

## **RANCANG BANGUN SISTEM PNEUMATIS UNTUK PENGEMBANGAN MODUL-MODUL GERAK OTOMATIS SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN**

Noor Hudallah

### **ABSTRAK**

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan rancang bangun modul-modul media pembelajaran mahasiswa berupa peralatan sehari-hari yang prinsip kerjanya mendasarkan pada prinsip gerak otomatis dari peralatan pneumatis.

Peralatan pneumatis bekerja karena memanfaatkan energi/daya yang dimiliki oleh udara yang dimampatkan. Udara yang dimampatkan tersebut diarahkan untuk menghasilkan energi gerak berupa gaya “dorong” ataupun gaya “tarik”. Berdasar prinsip dua gaya inilah bisa dikembangkan menjadi berbagai macam gerakan dasar yang difungsikan menjadi gerak dari berbagai peralatan sehari-hari.

Modul-modul yang dibuat dengan peralatan pneumatis ini berupa: unit pengampelas kayu, sistem palang pintu kereta api serta pembuka tutup botol, yang kesemuanya bekerja secara otomatis mendasarkan prinsip dasar pneumatis. Pada kenyataannya peralatan-peralatan tersebut di atas banyak manfaatnya di masyarakat.

Penelitian ini dilaksanakan dalam bentuk rancang bangun/ pengembangan media pembelajaran mahasiswa dengan komponen utama berupa peralatan pneumatis. Secara konkret realisasinya dilakukan melalui karya bimbingan skripsi mahasiswa program studi Pendidikan Teknik Elektro.

Perencanaan hingga realisasi alat mencakup langkah-langkah: spesifikasi masalah, analisis masalah, alternatif pemecahan masalah, pemilihan pemecahan masalah, pelaksanaan pekerjaan proyek serta langkah pengujian dan evaluasi.

**Kata kunci :** Pneumatis, modul, media pembelajaran

### **PENDAHULUAN**

Dalam kehidupan sehari-hari banyak dijumpai permasalahan-permasalahan yang cara pemecahannya adalah dengan membuat peralatan bantu. Seseorang yang ingin pekerjaan rutinnya sehari-hari tidak lagi dikerjakan sendiri tetapi bisa diambil alih oleh sebuah mesin yang bekerja secara otomatis akan berusaha membuat mesin yang menggantikan fungsi/pekerjaan orang tersebut.

Sistem pneumatis merupakan salah satu pilihan yang bisa diharapkan menjadi solusi bagi pembuatan peralatan otomatis. Gerakan utama yang bisa dilakukan oleh sistem pneumatis adalah gaya ‘dorong’ dan gaya ‘tarik’, tetapi dengan tambahan sedikit peralatan/komponen kedua gaya tersebut bisa diubah menjadi bentuk gerak yang lain misalnya: gerak resiprokasi, gerak oskilasi ataupun gerak rotasi. Dengan demikian bisa dikatakan semua jenis gerak bisa di realisasikan dengan bantuan peralatan pneumatis.

Seiring dengan tumbuh pesatnya rekayasa dibidang penciptaan alat-alat industri yang bekerja secara otomatis, aplikasi sistem pneumatis di industri juga berkembang pesat. Banyak industri proses yang peralatannya digerakkan dengan sistem pneumatis misalnya

peralatan yang ada di industri kayu untuk mesin pengampelas, mesin pres, gergaji dan peralatan yang lain.

Sistem pneumatis yang digunakan untuk aplikasi alat tersebut bisa menjadi sistem yang bekerja sendiri, artinya semua jenis gerak atau fungsi dilakukan oleh peralatan pneumatis tetapi bisa juga pada suatu peralatan selain memanfaatkan sistem pneumatis juga memanfaatkan komponen/fungsi lain untuk melengkapi bentuk gerak atau kontrol yang dikehendaki. Peralatan lain yang dipakai biasanya adalah motor-motor listrik serta peralatan kontrol berupa PLC (*Programable Logic Control*). Pada kenyataannya, di industri proses yang besar adanya kombinasi alat untuk suatu proses adalah menjadi hal yang biasa. Misalnya saja pada pabrik perakitan mobil, otomasi proses perakitan dari mulai gerak translasi, pemasangan komponen juga pengelasan bodi dilakukan oleh kerjasama fungsi antara peralatan pneumatis dan motor listrik.

Dipilihnya sistem pneumatis sebagai penggerak fungsi suatu peralatan adalah karena gerakan yang dilakukan bisa presisi/akurat sesuai dengan yang direncanakan. Selain akurat, sistem pneumatis juga cukup andal, aman dan awet.

Untuk lebih memahami bagaimana suatu peralatan bekerja berdasar prinsip pneumatis maka harus diciptakan alat yang digerakkan oleh sistem pneumatis. Beberapa alat yang bisa dan akan dibuat pada penelitian ini berdasar prinsip kerja pneumatis tersebut adalah: unit pengampelas kayu, sistem palang pintu kereta api serta unit pembuka tutup botol.

Peralatan pneumatis tersebut selanjutnya akan bisa dimanfaatkan sebagai media pembelajaran mahasiswa pada materi mata kuliah pneumatis, baik mata kuliah teori maupun mata kuliah praktek. Selain itu adanya modul-modul pneumatis di laboratorium jurusan Teknik Elektro diharapkan akan menjadi pendorong bagi dosen-dosen untuk mengembangkan pemanfaatannya bagi peralatan-peralatan Teknologi Tepat Guga (TTG). Pada kenyataannya, TTG saat ini mempunyai potensi dan posisi tawar sangat besar dalam rangka kerjasama dengan berbagai instansi maupun pemda propinsi maupun pemerintah kota.

#### **RUMUSAN DAN PEMBATAAN MASALAH PENELITIAN**

Berdasar atas latar belakang penelitian, rumusan masalah pada penelitian ini adalah: "Bagaimana melakukan rancang bangun sistem pneumatis untuk pengembangan modul-modul gerak otomatis sebagai media pembelajaran".

Perencanaan dan perancangan modul pneumatis dilakukan dengan beberapa batasan. Pembuatan modul pneumatis hanya dilakukan untuk unit-unit: pengampelas kayu, sistem palang pintu kereta api dan pembuka tutup botol yang ketiga-tiganya mendasarkan pada prinsip dasar pneumatis.

#### **TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan utama dilakukannya kegiatan penelitian ini adalah :

- a. Untuk lebih memahami prinsip dasar gerak sistem pneumatis yang diaplikasikan dalam penciptaan sebuah alat
- b. Mampu membuat alat yang dikendalikan oleh sistem pneumatis.
- c. Dihasilkannya alat atau mesin pneumatis untuk: pengampelas kayu, sistem palang pintu kereta api serta pembuka tutup botol.
- d. Dihasilkannya modul-modul pneumatis sebagai media pembelajaran mahasiswa.

#### **MANFAAT PENELITIAN**

Manfaat yang akan diperoleh dari hasil penelitian ini adalah:

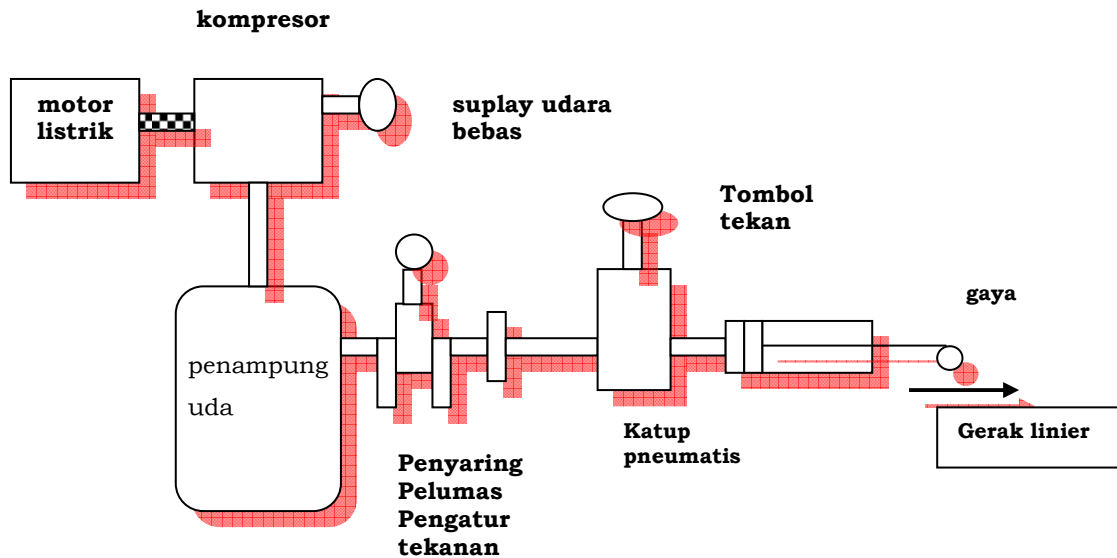
- a. Sebagai media pengajaran untuk mata kuliah-mata kuliah yang membahas tentang sistem dan aplikasi pneumatis
- b. Memudahkan pemahaman dalam mempelajari sistem pneumatis dengan bantuan visualisasi berupa aplikasi sistem (modul/alat).
- c. Mendapatkan perangkat media pengajaran yang lebih efektif dan efisien serta relatif murah.

#### **TINJAUAN PUSTAKA**

Udara yang dimampatkan merupakan udara yang diambil dari sekitar/ lingkungan kemudian ditiupkan secara paksa ke dalam suatu tempat yang ukurannya relatif kecil. Pada proses pemampatan udara, misalnya pada saat meniupo balon atau memompa ban sepeda diketahui bahwa peniupan bola ataupun pemompaan ban sepeda bukanlah hal yang mudah, apalagi jika cukup banyak balon yang ditiup ataupun ban sepeda yang dipompa.

Bila udara sudah dimampatkan ke dalam balon atau ban sepeda, udara tersebut akan berusaha keluar lagi. Hal ini terjadi karena udara menyimpan hampir seluruh tenaga yang digunakan untuk memasukkannya dengan paksa. Tetapi jika balon tersebut dilepaskan, tenaga atau energi yang tersimpan pada udara di dalam balon akan membuat balon melesat seperti roket. Tenaga yang tersimpan inilah yang hakekatnya bekerja untuk menggerakkan balon. Prinsip inilah yang mendasari prinsip kerja sistem pneumatik (Patient, 1985: 3).

Semua sistem yang menggunakan tenaga yang disimpan dalam bentuk udara yang dimampatkan serta dimanfaatkan untuk menghasilkan suatu kerja disebut sistem pneumatika (*pneumatik system*). Konstruksi sederhana sebuah peralatan pneumatis adalah seperti gambar 1.



Gambar 1. Sistem Pneumatis Sederhana

Pada industri (sesuai gambar 1), pemampatan udara dilakukan menggunakan kompresor yang digerakkan oleh motor listrik ataupun motor bakar. Kompresor memampatkan udara ke dalam sebuah tangki penyimpanan yang kuat yang disebut tangki penampung atau *receiver* dan tenaga/udara yang tersimpan di dalamnya siap digunakan.

Komponen pneumatik utama yang digunakan dalam rancang bangun peralatan pada penelitian ini adalah katup (*valve*) dan tabung (*cylinder*). Katup-katup berfungsi sebagai pengendali tabung, sedangkan tabung berfungsi untuk menghasilkan gaya (*force*) serta gerak linier (*linier motion*) untuk melakukan suatu kerja/gerakan.

### E.1 Pemanfaatan Udara yang Dimampatkan

Setiap hari banyak dijumpai berbagai macam peralatan yang bekerja berdasarkan sistem udara yang dimampatkan. Ban-ban pneumatik pada mobil sering kali diisi dengan udara yang dimampatkan menggunakan kompresor yang biasa terdapat pada tempat-

tempat service kendaraan bermotor. Bengkel-bengkel yang cukup lengkap peralatannya biasanya memiliki peralatan seperti: bor, pengencang atau pelepas mur roda, ataupun semprotan cat yang bekerja menggunakan udara yang dimampatkan.

Udara yang dimampatkan juga dimanfaatkan pada bor-bor pneumatik yang digunakan pada pekerjaan-pekerjaan perbaikan jalan dan pembangunan gedung-gedung. Demikian halnya dokter gigi menggunakan bor dengan sistem yang sama untuk membor gigi dengan kecepatan tinggi. Pintu-pintu pada kereta-kereta bawah tanah serta bus-bus banyak yang dioperasikan secara pneumatik. Rem-rem pneumatik biasa dipakai pada kereta api dan kendaraan niaga. Sistem suspensi pneumatik dipakai juga pada beberapa kendaraan modern.

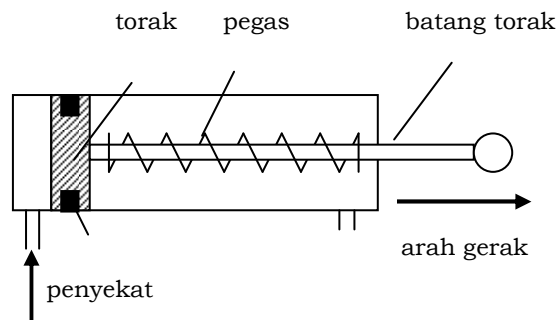
Bisa dikatakan banyak bidang kehidupan sehari-hari yang dalam operasionalnya bisa digantikan fungsinya oleh peralatan pneumatik, misalnya gergaji kayu, dongkrak mobil dan berbagai bidang yang lain.

## E.2 rangkaian dan simbol-simbol pneumatik

Pada diagram-diagram rangkaian pneumatik, digunakan simbol-simbol untuk menunjukkan komponen-komponen yang dibutuhkan, dan cara komponen-komponen tersebut saling dihubungkan.

### 1. Tabung Gerak Tunggal (*Single-Acting Cylinder*)

Katup (*valve*) dan tabung (*cylinder*) merupakan komponen pneumatik yang paling penting. Katup berfungsi untuk mengendalikan tabung, sedangkan tabung menghasilkan gaya (*force*) serta gerak linier (*linear motion*) untuk melakukan suatu kerja. Tabung gerak tunggal secara skematik digambarkan:



Gambar 2. Skema atau Simbol Diagram Tabung Gerak Tunggal

Udara yang dimampatkan dimasukkan ke dalam tabung. Selanjutnya tekanan udara yang ada akan bekerja pada permukaan sebuah torak (piston), yang menghasilkan suatu gaya tekan dan gaya tersebut akan menggerakkan batang torak yang ujungnya ada di bagian luar tabung. Dengan Bergeraknya torak maka akan bergerak pula batang torak yang ada di bagian luar tabung. Bila proses pemampatan udara dihentikan, sebuah pegas akan mendorong kembali torak tersebut ke tempat semula. Dalam aplikasinya, tabung gerak

tunggal terutama digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan ringan yang tidak membutuhkan gaya serta gerak linear yang besar (Patient, 1985: 7).

Gaya yang dihasilkan oleh sebuah tabung pneumatik diukur dalam satuan SI dengan satuan *newton* (N). Karena satuan SI untuk panjang adalah meter, maka satuan untuk luas permukaan dinyatakan dalam meter persegi ( $m^2$ ). Jika sebuah gaya sebesar 1 newton bekerja pada sebuah permukaan yang luasnya satu meter persegi, dikatakan bahwa tekanan yang terjadi adalah sebesar satu newton per meter persegi ( $1 N/m^2$ ). Satu newton per meter persegi disebut juga satu pascal (Pa), yang merupakan satuan SI untuk tekanan.

Pada pneumatika, tekanan udara yang biasa ditemui umumnya cukup tinggi, sehingga bila digunakan satuan seperti di atas, maka harga-harga yang ada akan melibatkan bilangan-bilangan yang cukup besar. Misalnya udara yang dimampatkan ke dalam sebuah tabung pneumatik bisa memiliki tekanan sebesar 500 Pa ( $500 N/m^2$ ). Untuk mengatasi hal tersebut bisa dilakukan dengan menggunakan milimeter (mm) sebagai satuan panjang. Jika sebuah gaya sebesar satu newton bekerja pada sebuah permukaan seluas satu milimeter persegi, dikatakan bahwa tekanan yang terjadi adalah sebesar satu newton per milimeter persegi ( $1 N/mm^2$ ). Dengan demikian besarnya tekanan pada tabung seperti contoh di atas adalah  $0,5 N/mm^2$ . Konversi seperti inilah yang banyak dipakai dalam perhitungan-perhitungan pneumatik.

Gaya yang dihasilkan oleh sebuah tabung pneumatik bergantung pada dua hal yaitu:

1. Tekanan udara yang dimasukkan
2. Luas permukaan torak.

Jika udara mampat yang dimasukkan tabung memiliki tekanan sebesar  $0,5 N/mm^2$  berarti bahwa pada setiap milimeter persegi permukaan torak akan bekerja gaya sebesar 0,5 N. Jika luas permukaan torak dikalikan dengan 0,5 N, hasilnya merupakan gaya total yang bekerja pada seluruh permukaan torak. Hal tersebut dirumuskan:

$$\text{gaya} = \text{tekanan} \times \text{luas}$$

Gaya yang dihasilkan tabung (N) = tekanan

udara (N/mm<sup>2</sup>) x luas permukaan torak (mm<sup>2</sup>)

## 2. Kompresor

Kompresor merupakan pensuplai udara yang dimampatkan untuk dimanfaatkan oleh tabung-tabung pneumatik. Udara diisap dari atmosfer melalui sebuah filter oleh sebuah pompa torak yang disebut sebagai kompresor. Kompresor ini kemudian memompakan udara tersebut ke dalam sebuah tangki penampung dari baja yang disebut *receiver*. Sebagai penggerak kompresor digunakan sebuah motor listrik atau motor bakar yang terhubung dengan saklar/switch sensor tekanan yang dihubungkan dengan penampung. Jika tekanan udara di dalam penampung turun sampai suatu harga minimum tertentu, saklar akan secara otomatis menghidupkan motor listrik dan kompresor akan mengisi lagi persediaan udara di dalam penampung. Jika udara dalam penampung sudah maksimum, saklar akan menghentikan motor listrik dan kompresor akan berhenti.

Udara yang telah dimampatkan keluar dari tangki penampung melalui sebuah katup buka-tutup. Sebelum mencapai jaringan distribusi, udara harus melewati unit filter atau penyaring yang akan memisahkan kandungan air dari udara sehingga peralatan-peralatan pneumatik terhindar dari proses penguapan.

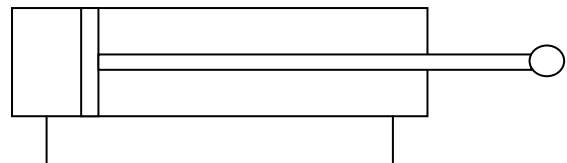
Selanjutnya udara memasuki sistem distribusi, yang biasanya jika di industri memakai pipa baja galvanis, tetapi untuk keperluan eksperimen laboratoris biasanya menggunakan selang karet yang cukup baik.

## 3. Tabung Gerak Ganda

Berbeda dengan tabung gerak tunggal, tabung gerak ganda atau *double-acting cylinder* yang memiliki lubang penghubung pada kedua ujungnya. Jika udara yang dimampatkan

dimasukkan melalui lubang di bagian belakang maka torak akan bergerak ke arah muka sehingga batang torak bergerak maju. Udara di bagian depan torak akan keluar melalui lubang di bagian muka tabung. Demikian halnya sebaliknya jika udara mampat dimasukkan melalui lubang bagian depan, batang torak akan bergerak kembali ke belakang.

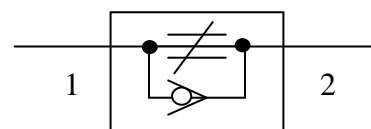
Simbol atau diagram rangkaian untuk tabung gerak ganda adalah:



Gambar 3. Skema atau Simbol Diagram Tabung Gerak Ganda

## 4. Alat Pengatur Aliran Udara

Pada berbagai pemanfaatan seringkali harus diatur kecepatan gerak batang torak pada tabung pneumatik. Pengendalian tidak hanya dibutuhkan untuk satu arah gerak saja tetapi kadangkala juga sekaligus untuk dua arah gerak, baik ketika melakukan *outstroke* maupun *instroke*. Pengendalian dilakukan dengan cara mengatur laju kecepatan udara yang mengalir meninggalkan tabung. Aliran udara diatur menggunakan sebuah alat yang disebut dengan *flow regulator*. Skema diagram *flow regulator* adalah seperti gambar 5 di bawah ini.



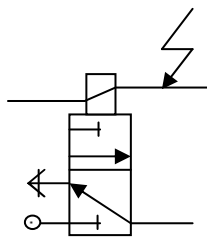
Gambar 4. Skema diagram *flow regulator*

Jika udara mengalir ke dalam *flow regulator* melalui lubang 1 dan keluar lewat

lubang 2 laju alirannya bisa ditambah atau dikurangi dengan memutar sekrup pengaturannya.

### 5. Solenoid

Untuk mengendalikan suatu sistem pneumatik bisa dilakukan dengan kendali listrik. Hal tersebut dimungkinkan karena adanya katup *elektro-pneumatik* yang disebut katup solenoid atau sering hanya disebut solenoid saja. Solenoid terdiri atas sebuah kumparan kawat yang bila dialiri listrik akan menghasilkan suatu medan magnet di sekelilingnya. Jika sebuah armatur dari besi diletakkan dalam daerah medan magnet kumparan, maka armatur tersebut akan tertarik ke arah kumparan. Gerakan armatur besi inilah yang menjadi dasar beroperasinya katup solenoid. Skema diagram *solenoid* adalah seperti gambar berikut.



Gambar 5. Skema diagram *Solenoid*

Pada banyak aplikasi pneumatis, solenoid ini lebih banyak dipakai dibanding komponen pneumatis. Solenoid menjadi pilihan dalam aplikasi sistem pneumatis karena memiliki keunggulan-keunggulan (Patient, 1985: 59):

1. Jangkauan pengiriman isyarat listrik lebih jauh dibanding dengan jangkauan isyarat pneumatik.
2. Isyarat listrik lebih cepat bereaksi daripada isyarat pneumatik.
3. Energi yang digunakan untuk isyarat pengendalian dengan listrik lebih kecil dibanding jika digunakan isyarat pneumatik.

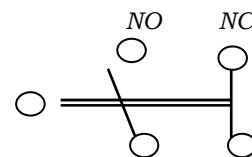
4. Isyarat listrik dan elektronik lebih efisien dibanding isyarat pneumatik.
5. Komponen-komponen yang digunakan dalam isyarat pengendalian dengan listrik dan elektronik lebih murah dan lebih hemat ruangan dibanding komponen-komponen pneumatik.

Pemilihan solenoid, didasarkan atas besarnya tegangan kerja dari kumparannya. Tegangan kerja yang dipergunakan oleh kumparan solenoid adalah: 12 Volt, 24 Volt, 50 Volt, 110 Volt, 240 Volt dan 440 Volt. Untuk lebih amannya disarankan untuk memilih solenoid dengan tegangan kerja yang kecil

### 6. Limit Switch

Saklar batas atau *limit switch* (LS) merupakan saklar yang dapat dioperasikan secara otomatis maupun nonotomatis. *Limit switch* yang bekerja secara otomatis adalah jenis *limit switch* yang tidak mempertahankan kontak, sedangkan limit switch yang bekerja non-otomatis adalah *limit switch* yang tidak mempertahankan kontak.

Kontak - kontak dalam limit switch sama seperti kontak - kontak yang terdapat pada tombol tekan, yaitu memunyai kontak *Normally Open* (NO) dan kontak *Normally Closed* (NC).



Gambar 6. Kontak Limit Switch

Limit switch yang tidak mempertahankan kontak akan bekerja apabila ada benda yang menekan rollernya, sehingga kedudukan kontak NO menjadi NC dan kontak NC menjadi NO. jika benda sudah diangkat, roller dari limit switch keposisi semula, demikian pula kedudukan kontak - kontaknya.

## 7. Relai

Relai adalah sebuah alat elektronik yang dapat mengubah kontak kontak saklar sewaktu alat ini menerima sinyal listrik. Relai atau control relai (CR) merupakan saklar magnet yang bekerja secara otomatis seperti halnya kontaktor magnet. Relai dibuat untuk tugas yang jauh lebih ringan bila dibanding dengan kontaktor. Kontak kontakannya pun jauh lebih kecil dan harus dibuat dari bahan konduktor yang baik. Bahan kontak relai umumnya digunakan logam perak, kadang digunakan logam berharga lainnya.

Apabila kumparan diberi daya maka akan timbul medan magnet, akibatnya pegas kontak akan bergerak atau tertarik dan menempel pada kumparan. Ujung dari pegas kontak akan pindah dari posisi kekontak lainnya atau yang tadinya pada posisi NO (*Normally Open*), maka menjadi NC (*Normally Closed*). Apabila daya yang diberikan pada kumparan hilang, maka medan magnet pun akan hilang, sehingga pegas kontak akan kontak akan kembali keposisi semula kontak NC menjadi NO kembali.

yang telah dilakukan. Modul-modul peralatan pneumatis yang dibuat adalah: unit pengampelas kayu, sistem palang pintu kereta api serta unit pembuka tutup botol.

Laboratorium untuk realisasi alat atau unit pneumatis dilaksanakan di laboratorium jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan pengamatan (observasi) terhadap fungsi alat/modul sesuai dengan perencanaan dan pengukuran. Pengamatan dilakukan terhadap sistem gerak tabung pneumatik, baik untuk unit pengampelas kayu, sistem palang pintu kereta api serta pembuka tutup botol.

Unit-unit aplikasi sistem pneumatis tersebut dibuat berdasar urutan langkah/atau tahap-tahap penyelesaian masalah sebagai berikut

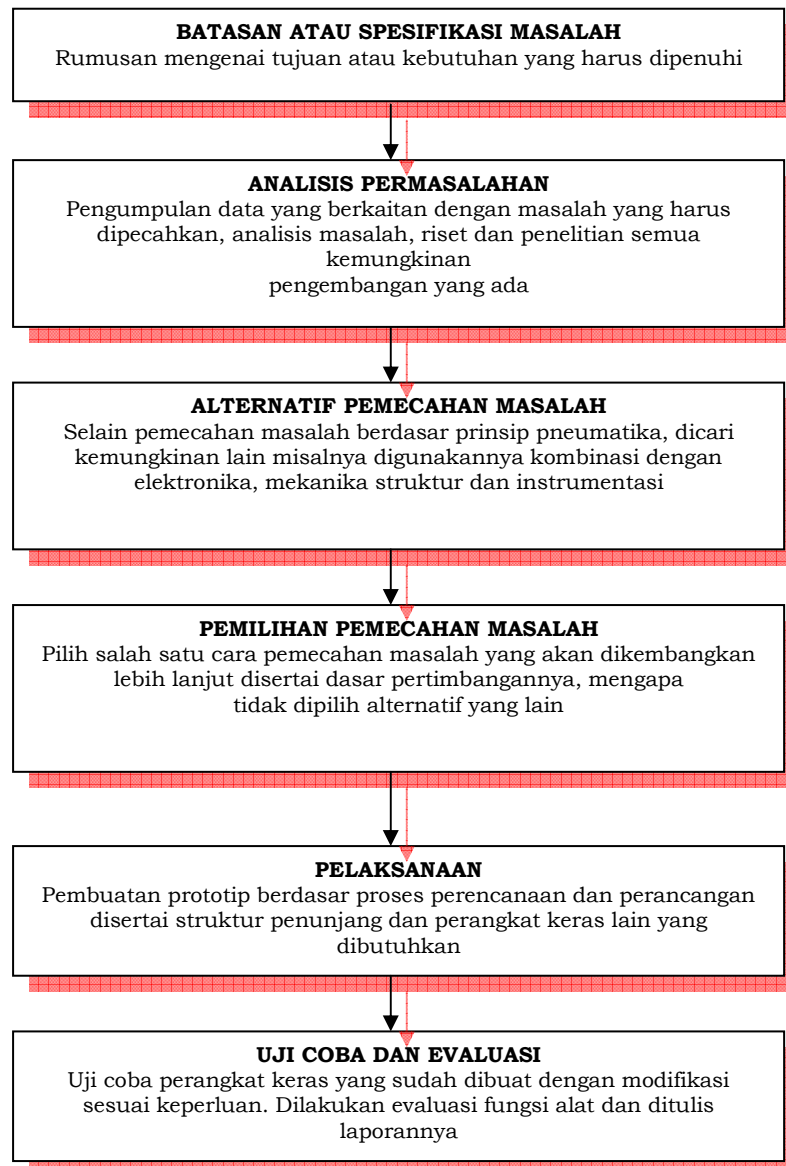
(a) (b) (c)

- (a) Simbol relai
- (b) Relai *single pole double throw* (SPDT)
- (c) Relai *double pole double throw* (DPDT)

Gambar 7. Gambar Skematik dari Relai Elektromagnetik Sederhana

## F. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian laboratoris, dimana aktivitas laboratorisnya dilakukan untuk pembuatan modul/unit aplikasi pneumatis berdasar rancang bangun peralatan



Gambar 8. Tahapan Realisasi Proyek

### Bahan dan Alat

Bahan penelitian adalah berbagai jenis peralatan pneumatis dan bahan pembuatan unit meliputi: Perangkat pneumatik terdiri atas: tabung atau silinder, katup, solenoid, neple serta kompresor. Selain itu juga: catu daya, relai dan soket, limit switch, kabel penghubung, multiplek, besi siku, cat dan kuas, laker, besi plat dan roda penyangga

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yang dibutuhkan dalam realisasi unit-unit pneumatisnya adalah: gergaji besi, pemotong besi, pisau pemotong plat, mesin las, multi meter dan tool-set/tool-kit

### G. HASIL PENELITIAN

Pada bab ini dibahas mengenai implementasi dan pengujian modul pneumatis yang direalisasikan. Implementasi modul



pneumatis yang direalisasikan meliputi: modul pengampelas kayu, sistem palang pintu kereta api serta unit pembuka tutup botol.

Pengujian modul pneumatis meliputi pengujian bagian per bagian dan pengujian sistem secara keseluruhan.

### G.1. RANCANG BANGUN UNIT/MODUL

Pada tahap awal perancangan unit, langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan kebutuhan (*need*). Untuk kriteria desain rangkaian kontrol yang diinginkan, pencapaian tujuan perancangan secara umum dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

Kriteria "*must*", yaitu kriteria yang harus dipenuhi dalam perancangan.

Kriteria "*wish*", yaitu kriteria yang diharapkan ada pada hasil perancangan.

Pada perancangan ini kriteria desain rangkaian yang harus dan diharapkan dapat dipenuhi adalah sebagai berikut :

Kriteria yang harus dipenuhi yaitu :

1. Model rangkaian unit menggunakan tekanan udara optimal sekitar 10 bar
2. Model rangkaian harus mampu beroperasi sesuai fungsi yang direncanakan.
3. Tidak memerlukan operator khusus untuk menjalankan modul/unit alat.
4. Dapat dipergunakan sebagai modul pembelajaran untuk praktek maupun teori mahasiswa.

Kriteria yang diharapkan ada pada hasil rancangan, yaitu :

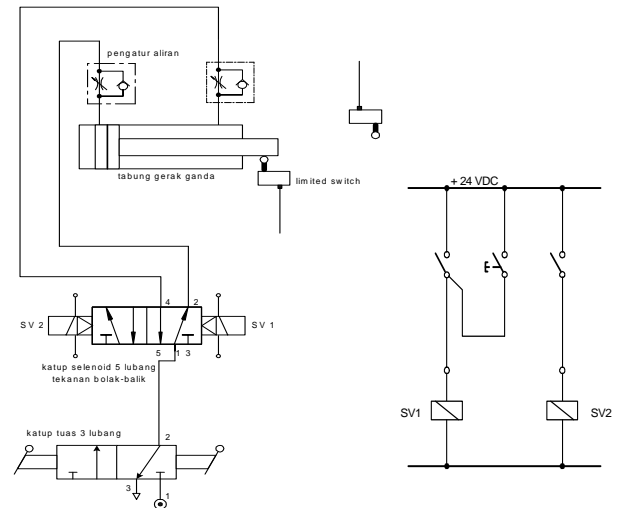
1. Mudah dalam perawatan dan perbaikannya.
2. Model rangkaian yang digunakan merupakan rangkaian full pneumatik dengan penggerak manual maupun elektrik.
3. Memudahkan mahasiswa dalam memahami dan mengerti mengenai beberapa modul komponen pneumatik.

### G.2. RANCANG BANGUN MODEL PENGAMPELAS KAYU

Aktivitas yang dilakukan meliputi kegiatan membandingkan konsep perancangan rangkaian komponen pneumatik pada mesin pengampelas kayu.

Model dasar rangkaian adalah sebagai

berikut :



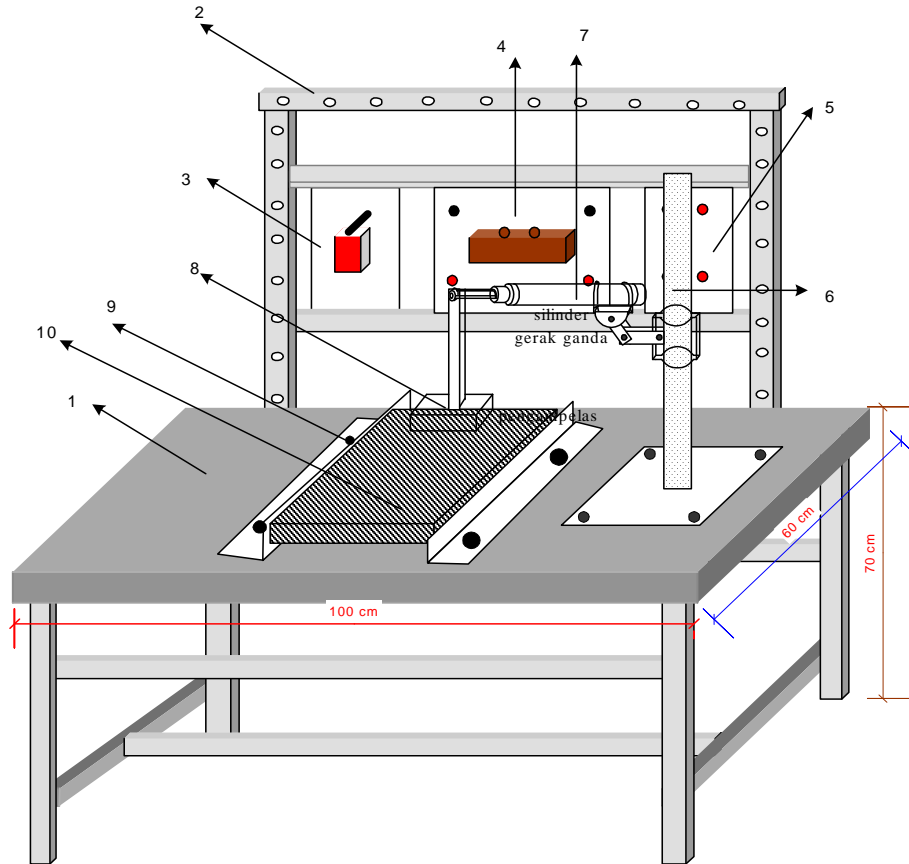
Gambar 9. Diagram Alir

Pada gambar di atas, apabila tombol ON di tekan maka solenoid valve (SV 1) bekerja, udara bertekanan mengalir menuju ke silinder penggerak ganda sisi belakang, akibatnya torak bergerak maju. Bila torak sampai pada tempat di mana limit switch ditempelkan, maka kontak NO pada limit switch menutup dan mengakibatkan solenoid valve 2 bekerja. Aliran udara katup berpindah ke bagian depan silinder, akibatnya torak bergerak ke belakang (mundur) sampai menyentuh limit switch. Kontak NO limit switch mengaktifkan SV 1 sehingga torak bergerak maju dan begitu seterusnya. Bila katup manual ditutup maka torak akan berhenti.

Mekanisme sistem yang sudah direncanakan selanjutnya dievaluasi, dengan sasaran utama orang bisa memahami dan mengerti mengenai mekanisme kerja rangkaian yang menitikberatkan pada desain rangkaian

yang mampu melakukan kerja secara cepat dan presisi, disamping itu dapat dipakai untuk sarana modul pembelajaran mahasiswa khususnya di bidang kontrol pneumatik.

Model unit pengampelas kayu yang dikembangkan adalah:

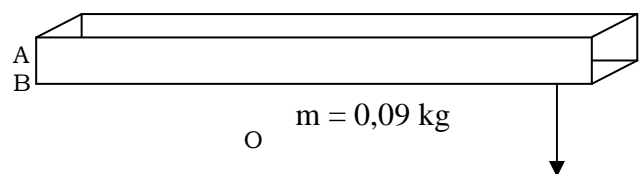


- Keterangan gambar :
1. Meja : sebagai landasan alat peraga
  2. Rel Penyangga : sebagai tempat modul
  3. Modul Katup tuas 3 lubang
  4. Modul Katup selenoid 5/2 tekanan bolak-balik
  5. Modul terminal sumber daya DC
  6. Pengatur kedudukan tabung
  7. Tabung silinder gerak ganda
  8. Balok pengampelas
  9. Penjepit balok dudukan
  10. Dudukan tempat obyek yg akan diampelas

### G.3RANCANG BANGUN SISTEM PALANG PINTU KERETA API

Sebagai dasar perhitungan beban bagi tabung pneumatis, untuk palang kereta direncanakan ukuran balok panjang 30 cm lebar 1,5 cm dan tebal 2 cm. Jika massa jenis kayu adalah  $1000 \text{ kg/m}^3$  maka massa dari balok tersebut adalah volume dikalikan massa jenis, sehingga:

$$m = 0,3 \text{ m} \times 0,015 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 0,09 \text{ kg}$$



Gambar 11. Penampang Balok Pang Pintu Kereta Api

Dari gambar tersebut dengan menarik garis diagonal ruang maka titik tengah sebagai letak berat dapat diketahui terletak pada titik 15,,1,0,75.

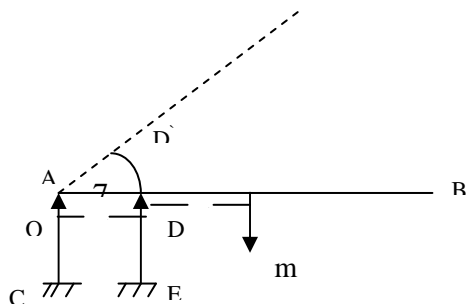
Ada dua macam perancangan untuk palang pintu kereta api. Pada rancangan pertama, sesuai gambar rencana, dimisalkan AB adalah batang balok, O adalah poros, m adalah massa balok dan DE panjang tabung pneumatik. Jika diinginkan balok akan membuka dengan sudut 70° maka panjang DD' adalah:

$$\frac{70^0}{360^0} = \frac{\sphericalangle DD' }{2\pi r}$$

$$\sphericalangle DD' = \frac{2198}{360}$$

$$= 6,1 \text{ cm}$$

Jika panjang DD' adalah panjang langkah pneumatik maka tinggi tabung pneumatik juga 6,1 cm. Jika diinginkan tinggi panjang CO lebih tinggi, maka batang pneumatik harus diberi bantalan untuk menyesuaikan tinggi palang (CO).



Gambar 12. Rancangan Gerak Palang Pintu

Perencanaan dilakukan untuk menentukan berapa gaya yang akan bekerja pada tabung pneumatik mulai dari posisi menutup hingga membuka dengan sudut 70°. Bila sebuah gaya diterapkan pada balok, maka balok tersebut akan dapat berputar pada sumbu porosnya. Terjadinya perubahan pada gerak rotasi atau gaya pemutar merupakan momen gaya dimana besarnya momen terhadap poros adalah

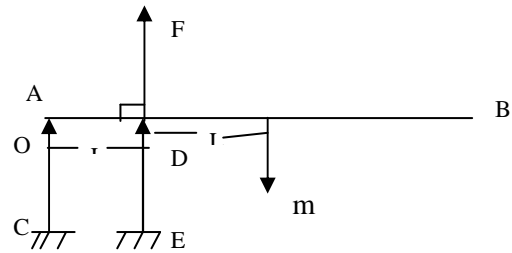
hasil kali jarak tegak lurus terhadap poros dengan gaya. Jika kondisi benda setimbang maka jumlah momen sama dengan nol.

$$\sum \tau_A = 0$$

$$F \times l_1 - m \times l_2 = 0$$

$$F \times 5 - 0,09 \times 15 = 0$$

$$F = 0,27 \text{ kg}$$



Gambar 13. Gaya Dorong yang Bekerja Pada Rancangan Palang Pintu

Jika palang akan menutup maka besar gaya yang akan bekerja adalah:

$$F \times a - m \times b = 0$$

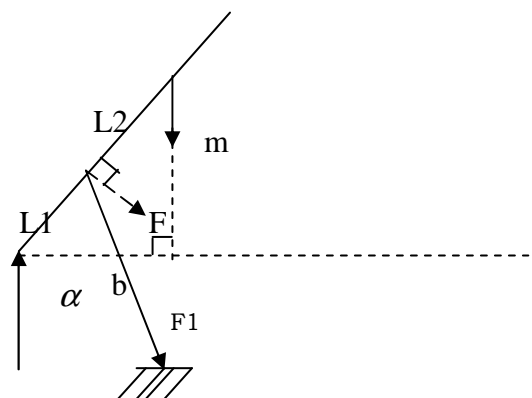
$$(F \cdot \cos \alpha) \cdot l_1 - m \cdot \cos \alpha \cdot l_2 = 0$$

$$F \cdot \cos 70^0 \cdot 5 - 0,09 \cos 70^0 \cdot 15 = 0$$

$$F \cdot 1,7 - 0,09 \cdot 5,13 = 0$$

$$F = \frac{0,46}{1,7}$$

$$F = 0,27 \text{ kg}$$



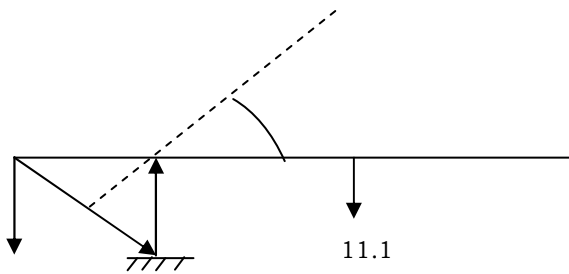
Gambar 14. Gaya Tarik yang Bekerja Pada Rancangan 1

Pada rancangan kedua, jika diinginkan palang akan membuka pada sudut 70° dengan

jari-jari 5 cm maka panjang langkahnya adalah 6,1 sama seperti perencanaan pertama, sehingga panjang keseluruhan tabung dengan langkah adalah 12,2 cm. Diketahui tinggi palang EO yaitu:

$$\begin{aligned} EO^2 &= AC^2 - AO^2 \\ &= 12,2^2 - 5^2 \\ EO &= 11,1 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tinggi palang adalah 11,1 cm atau bisa juga tinggi palang EO lebih rendah



Gambar 15. Gaya Tarik yang Bekerja pada Rancangan 2

Jika ditarik garis pada titik A ke sumbu y,  $F_y$  adalah gaya tegak lurus pada titik A sehingga besarnya momen pada AO adalah  $F_y$  kali panjang AO.

$$\sum \tau_o = 0$$

$$\tau_1 - \tau_2 = 0$$

$$F_y \cdot A_o - m \cdot CO = 0$$

$$(\cos \alpha \cdot F) \cdot AO - m \cdot Co = 0$$

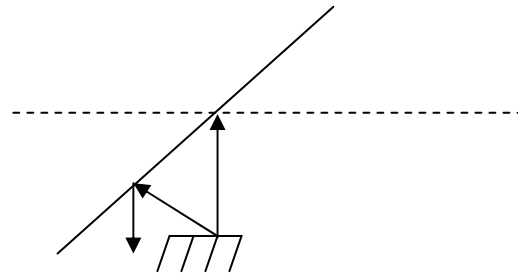
$$\begin{aligned} \text{Besarnya sudut } \alpha \text{ adalah } \sin \theta &= \frac{5}{12,2} \\ &= 0,24 \\ \theta &= 24,1^\circ \end{aligned}$$

$$\cos 24,1 \cdot F \cdot 5 - 0,09 \cdot 10 = 0$$

$$0,9 \cdot 5 F = 0,9$$

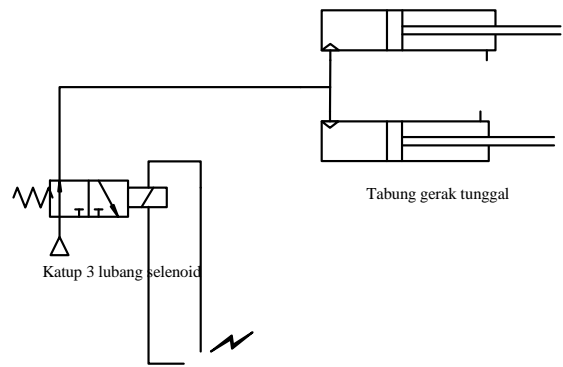
$$F = 0,2 \text{ kg}$$

Jadi gaya yang bekerja saat ditarik sebesar 0,2 kg. Jika palang dalam kondisi membuka maka tabung pneumatik akan mendorong palang pintu kereta api yang besar gayanya adalah

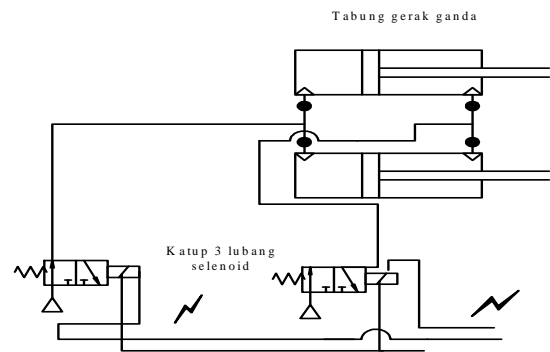


Gambar 16. Gaya Tarik pada Palang Pintu Kereta

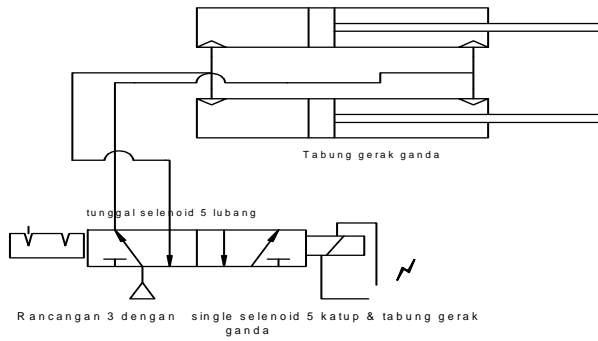
### g.3.1 rancangan komponen pneumatik



Rancangan 1 dengan 1 katup selenoid 3 lubang & tabung gerak tunggal

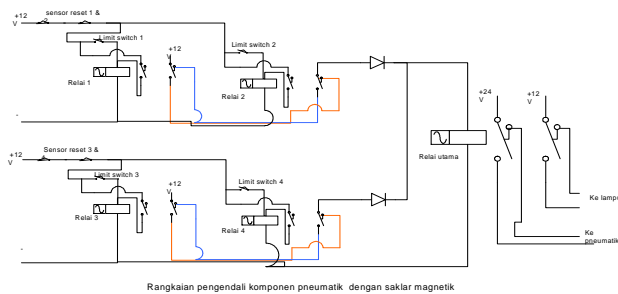


Rancangan 2 dengan 2 katup selenoid 3 lubang & tabung gerak tunggal



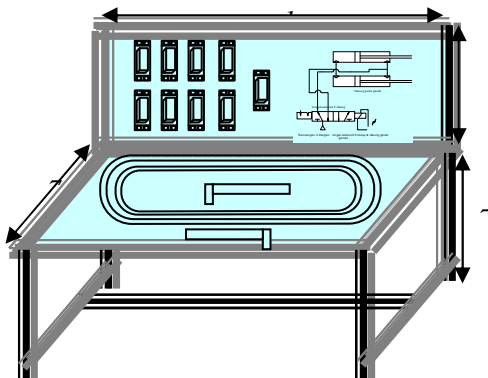
Gambar 17. Rancangan Komponen Pneumatik

**G.3.2 Rancangan Sistem Pengendali**



Gambar 18. Rancangan Sistem Pengendali

**g.3.3 model unit sistem palang pintu kereta api**



Gambar 19. Model Unit Sistem Palang Pintu Kereta Api

**G.4. RANCANG BANGUN SISTEM PEMBUKA TUTUP BOTOL**

Blok sistem yang dikembangkan untuk sistem pembuka botol adalah:

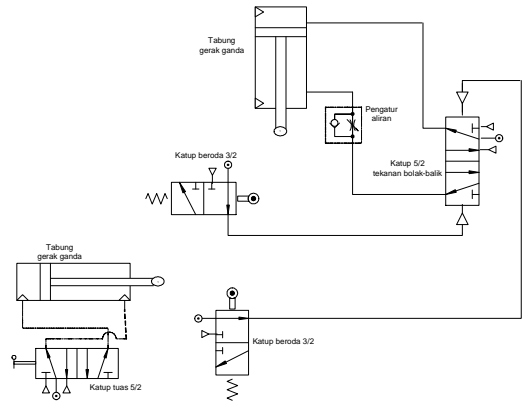
**Gambar 20. Blok Sistem Pembuka Tutup Botol**

Kaleng yang akan dibuka tutupnya diletakkan dalam penjepit setengah lingkaran yang tidak bergerak dan ditempatkan di atas papan persegi berukuran 15 x 15 cm terbuat dari multiplek sebagai tempat kaleng/botol. Botol kemudian dijepit dengan alat penjepit/pencekam yang berukuran setengah lingkaran yang dapat digerakkan dengan penggerak silinder/tabung pneumatik. Setelah itu tutup botol dibuka dengan menggunakan lubang pengungkit dengan sekali gerakan. Setelah tutup botol terbuka, pembuka kembali mundur ke posisinya seperti semula. Gerakan maju mundur pengungkit/pembuka ini digerakkan dengan menggunakan penggerak dari silinder/tabung pneumatik, dan dilanjutkan dengan penjepit yang mundur ke posisi semula.

Gerakan dari silinder pneumatik diawali dengan menekan tuas tombol on dan diakhiri dengan menekan tuas off.

Daftar tahapan kerja masing-masing silinder ;

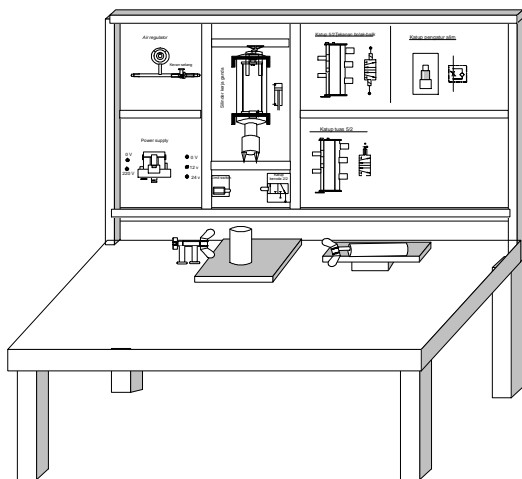
- o Silinder 1 maju menjepit kaleng
- o Silinder 2 maju membuka tutup botol
- o Silinder 2 mundur kembali ke posisi semula
- o Silinder 1 mundur kembali ke posisi semula



Komponen-komponen pneumatik dan elektrik yang dibutuhkan untuk merealisasi unit sistem pembuka tutup botol adalah:

1. Tabung gerak ganda (2 buah)
2. Katup 5/2 tekanan bolak-balik.
3. Katup 3/2 tuas rol/roda dengan kembali bebas.
4. Katup 2/2 beroda.
5. Katup tuas 5/2.
6. Katup pengatur aliran.
7. Motor listrik.

Gambar model atau desain modul rancang bangun modul pembuka tutup botol berbasis pneumatik adalah seperti pada gambar 21.



Gambar 21. Model Rancang Bangun Sistem Pembuka Tutup Botol

## H. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan dan saran didasarkan atas proses pengembangan modul-modul aplikasi sistem pneumatik untuk: pengampelas kayu, sistem palang pintu kereta api dan pembuka tutup botol .

Berdasarkan proses perencanaan dan pembuatan modul/alat sistem pneumatik, yang meliputi tahap analisis, perancangan, implementasi dan pengujian didapatkan beberapa simpulan sebagai berikut:

- a. Modul sistem pneumatik dirancang untuk memodelkan fungsi pneumatik yang diaplikasikan untuk modul-modul: pengampelas kayu, sistem palang pintu kereta api dan pembuka tutup botol.
- b. Perencanaan dan pembuatan modul sistem pneumatik dilakukan dengan menggunakan pendekatan-pendekatan teoritis sebelum tahap realisasi agar tidak banyak persoalan dan tidak menyita waktu pada saat diwujudkan.
- c. Pemahaman fungsi sistem pneumatik bagian per bagian secara detil sangat membantu dalam pengimplementasian rancangan sistem.
- d. Pengujian modul sistem dilakukan dengan *checklist form*. *Checklist form* berisi data-data tentang kondisi modul saat dijalankan, dimana pada pengujian ini akan bisa diketahui bagian-bagian sistem yang belum bekerja sesuai rencana untuk dasar perbaikan fungsi sistem.

Berdasarkan keterbatasan yang ada pada modul-modul yang telah dibuat, maka diberikan beberapa saran yang berguna untuk mengembangkan aplikasi sistem pneumatik. Saran-saran tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Aplikasi sistem pneumatik hanya dikembangkan untuk realisasi unit-unit yang sederhana dengan langkah-langkah atau variasi gerak pneumatik yang terbatas sehingga dalam hal ini masih dimungkinkan untuk dilakukan penambahan fungsi-fungsi gerak pneumatik yang lebih bervariasi dan lebih kompleks untuk mendapatkan unit/modul sistem pneumatik yang lebih aplikatif.
- b. Agar lebih aplikatif di masyarakat, sebaiknya hasil penelitian ini bisa diujicobakan langsung di masyarakat pengguna.

**I. DAFTAR PUSTAKA**

Danang Setiawan. 2004. *Skripsi: Rancang Bangun Alat Pembuka Tutup Botol dengan Sistem Pneumatis untuk Media Pembelajaran Sebagai Pengembangan Modul Gerak Otomatis*. Semarang: Teknik Elektro UNNES.

Law, Averill M. dan W. David Kelton. 1991. *Simulation Modeling and Analysis, Second Edition*. New York: McGraw-Hill Inc.

Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik, Jilid 1 & Jilid 2-Edisi Kedua*. Erlangga: Jakarta.

O'Kelly, Denis. 1991. *Performance and Control of Electrical Machines*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.

Pakpahan. S. 1994. *Kontrol Otomatik, Teori dan Penerapan*. Jakarta: Erlangga.

Patient, Peter, Roy Pickup dan Norman Powell. 1985. *Pengantar Ilmu Teknik-Pneumatika*. Jakarta: PT.Gramedia.

Slamet Eko. 2004. *Skripsi: Rancang Bangun Gerak Otomatis Palang Kereta Api Berbasis Sistem Pneumatis Sebagai Media Pembelajaran*. Semarang: Teknik Elektro UNNES.

Yan Berliantina. 2004. *Skripsi: Modul Rancang Bangun Mesin Pengampelas Kayu Berbasis Pneumatik Sebagai Media Pembelajaran*. Semarang: Teknik Elektro UNNES.

**Biografi**

Noor Hudallah, dosen Teknik Elektro UNNES