarankan melakukan penyolderan/penyambungan dengan baik untuk menghindari terputusnya arus listrik.
2. Sebelum alat ini dioperasikan pastikan semua sambungan telah terhubung dengan baik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Bocksmick, B. (1988), *Fundamentals of Control Technology*, Festo Didactic.
- Cröse, P. (2003), *Text Book of Pneumatic Basic Level*, Esslingen.
- Mark, G. (1996), *Basic Pneumatic Controllers*, Festo Didactic, Esslingen.
- Meyer, D. (1990) *Text Book of Electro Pneumatic Basic Level*, Esslingen.

165 Simon Ka'ka, *Pengembangan Desain Kontrol Pneumatik Sistem Modular Untuk Mengatasi Sinyal Konflik*

Ka'ka, Simon (2004), *Pengembangan Desain dan Pembuatan Prototipe Alat Simulasi Kontrol Shift Register untuk mengatasi Sinyal Konflik.*

Waller, D. (1992), *Work Book of Pneumatic Advance Level*, Vogel Verlag.

Werner, H. (1998), *Work Book of Pneumatic Basic Level*, Esslingen.

SINERGI