

# Rekayasa rancang bangun sistem pemindahan material otomatis dengan sistem elektro-pneumatik

Riccy Kurniawan

Jurusan Teknik Mesin Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

---

## Abstrak

*Dalam bidang perindustrian sekarang ini diperlukan suatu peralatan yang dapat bekerja secara otomatis untuk meningkatkan produktivitas, mempersingkat waktu produksi, menurunkan biaya produksi dan meniadakan pekerjaan-pekerjaan rutin dan membosankan yang harus dilakukan manusia. Salah satu alternatif yang dapat bekerja otomatis yaitu dengan menggunakan sistem pemindah material otomatis. Pada makalah ini akan dipaparkan mengenai perancangan sistem pemindah material otomatis yang menggunakan Programmable Logic Controller (PLC) sebagai pengendali, elektro-pneumatik sebagai aktuator dan dioperasikan secara otomatis. Hasil rancangan menunjukkan bahwa sistem ini memuaskan dan membutuhkan waktu 20 detik untuk melakukan satu siklus proses.*

*Kata kunci: Sistem elektro-pneumatik, pemindahan material*

## Abstract

*Nowadays, industrial field needs a device that can operate automatically to increase the productivity, less of production time; decrease production cost and eliminate the routine and boring operation that usually must be handled by mankind. One of solution alternative which can operate automatically is the use of automatic material handling system. This paper discussed the design of automatic material handling system by using Programmable Logic Controller (PLC) as controller, electro-pneumatic as actuator and the operation will be operated automatically. The result showed that this system was satisfied and needed 20 seconds in one cycle process.*

*Keywords: Electro-pneumatic system, material handling*

---

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin pesat dewasa ini mendorong manusia untuk terus berinovasi dalam menciptakan sarana dan prasarana, guna meningkatkan efisiensi dan efektivitas kerja. Pada teori pengembangan produk, satu hal yang harus diperhatikan adalah ikhwal tentang efisiensi, baik efisiensi waktu, efisiensi tenaga, maupun efisiensi biaya. Satu pilihan untuk meningkatkan efisiensi di atas adalah dengan menggunakan sistem otomatisasi. Suatu proses produksi yang menggunakan mesin produksi yang bekerja secara otomatis adalah pada proses pemindahan material.

Makalah ini akan memaparkan sebuah pemikiran yang bersifat pengembangan dalam ruang lingkup rekayasa teknik pada rancang bangun sebuah sistem yang bekerja secara otomatis dengan tujuan menghasilkan sistem yang dapat melakukan proses pemindahan material. Manfaat yang dapat diperoleh dari rancang bangun yang dihasilkan dapat disebarluaskan bagi pihak yang memerlukan, terutama bagi industri terkait.

Sebagai sumbang pemikiran kreativitas, dalam pengembangan rancangan, yang menjadi pusat perhatian adalah sistem dengan mekanisme yang dapat dihasilkan dengan objektif dapat memenuhi kebutuhan fungsional utama serta mudah untuk dioperasikan. Pada perancangan keseluruhan alat, aspek biaya material, komponen, peralatan, dan lain sebagainya tetap dipertimbangkan. Berdasarkan pertimbangan teknis, baik kelebihan maupun

kekurangan yang dimiliki, rancangan sistem otomatis menggunakan sistem elektro-pneumatik dengan kontrol PLC. Sebagai nilai tambah, rancangan diusahakan memerlukan ruang yang relatif kecil dan seluruh komponen memiliki kekuatan dan kekakuan yang memadai sebagai syarat konstruksi yang harus dipenuhi.

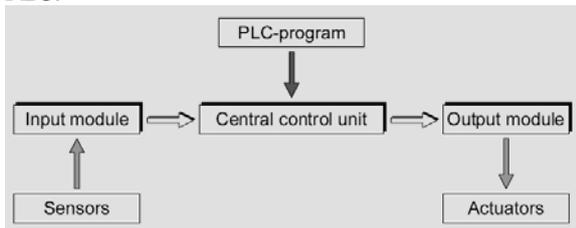
Rancangan yang dihasilkan dapat bermanfaat sebagai inovatif kian canggihnya peralatan di industri dan menambah kekayaan khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi di dunia pendidikan tinggi teknik. Suatu aspek rekayasa yang cukup menarik untuk dikaji adalah dalam kegiatan perancangan teknik yang merupakan kegiatan kreatif yang dilandasi oleh pemahaman yang baik atas bidang keilmuan, pengetahuan praktis serta pengalaman dalam bidang khusus atau tertentu, yang terakhir ini bersifat pragmatis dalam arti solusi terbatas untuk menyelesaikan masalah yang sangat mungkin muncul saat perwujudan model hasil rancangan.

## 2. Dasar Teori

Teori dasar yang terkait dalam sistem pemindahan material otomatis adalah teori pneumatik dan teori kontrol otomatis. Sistem pneumatik adalah sistem yang menggunakan tenaga yang disimpan dalam bentuk udara yang dimampatkan serta dimanfaatkan untuk menghasilkan kerja. Komponen-komponen yang digunakan dalam sistem pneumatik adalah kompresor, *reservoir*, *air service unit*, katup yang

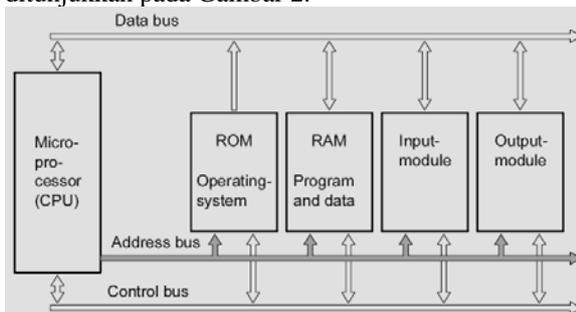
mencakup katup pengatur arah, katup pengatur laju aliran, dan katup pengatur tekanan, aktuator baik gerakan linier maupun gerakan rotasi, dan pada akhirnya digunakan sensor untuk pendeteksian pada proses.

Pengontrolan proses pada sistem akan memanfaatkan PLC yang dapat mengintegrasikan berbagai macam komponen menjadi sistem kontrol terpadu dan mudah dimodifikasi tanpa menggantikan instrumen yang telah ada. PLC adalah suatu perangkat yang dapat diprogram yang digunakan untuk mengontrol proses. PLC terdiri dari komponen utama yaitu *Central-Control Unit*, *I/O Unit*, *Programming Console*, *Mounting Assembly*, dan catu daya. Gambar 1 menunjukkan sistem komponen PLC.



**Gambar 1. Sistem komponen PLC [3]**

*Central-Control Unit* merupakan unit pusat pengolahan data yang digunakan untuk melakukan proses pengolahan data dalam PLC. Pada dasarnya *Central-Control Unit* merupakan sebuah mikroprosesor yang terdiri dari *Arithmetic- Logic Unit*, *Control Unit*, dan sejumlah memori unit yang disebut register. Tugas *Arithmetic-Logic Unit* adalah melakukan operasi aritmatika penjumlahan, perkalian, pengurangan, dan lainnya serta operasi logika seperti OR, AND, NOT, dan sebagainya. Ilustrasi disain dari sebuah mikrokomputer ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Disain mikrokomputer [3]**

Pemrograman pada PLC disusun secara sistematis, terstruktur dengan baik. Prosedur pembuatan program kontrol senantiasa mempertimbangkan rumusan atau gambaran masalah, *allocation-list* yang berupa kondisi-kondisi program, selanjutnya pembuatan program kemudian pemindahan program ke dalam *controller*. Program pada PLC pada dasarnya adalah pemrosesan sinyal-sinyal pada masukan dan keluaran berupa sinyal biner. Kontrol pada proses merupakan proses berurutan yang mengontrol proses selanjutnya tidak akan dikerjakan jika proses sebelumnya belum selesai dikerjakan.

### 3. Proses Perancangan

Perancangan sistem dimulai dengan proses pemindahan benda kerja dari tempat awalnya menuju ke *conveyor* untuk dilakukan proses pengecapan untuk benda logam. Sedangkan apabila material benda kerja adalah non-logam maka benda kerja akan didorong keluar dan tidak dilakukan proses pengecapan.

Konsep perancangan sistem disusun sesuai metode VDI 2221[1] sebagai berikut:

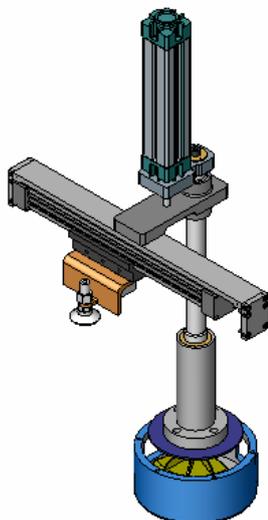
- Geometri
  - Panjang 900 – 1000 mm
  - Lebar 400 – 500 mm
  - Tinggi 700 – 800 mm
  - Bentuk rancangan hemat material dan tempat.
- Material
  - Komponen tidak mudah rusak
  - Mudah diperoleh dan murah
  - Mudah dibentuk dan dikerjakan
- Kinematika
  - Komponen dapat bergerak rotasi.
  - Sebagian komponen bergerak translasi.
  - Beberapa komponen terpasang tetap
- Gaya
  - Kekakuan tinggi
  - Menggunakan kompresor udara.
- Energi
  - Energi berasal dari pneumatik
- Sinyal
  - Menggunakan PLC untuk pengontrolan proses
- Ergonomi
  - Nyaman dalam pengoperasian

Langkah selanjutnya menentukan struktur fungsi yang memiliki definisi sebagai hubungan secara umum antara masukan dan keluaran dari mekanisme untuk menjalankan suatu fungsi pekerjaan tertentu, sedangkan fungsi keseluruhan adalah kegunaan mekanisme tersebut. Fungsi keseluruhan ini kemudian diuraikan menjadi beberapa sub fungsi sehingga diperoleh suatu definisi yang jelas dari sub fungsi yang ada terhadap sub fungsi yang baru dikembangkan sehingga keduanya dapat diuraikan secara terpisah. Dari analisis sub fungsi antara masukan dan keluaran berupa aliran energi dan sinyal, dapat ditentukan fungsi-fungsi yang menyusun sistem.

Setelah dibuat struktur fungsi keseluruhan dari sub fungsinya, maka selanjutnya dicari prinsip-prinsip solusi untuk memenuhi sub fungsi tersebut. Evaluasi akhir adalah tindakan yang dilakukan untuk memperoleh nilai kegunaan atau kelebihan dari solusi berkenaan dengan objek yang diberikan. Dengan membuat pohon objektif dan penilaian disertai dengan faktor-faktor pertimbangan atas varian yang muncul diperoleh varian terbaik menurut perancang.

Pada bagian pemindahan material ini, benda kerja diletakkan pada tempatnya dan silinder akan

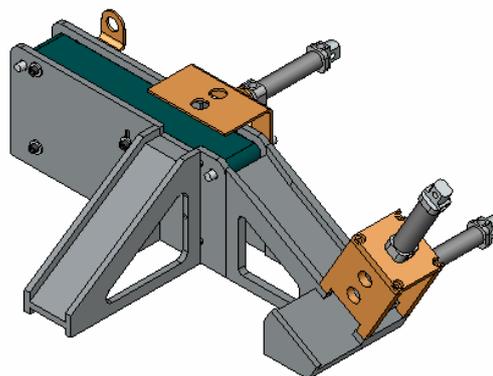
turun untuk mengambil benda kerja. Setelah silinder bergerak ke atas kembali maka aktuator rotari akan berputar 90 derajat untuk meletakkan benda kerja ke *conveyor*. Gambar 3 menunjukkan skema unit pemindahan material.



**Gambar 3. Unit pemindahan material**

Komponen yang digunakan pada unit pemindahan material antara lain sebuah silinder pneumatik kerja ganda dengan diameter 32 mm dan panjang langkah 150 mm, silinder *rodless* dengan diameter 20 mm dan panjang langkah 250 mm, aktuator rotari dengan sudut putar 90 derajat, katup solenoid 5/3, katup solenoid 3/2, *suction cup*, *vacuum generator*, dua buah katup solenoid 5/2, lima buah *reed switch* sensor dan lima buah *limit switch*.

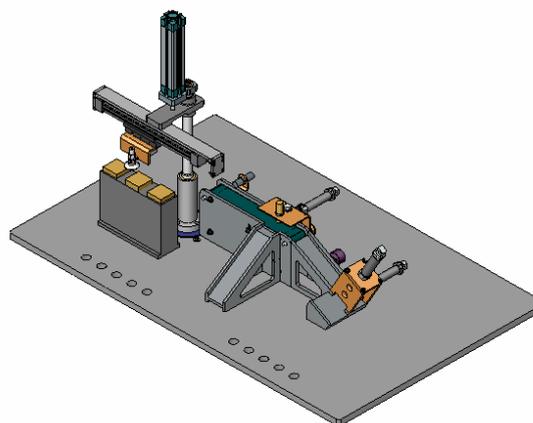
Pada saat benda kerja sudah berada di *conveyor* maka *conveyor* akan bergerak maju dan berhenti pada lokasi dimana akan dilakukan proses pemilahan antara benda logam dan non-logam dengan menggunakan sensor induktif. Apabila material benda kerja adalah non-logam maka benda kerja akan didorong keluar dari unit pengecapan, sedangkan apabila material benda kerja adalah logam maka *conveyor* akan bergerak maju hingga benda kerja berada pada lokasi pengecapan. Setelah benda kerja berada pada lokasi pengecapan maka silinder akan bergerak turun untuk melakukan proses pengecapan. Benda kerja akan didorong keluar setelah proses pengecapan selesai. Gambar 4 menunjukkan skema unit pengecapan material.



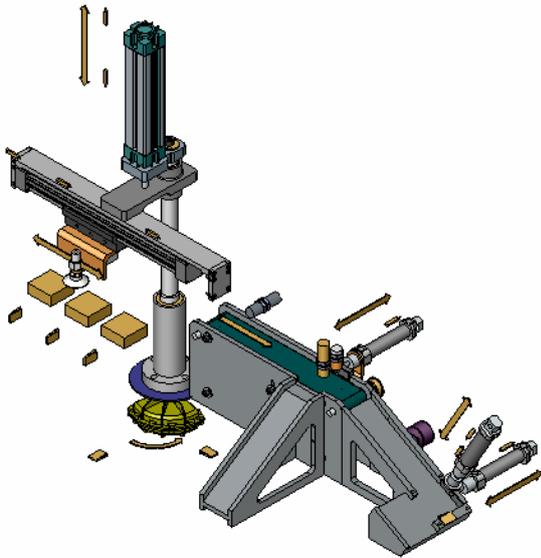
**Gambar 4. Unit pengecapan material**

Komponen-komponen yang digunakan pada unit pengecapan antara lain sebuah *conveyor*, silinder pneumatik kerja ganda dengan diameter 25 mm dan panjang langkah 50 mm, *limit switch*, sensor proksimitas induktif, dua buah silinder pneumatik kerja ganda dengan diameter 20 mm dan panjang langkah 20 mm, sensor proksimitas kapasitif, tiga buah katup solenoid 5/2, dan 6 buah *reed switch* sensor.

Gambar 5 dan 6 menunjukkan skema sistem secara keseluruhan dan rancangan detail sistem terintegrasi.



**Gambar 5. Skema sistem secara keseluruhan**



Gambar 6. Rancangan detail sistem terintegrasi

Pada sistem pemindahan material ini ada beberapa tombol yang digunakan dalam pengoperasian oleh operator. Adapun tombol yang digunakan antara lain:

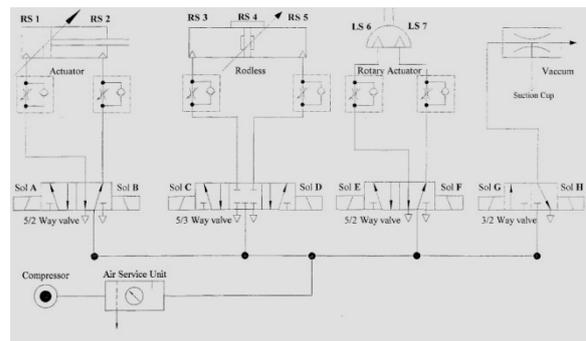
- Tombol *start*  
Digunakan untuk memulai atau menjalankan siklus kerja dari program yang telah dibuat sehingga alat dapat berfungsi dengan benar sesuai dengan proses kerja alat
- Tombol *stop*  
Digunakan untuk menghentikan siklus kerja dari program yang telah dibuat sehingga alat dapat berhenti beroperasi bila telah mencapai akhir dari siklus
- Tombol *emergency stop*  
Digunakan untuk menghentikan semua langkah kerja dan operasi proses jika selama proses berlangsung terjadi hal yang tidak diinginkan
- Tombol *continue*  
Digunakan untuk melanjutkan langkah kerja yang telah dihentikan pada saat menekan tombol *emergency stop*.
- Tombol *reset*  
Digunakan untuk mengembalikan sistem pada keadaan awal.

#### 4. Analisis Hasil Rancangan

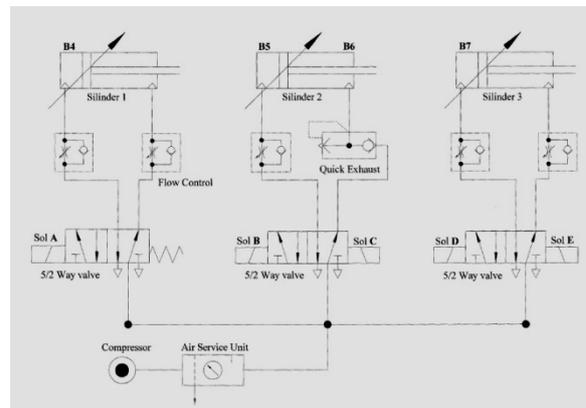
Rancangan bentuk komponen dari sistem dengan struktur maupun mekanisme yang diperlukan telah dibuat sesederhana mungkin, namun pada umumnya sistem tersebut relatif cukup rumit, oleh sebab itu dilakukan banyak perubahan dan penyesuaian baik dari segi disain bentuk, maupun disain kinematik untuk lebih menyederhanakan mekanisme tersebut tanpa mengurangi tujuan memenuhi kebutuhan objektif fungsionalnya. Seluruh komponen dianalisis kekuatan dan kekakuannya untuk memperoleh kepastian aman

untuk digunakan. Gambar 7 dan 8 menunjukkan diagram rangkaian pneumatik untuk unit pemindahan dan pengecapan material serta Gambar 9, 10 dan 11 menunjukkan *step diagram* untuk proses pemindahan material dan pengerjaan untuk benda non logam dan benda logam.

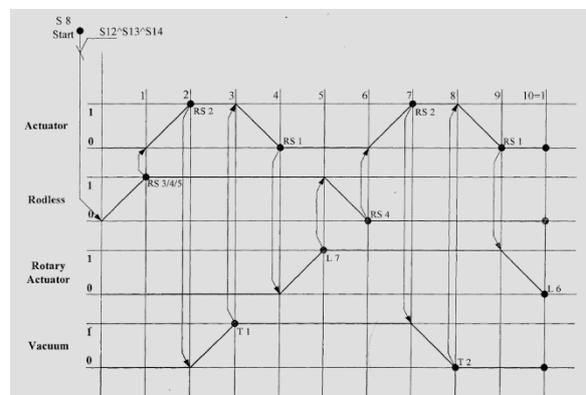
Agar hasil rancangan alat sesuai dengan yang alat sesuai dengan hasil perancangan maka perlu dilakukan proses pengujian. Kesalahan maupun kegagalan dari program akan menyebabkan alat tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian program dilakukan dengan pengecekan fungsi tombol. Hasil dari pengujian program dapat dilihat pada Tabel 1.



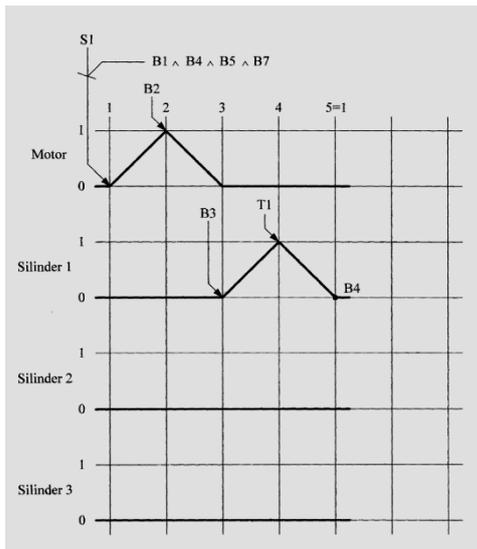
Gambar 7. Diagram pneumatik unit pemindah



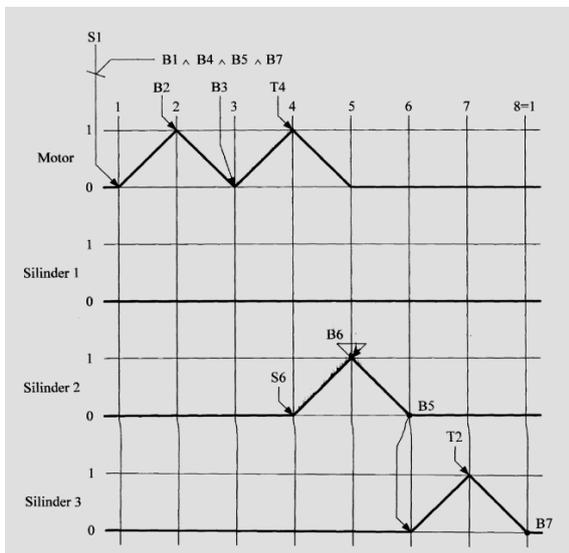
Gambar 8. Diagram pneumatik unit pengecapan



Gambar 9. Step diagram unit pemindah material



**Gambar 10. Step diagram proses pengerjaan untuk benda non logam**



**Gambar 11. Step diagram proses pengerjaan untuk benda logam**

Dengan hasil yang didapat setelah beberapa tahapan pengujian, maka program dinyatakan baik dan dapat digunakan pada sistem. Uji program adalah hal yang penting dalam membuat sistem. Hal penting yang harus diuji setelah uji program adalah pengujian sistem pneumatik dari alat tersebut.

Pengujian sistem pneumatik dilakukan untuk mengetahui tekanan yang sesuai untuk alat tersebut. Pengujian alat dilakukan dengan pengaturan *air service unit* dari tekanan 0 sampai 8 bar. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 1. Hasil uji program**

Pengamatan	Hasil
Sistem tidak bekerja sebelum tombol <i>start</i> ditekan	Benar
Alat bekerja secara kontinu setelah tombol <i>start</i> ditekan	Benar
Bila tombol <i>stop</i> ditekan setelah <i>start</i> , sistem akan bekerja untuk satu siklus, setelah itu berhenti	Benar
Tombol <i>emergency stop</i> dapat dioperasikan setiap saat pada kondisi kerja.	Benar
Bila tombol <i>emergency stop</i> tertekan, sistem berhenti bekerja, silinder kembali ke posisi semula, dan semua tombol tidak berfungsi	Benar
Bila tombol <i>emergency stop</i> dilepas setelah ditekan, sistem tidak akan bekerja bila langsung ditekan <i>start</i>	Benar
Bila tombol <i>emergency stop</i> dilepas setelah ditekan, tombol <i>reset</i> harus ditekan untuk me- <i>reset</i> program	Benar
Setelah di- <i>reset</i> sistem dapat bekerja kembali setelah tombol <i>start</i> ditekan	Benar

**Tabel 2. Hasil uji alat**

Tekanan (bar)	Hasil
0	Sistem tidak bekerja
2	Sistem bekerja tersendat
4	Sistem bekerja agak tersendat
6	Sistem bekerja agak cepat
8	Sistem bekerja terlalu cepat

Dengan hasil yang didapat setelah beberapa tahapan pengujian, maka tekanan yang diambil adalah 6 bar karena dengan tekanan tersebut sistem dapat bekerja dengan baik.

Dari hasil uji coba dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang dapat bergerak dan berfungsi dengan baik dan sesuai rancangan.

### 5. Kesimpulan

Setelah menilik telaah konsep rancangan, kemudian diwujudkan pembuatannya hingga pada pengujian operasional sistem, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Rancangan yang dihasilkan selanjutnya diwujudkan atau dirakit sesuai rancangan detail, ternyata mekanisme dapat berfungsi dengan baik sebagai sistem pemindahan material otomatis ; memerlukan waktu 20 detik untuk satu siklus proses.
- Parameter geometri rancangan dengan panjang 935 mm, lebar 435 mm, dan tinggi 735 mm dapat terpenuhi dan memenuhi standar kerja yang nyaman serta bentuk rancangan hemat

material, dalam arti penggunaan material relatif sedikit.

- Gaya yang diperlukan untuk pengoperasian hanya menekan tombol kontrol sebagai sinyal ke penggerak.
- Dalam hal perakitan, massa dan geometri mekanisme mudah dibongkar-pasang, sebagai nilai tambah ukurannya yang relatif tidak terlalu besar dan mudah untuk dipindahkan.
- Ditinjau dari segi estetika, patut diakui bahwa penampilan yang tidak terlalu baik terutama pada permukaan, hal ini disadari memang tidak dituntut estetika yang baik, mengingat sistem ini digunakan pada bidang industri dan tidak untuk dilihat oleh publik.

#### Daftar Pustaka

- [1] Pahl, G. & Beitz, W, 2006, *Engineering Design: A Systematic Approach*, The Design Council, London.
- [2] Ullman, D.G, 1997, *The Mechanical Design Process*, second edition, McGraw-Hill, New York.
- [3] Bliesener, R, et. al. 2002, *Programmable Logic Controllers*, Festo Didactic GmbH, Denkendorf.
- [4] Marion, Green, 2004, *Rancang Bangun Alat Pemindah dan Pengerjaan Stempel Pada Benda Kerja dengan Sistem Pneumatik*, Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unika Atma Jaya, Jakarta