

Desain dan Implementasi Prototipe Sistem Otomasi Pencelup *Mould Bag*

R. MULTISARI, M. ICHWAN, H.H.RACHMAT

1. Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung
 2. Jurusan Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung
- Email: hendi.hr@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini diimplementasikan prototipe sistem otomatis pencelup cetakan karet bladder sphygmomanometer (mould bag) untuk menggantikan sistem manual guna mengurangi persentase kegagalan produksi yaitu 35% dari setiap satu produksi 20 buah mould bag. Pada sistem ini, pneumatic air hydro, cylinder tank, speed control dan dua solenoid valve digunakan untuk mengatur waktu, jarak dan kecepatan pencelupan pengait mould bag (shaft) ke dalam cairan latex agar bergerak halus, cepat dan kokoh selama melaksanakan prosedur standar produksi. Penyaluran oli dan udara antara pneumatic air hydro dan cylinder tank dimanfaatkan untuk menggerakkan shaft secara vertikal melalui pengaturan dua solenoid valve menggunakan smart relay. Kecepatan pergerakan shaft dikontrol melalui pengaturan jumlah putaran pneumatic speed control. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pneumatic air hydro dengan diameter cylinder=140 mm dan tinggi cylinder=114 cm diperlukan untuk merealisasikan sistem pencelup mould bag dengan berat beban total ± 9 ton. Pneumatic speed control harus diputar 10 putaran untuk menggerakkan shaft sejauh 80cm ($t=10$ detik) dan 4 putaran untuk menggerakkan shaft sejauh 20 cm ($t=20$ detik). Sistem dapat dikembangkan untuk melaksanakan seluruh prosedur produksi secara otomatis (termasuk otomatisasi speed controller) agar menghasilkan karet bladder dengan ketebalan yang ditentukan.

Kata kunci: karet bladder, mould bag, otomatis, prototipe, sistem pencelup

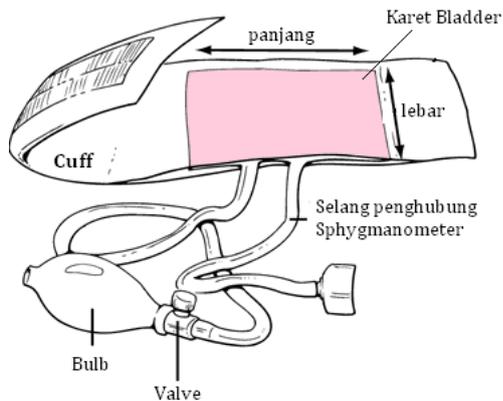
ABSTRACT

A prototype of an automatic bladder mould of sphygmomanometer (mould bag) dipping system was implemented in this research to change a manual system in order to minimize a production failure percentage of 35% from each production of 20 mould bags. Pneumatic air hydro, cylinder tank, pneumatic speed control and two solenoid valves were used to control time, length and speed of a mould bag hook (a shaft) into latex liquid with smooth movement, fast response and tough construction during conducting a standard production procedure. The air and oil flows between pneumatic air hydro and cylinder tank was controlled by smart relay-based solenoid valves to move the shaft vertically. Furthermore, the shaft speed was adjusted by the speed controller. The results showed that the pneumatic air hydro with diameter and length cylinder of 140 mm and 114 cm, respectively, is required to implement the dipping system to hold a total weight of ± 9 ton. The speed control should be rotated of 10 rotations and 4 rotations to move the shaft of 80 cm in 10 seconds and 20 cm in 20 seconds, respectively. System can be further developed to conduct all production procedures automatically (including speed controller) for yielding the standard bladder.

Keywords: automatic, bladder rubber, dipping system, mould bag, prototype

1. PENDAHULUAN

Karet *bladder* adalah suatu kantung karet yang terdapat pada alat tensimeter darah (*Sphygmomanometer*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1(a). *Bladder* diproduksi dengan berbagai jenis ukuran standar yang disesuaikan dengan ukuran lengan penggunaannya. Ukuran standar *bladder* (panjang x lebar) yang umum digunakan adalah: standar N, I, dan C digunakan untuk bayi sampai remaja, standar A digunakan untuk orang dewasa, sedangkan standard X dan T biasa digunakan oleh orang dewasa yang berbadan besar seperti pegulat atau atlet bina raga.



(a)

(b)

**Gambar 1.(a) Bagian-bagian dari *Sphygmomanometer*(Nurse with a smile, 2014).
(b)Contoh *mould bag* dengan berbagai ukuran berbahan alumunium**

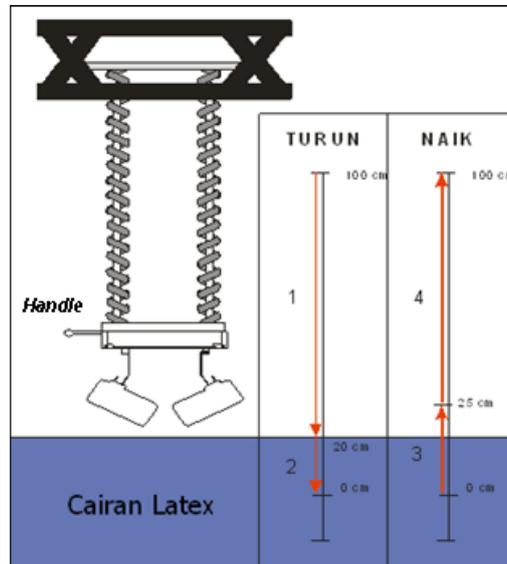
Selain ukuran standar *bladder* yang harus diperhatikan, ketebalan karet *bladder* juga menjadi faktor lain yang harus menjadi perhatian. Ketebalan karet *bladder* ini akan mempengaruhi elastisitas *bladder* saat proses pengukuran tekanan darah. Maka dari itu ditetapkan ketebalan *bladder* 1–1.5 mm sebagai standarisasi ketebalan *bladder* dimana standar ini dibuat berdasarkan penelitian antara sensitivitas respon denyut nadi dan ketahanan terhadap tekanan 300 mmHg.

Dalam industri pencetakan karet *bladder*, cetakan *bladder* atau disebut juga *mould bag*, seperti pada Gambar 1(b), dimasukkan ke dalam cairan latex sedalam 20 cm. Kemudian proses dilanjutkan dengan mengangkat seluruh *mould bag* tersebut agar diperoleh ketebalan karet yang telah ditentukan. Beban total dari alat pencetakan ini akan mencapai lebih kurang seberat 9 ton dalam aplikasi sebenarnya.

Berdasarkan hasil pengujian secara manual yang dilakukan secara berulang-ulang, diperoleh suatu prosedur produksi yang optimal terutama dalam pengaturan waktu dan kecepatan pencelupan dan pengangkatan *mould bag* dari cairan latex. Prosedur pengaturan waktu dan kecepatan proses pencelupan dan pengangkatan dibagi menjadi empat tahap (Gambar 2) yaitu:

1. Pertama-tama *mould bag* diturunkan sejauh 80 cm dimulai dari titik 100 cm sampai 20 cm dalam waktu 10 detik (kecepatan 1 = 8 cm per detik).
2. Pada titik 20 cm yaitu pada saat *mould bag* akan mulai memasuki cairan latex maka kecepatan akan diturunkan dan waktu yang dibutuhkan 20 detik (kecepatan 2 = 1 cm per detik) untuk sampai pada dasar kedalaman cairan latex (0 cm). *Mould bag* dibiarkan selama 5 detik sampai kemudian dilakukan pengangkatan selama 15 detik sampai jarak 25 cm dari dasar kedalaman cairan latex (kecepatan 3 \approx 1.67 cm per detik).
3. Pada kondisi ini *mould bag* akan mengalami penirisan atau diam selama 10 detik.

4. Tahap akhir proses pencelupan yaitu mengangkat *mould bag* sampai ke titik 100 cm (sisa jarak = 75 cm) dalam waktu 10 detik (kecepatan = 7.5 cm per detik).



Gambar 2. Tahapan prosedur pencelupan dan pengangkatan *mould bag*

Pada saat ini, pelaksanaan prosedur produksi *mould bag* masih dilakukan secara manual di mana seorang operator berdasarkan *timer* akan menurunkan dan menaikkan *handle* mesin *mould bag* (Gambar 2). Dengan prosedur ini, hasil produksi *bladder* sering mengalami perbedaan ketebalan. Hal ini dipengaruhi oleh ketidak konsistenan dan tidak akuratnya prosedur menurunkan dan menaikkan *mould bag* yang disebabkan keterbatasan kemampuan seorang operator untuk memperkirakan waktu dan kecepatan yang harus dilakukan selama pelaksanaan tahapan proses produksi. Persentase kegagalan dari satu kali proses produksi dapat mencapai 35% yaitu 7 dari 20 *bladder* mengalami perbedaan ketebalan (data berdasarkan divisi *Quality Control* PT.X).

Dengan menganalisa tahapan prosedur produksi, terdapat beberapa parameter penting pada prosedur tersebut yang perlu diperhatikan yaitu pengaturan waktu, jarak, kecepatan, pergerakan mesin serta beban total sistem pencelup yang mencapai lebih kurang 9 (sembilan) ton. Setelah diketahui prosedur kerja sistem manual serta parameter-parameter yang harus diperhatikan, maka dirancang suatu sistem otomatis yang bertujuan mengganti sistem manual agar bekerja lebih baik dan lebih akurat, sehingga dapat mengurangi kegagalan pada proses produksi. Perancangan sistem pencelup ini sangat bersifat unik untuk setiap industri. Hal ini dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya jumlah *mould bag* yang dicelupkan dalam satu siklus proses produksi atau komponen sistem yang dipergunakan.

Pada sistem otomatis ini, *speed control* akan digunakan untuk mengendalikan kecepatan laju alat pencelup (sebagai aktuator) dalam proses pencelupan dengan mengatur banyaknya bukaan kepala potensio pada *speed control* tersebut. Dan untuk menghasilkan sistem (mesin) dengan pergerakan yang halus, respon yang relatif cepat dari setiap pergantian kecepatan (*speed*) serta kokoh untuk menahan beban hingga lebih kurang 9 (sembilan) ton, maka dipergunakan sistem mekanik berbasis *pneumatic air hydro*.

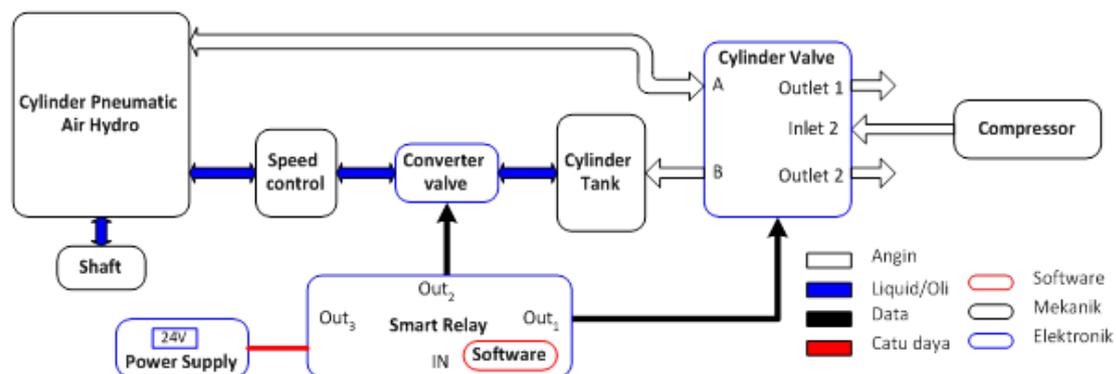
Sistem *pneumatic air hydro* merupakan jenis *pneumatic* yang memanfaatkan udara dan oli untuk menghasilkan daya dorongnya. Sistem ini telah banyak diaplikasikan pada dunia industri dan manufaktur seperti industri: pengolahan logam, farmasi, kertas, makanan,

kimia, rokok, sepatu, serta manufaktur mesin dan manufaktur auto (**Muachir, 2012**). Sistem ini memiliki beberapa keunggulan (**BalTec, 2004**) yaitu hanya dioperasikan dengan udara tanpa unit daya hidrolik, gaya yang dihasilkan relatif besar, pergerakannya cepat, mudah dalam pemeliharaan karena adanya pemisahan ruang antara udara dan oli serta desain yang relatif kompak.

Pada penelitian awal ini akan difokuskan untuk melakukan perancangan dan implementasi prototipe sistem pencelup *mould bag* sebanyak 20 buah yang bekerja secara otomatis. Pada prototipe sistem pencelup ini hanya akan diimplementasikan prosedur untuk mencelupkan *mould bag* ke dalam cairan latex dan belum mencakup prosedur pengaturan pengangkatan *mould bag* dari cairan latex. Dikarenakan terdapat berbagai jenis ukuran *bladder*, maka pada penelitian ini juga hanya difokuskan pada *bladder* untuk ukuran orang dewasa yaitu standar A dengan ukuran 246 x 146 (± 12) mm.

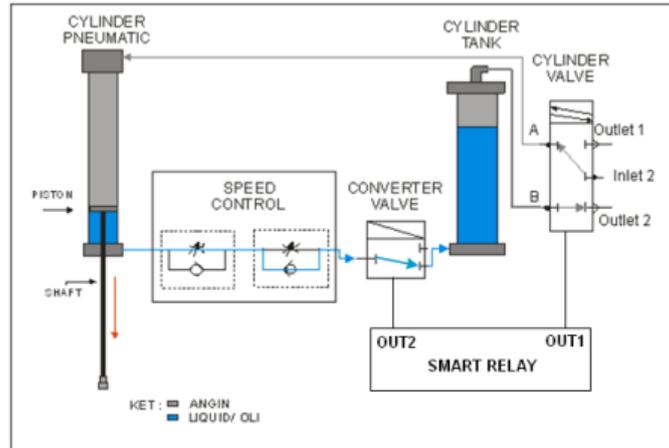
2. MATERIAL DAN METODA

Perancangan sistem ini meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras yang direalisasikan terdiri dari perangkat mekanik dan perangkat elektronik. Pada Gambar 3 diperlihatkan blok diagram perancangan sistem pencelup *mould bag* yang terdiri dari *compressor*, *cylinder valve*, *cylinder tank*, *converter valve*, *speed control*, sebuah motor DC, modul sensor berupa *optocoupler* dan *rotary encoder*, modul kontrol berupa *smart relay*, modul penggerak berupa *cylinder pneumatic air hydro* dan *shaft* serta modul *power supply*.



Gambar 3. Blok diagram alat pencelup otomatis *mould bag* berbasis *smart relay*

Gambar 4 menjelaskan modul penggerak bekerja pada saat proses pencelupan *mould bag* dengan cara menurunkan *shaft*. Proses diawali dengan masuknya udara bertekanan dari *compressor* melalui input (*Inlet 2*) dari modul *cylinder valve*. Selanjutnya udara dialirkan melalui output *A cylinder valve* yang dikontrol oleh modul *smart relay*. Angin bertekanan akan masuk pada modul *cylinder pneumatic air hydro* dan mendorong piston dengan menekan ruang oli. Bersamaan dengan itu modul *converter valve* dibuka melalui pengontrolan modul *smart relay*, sehingga oli akan mengalir melewati modul *speed control*. Pada modul *speed control* inilah terjadi proses pengendalian kecepatan pergerakan vertikal *shaft* melalui pengendalian aliran oli berdasarkan besarnya bukaan saluran *speed control*. Besarnya (jumlah putaran) *speed control* ini yang akan diuji terhadap kecepatan pergerakan *shaft* (panjang *shaft* dan waktu aktif sistem).



Gambar 4. Proses modul penggerak dalam menurunkan *shaft* pada *cylinder pneumatic*

2.1. Perancangan dan realisasi perangkat keras

Sistem perangkat keras terdiri dari dua sistem yaitu sistem mekanik dan sistem elektronik. Sistem mekanik meliputi *compressor*, *cylinder tank*, modul penggerak berupa *cylinder pneumatic air hydro* dan *shaft*, dan komponen *pneumatic speed control*. Bagian sistem elektronik terdiri dari *cylinder valve*, *converter valve*, modul kontrol berupa *smart relay* serta modul *power supply*.

2.1.1. Sistem Mekanik

Perancangan mekanik diawali dengan penentuan spesifikasi komponen yang diperlukan pada sistem ini, yaitu:

A. *Compressor*

Pada sistem ini *compressor* difungsikan sebagai sumber penghasil gas atau udara dengan mengalirkan angin bertekanan sebesar 6 bar atau 600000 N/m^2 untuk mendorong oli dan menekan piston pada *cylinder tank* dan *cylinder pneumatic air hydro*. *Compressor* akan mengalirkan angin melalui *cylinder valve* sebagai pengatur alirannya.

B. *Cylinder Tank*

Cylinder tank merupakan tangki penampung udara dan oli yang berasal dari sirkulasi *cylinder pneumatic air hydro* dimana didalamnya terdapat piston yang dapat bergerak sesuai pergerakan *shaft*. Pergerakan piston *cylinder tank* berbanding terbalik dengan *cylinder pneumatic*. Pada saat *shaft cylinder pneumatic* turun maka oli yang terdapat pada *cylinder pneumatic* akan bergerak menuju *cylinder tank* dan menekan piston pembatas sehingga piston tersebut mendorong angin yang ada di sisi lain dari *cylinder tank* dan membuang angin yang ada melalui *cylinder valve*.

C. Modul Penggerak

Komponen yang digunakan dalam modul penggerak pada alat ini terdiri dari *cylinder tank*, *cylinder pneumatic air hydro* dan *shaft*. Modul penggerak ini dikontrol dengan dua buah *solenoid valve* yaitu *cylinder valve* dan *converter valve*. Fungsi dari *solenoid valve* sebagai pengatur aliran angin bertekanan yang digunakan oleh *cylinder pneumatic* untuk menggerakkan *shaft*.

Dikarenakan beban pada sistem ini bisa mencapai lebih kurang 9 (sembilan) ton, maka perlu dilakukan perhitungan spesifikasi diameter *cylinder pneumatic* untuk menahan beban dan menghasilkan gaya dorong yang sebanding yaitu sebagai berikut:

Perhitungan diameter *cylinder pneumatic* (ds)

Untuk menghitung diameter *cylinder pneumatic*, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$ds^2 = \frac{F+R}{7.86 \cdot (P)} \quad (1) \text{ (Sumarman, 2012)}$$

dimana:

- ds = diameter *cylinder* [m]
- F = gaya yang dibutuhkan piston adalah
F = m x g
Dengan massa (m) = 9000 kg dan gaya gravitasi (g) = 9.8 m/s², maka diperoleh:
F = 9000 kg x 9.8 m/s² = 88200 kg. m/s² = 88200 N
- R = gesekan pada piston = 5% x F = 5% x 88200 N = 4410 N
- P = Tekanan kerja untuk *pneumatic*. Rata-rata menggunakan 6 bar = 600000 N/m²

Sehingga :

$$ds^2 = \frac{F+R}{7.86 \cdot (P)} = \frac{88200 + 4410}{7.86 \cdot (600000)} \approx 0.0196 \text{ m}^2$$

$$ds \approx 0.14 \text{ m} = 140 \text{ mm}$$

Jadi untuk kapasitas beban sebesar lebih kurang 9 ton diperlukan diameter *cylinder* sebesar 140 mm dengan diameter *shaft* sebesar 60 mm sesuai dengan standarisasi *pneumatic*.

Perhitungan gaya efektif piston (Fa)

Dengan menentukan diameter *cylinder* (ds) sebesar 140 mm maka gaya efektif piston pada saat menurunkan shaft dapat dihitung dengan persamaan (2) sebagai berikut:

$$Fa = A \times P \quad (2) \text{ (Festo, 2012)}$$

dimana :

- Fa = gaya efektif piston saat turun
- A = luas penampang *cylinder pneumatic* = $\pi/4 \times ds^2 = 0.015386 \text{ m}^2$
- P = tekanan kerja *pneumatic* = 6 bar = 600000 N/m²

Sehingga :

$$Fa = A \times P = 0.015386 \text{ m}^2 \times 600000 \text{ N/m}^2 = 9231 \text{ N}$$

Gaya turun piston *cylinder pneumatic* yang dilengkapi dengan *shaft* tersebut, diimplementasikan pada sistem ini untuk mencelupkan *mould bag* ke dalam cairan latex. Pengaturan lamanya proses pencelupan akan diatur sesuai *timer* yang terdapat dalam *smart relay*. Selain mengatur *timer*, *smart relay* tersebut mengatur *solenoid valve* dan *cylinder valve*. *Solenoid valve* akan diberikan perintah membuka atau menutup aliran oli. Tertutupnya aliran *solenoid valve* terjadi pada saat kondisi berhenti "off" dan *hold*. Jadi spesifikasi *cylinder pneumatic* yang digunakan adalah:

- diameter *cylinder* (ds) = 140 mm
- diameter piston (dp) = 139.79 mm (diukur dari *cylinder pneumatic* pada diameter 140 mm)

- tinggi *cylinder* = 114 cm = 1.14 m, dengan panjang jangkauan kerja 100 cm

D. Modul *speed control*

Modul *speed control* ini berfungsi sebagai pengendali kecepatan pergerakan vertikal *shaft* pada *cylinder pneumatic*, dimana kecepatan dari *shaft* tersebut dipengaruhi oleh angin bertekanan yang mendorong oli. Pada alat ini digunakan dua buah *speed control* dimana setiap *speed control* dipersiapkan untuk arah yang berbeda yaitu arah turun dan arah naik. Dengan digunakan dua buah *speed control* maka akan memudahkan dan mempercepat proses pemutaran kepala saluran sesuai dengan tugas masing-masing.

Pada Gambar 5(a) digambarkan aliran oli pada saat *shaft* dalam keadaan turun, dimana oli yang berasal dari *cylinder pneumatic* akan melewati bagian potensio mekanik karena tidak dapat melewati saluran katup, kemudian melewati *speed control* kedua. Pada *speed control* kedua, oli dapat melewati bagian katup dan masuk ke dalam *cylinder tank*.

Salah satu bagian dari *speed control* yang digunakan untuk mengatur besarnya bukaan dari lubang oli yaitu potensio mekanik. Pengaturan besarnya bukaan dilakukan dengan cara memutar kepala saluran. Pada prototipe sistem ini, pemutaran kepala saluran *speed control* masih dilakukan secara manual. Kepala potensio ini dapat diputar sebanyak 10 kali putaran ($10 \times 360^\circ$). Dengan skala putaran yang telah ditentukan oleh kemampuan kepala saluran maka proses pencelupan *mould bag* dapat diatur waktu dan posisi pencelupan sesuai dengan prosedur pencelupan *mould bag*. Jika dilihat berdasarkan pengaturan *speed control*, maka pengaturan kecepatan urutan prosedur pencelupan *mould bag* yang disesuaikan menurut waktu dan jaraknya dapat disusun sebagai berikut:

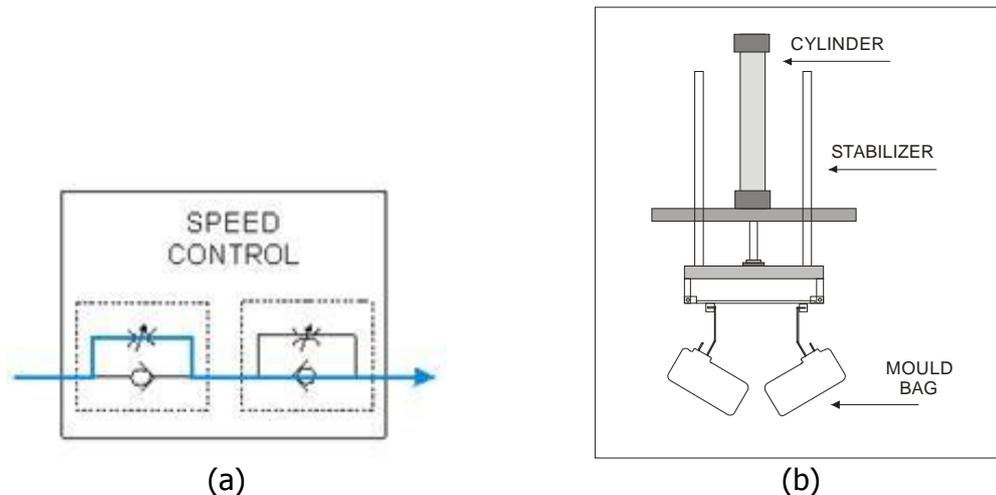
1. *Speed 1 (S1)* : *Speed control* 1 akan diputar 10 kali putaran (bukaan penuh), sehingga pada kondisi ini dapat disebut juga kondisi kecepatan maksimal. Sesaat setelah tombol "On" maka *mould bag* akan diturunkan dalam waktu 10 detik dari posisi 100 cm (titik teratas dimana kondisi awal dari *mould bag* saat proses pencelupan) hingga mencapai titik pemberhentian pertama pada posisi 20 cm.
2. *Speed 2 (S2)* : pada kondisi S2, *mould bag* mulai memasuki cairan latex maka kecepatan akan diturunkan dan waktu yang dibutuhkan 20 detik untuk sampai pada titik 0 cm. Pada kondisi ini, sebagian bukaan *speed control* 1 akan ditutup untuk mengurangi kecepatan. Setelah sampai pada titik 0 cm, *mould bag* ditingkatkan selama 5 detik.

Dua pengaturan aktifasi sistem ini (10 detik dan 20 detik) yang akan diuji untuk memperoleh jumlah bukaan yang tepat sehingga diperoleh penurunan *shaft* yang diperlukan sesuai dengan prosedur pencelupan. Data ini akan digunakan juga untuk pengembangan sistem selanjutnya yaitu proses pengangkatan *mould bag* dari cairan latex.

E. Konstruksi alat pencelup *mould bag*

Setelah dirancang seluruh sistem mekanik pada sistem ini, maka dibutuhkan perancangan konstruksi alat pencelup *mould bag* agar dapat bekerja dengan baik dan mendapatkan hasil yang maksimal. Perancangan konstruksi diawali dengan perancangan *frame* pengait dari *mould bag* yang terhubung dengan *shaft cylinder* dan tiang *stabilizer*. *Frame* tersebut terbuat dari plat besi siku berukuran 6 mm yang dibentuk menjadi sebuah *frame* dan ditambah pengait. *Frame mould bag* dapat menampung 20 buah *mould bag* dalam setiap pencelupannya. Pada Gambar 5(a) digambarkan aliran oli pada saat *shaft* dalam keadaan turun, dimana oli yang berasal dari *cylinder pneumatic* akan melewati bagian potensio mekanik karena tidak dapat melewati saluran katup, kemudian melewati *speed control* kedua. Pada *speed control* kedua, oli dapat melewati bagian katup dan masuk ke dalam

cylinder tank. Gambar 5(b) menunjukkan konstruksi mekanik *cylinder* yang dilengkapi dengan dua tiang *stabilizer* yang berfungsi sebagai penstabil gerakan *shaft* dan meredam adanya getaran pada saat pencelupan.



Gambar 5(a). Aliran oli pada *speed control* saat *cylinder pneumatic* menurunkan *shaft*; (b)Konstruksi pengait *mould bag*

2.1.2. Sistem Elektronik

Berikut ini penjelasan spesifikasi perancangan dan realisasi sistem elektronik yang digunakan dalam sistem pencelup *mould bag* yaitu:

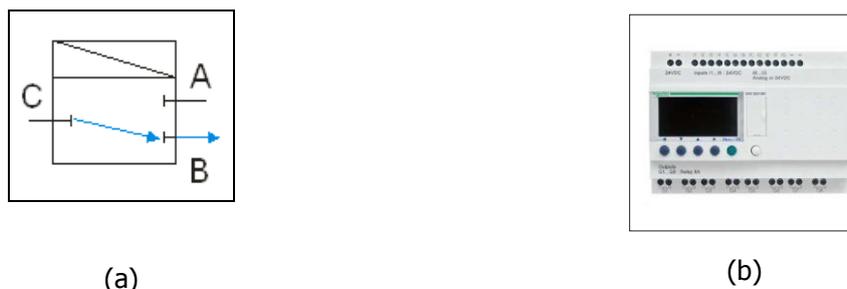
A. *Cylinder valve*

Pada saat kondisi turun, *smart relay* akan memerintahkan lubang *inlet* terhubung dengan lubang A dan lubang B terhubung dengan lubang *Outlet 2*, maka angin bertekanan akan mengalir menuju *cylinder pneumatic* dan menekan piston. Pada sistem ini digunakan *cylinder valve* tipe **SMC CCVL11-3D-U2**.

B. *Converter valve*

Converter valve merupakan *valve* yang terletak diantara *cylinder tank* dan *speed control*. *Smart relay* memberikan instruksi ke *converter valve* untuk melakukan pengaturan arah aliran oli melalui pengaturan pembukaan dan penutupan tiga buah saluran yang dimiliki oleh komponen ini. *Converter valve* pada sistem ini direalisasikan dengan *solenoid valve* dari SMC.

Pada Gambar 6(a) diperlihatkan cara kerja *converter valve* ketika *shaft* dalam kondisi turun. Pada saat *shaft* naik, oli mengalir melalui saluran C (dari *speed control*) menuju ke *cylinder tank* melalui saluran B. Dikarenakan saluran A dan B hanya dapat digunakan dalam satu arah, maka saluran A akan dipergunakan pada kondisi menaikkan *shaft*. Berbeda dengan saluran C, saluran ini dapat digunakan dalam dua arah. Pada Gambar 6 (b) diperlihatkan *smart relay* yang digunakan pada system pencelup *mould bag*



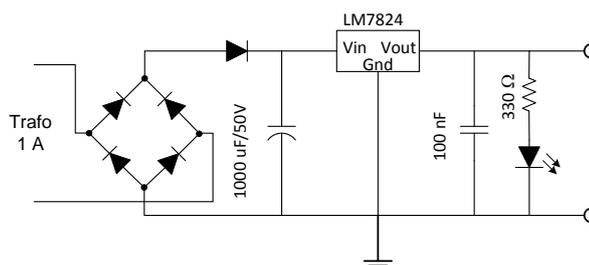
Gambar 6(a). Prinsip aliran oli pada *converter valve* pada kondisi *shaft* turun
(b). *Smart relay* ZELIO SR2B201BD

C. Modul *smart relay*

Modul *smart relay* berfungsi sebagai alat pengendali seluruh sistem yang ada pada alat ini. *Smart relay* yang digunakan yaitu ***smart relay ZELIO*** tipe *SR2B201BD*, Input 24 VDC Zelio adalah *smart relay* yang dibuat oleh *Schneider Telemecanique*. Spesifikasi ***smart relay Zelio*** *SR2B201BD* adalah sebagai berikut: memiliki 12 saluran *input* dan 8 saluran *output* berupa relay, memiliki *internal clock* dan pemrogramannya dapat menggunakan bahasa diagram ***Ladder*** maupun FBD (*Function Block Diagram*).

D. Sumber tegangan

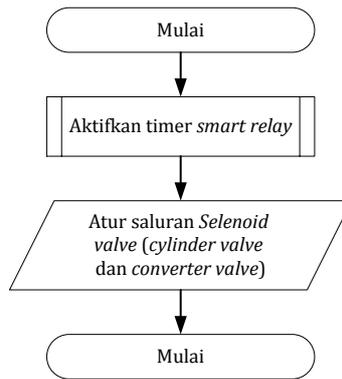
Sumber tegangan DC yang dihasilkan untuk sistem ini adalah +24 Volt. Tegangan *input* dari catu daya adalah 220 Volt ac yang kemudian oleh sebuah transformator tegangan diturunkan menjadi tegangan 24 Volt ac yang digunakan untuk catudaya +24 Volt. Gambar 7 menunjukkan rangkaian sumber tegangan DC sistem ini, dimana tegangan ac yang diperoleh dari transformator disearahkan dengan jembatan penyearah gelombang penuh menggunakan dioda. Tegangan *output* stabil +24 Volt dihasilkan oleh IC regulator LM7824.



Gambar 7. Rangkaian catu daya 24 Volt DC

2.2. Perancangan dan realisasi perangkat lunak

Pemrograman yang digunakan pada *smart relay* ini adalah ***software ZelioSoft 2***. Untuk mempermudah di dalam perancangan perangkat lunak pada *smart relay* maka terlebih dahulu dirancang *flowchart*. *Flowchart* yang digambarkan adalah program yang dibuat untuk keperluan pengujian sistem yaitu pengujian jangkauan penurunan *shaft* untuk masing-masing pengaturan *timer smart relay* yang berbeda yaitu waktu 10 detik dan 20 detik. Gambar 8 menunjukkan *flowchart* perangkat lunak yang telah dijelaskan di atas sehingga mempermudah menterjemahkannya ke dalam *software* FBD (*Function Dlock Diagram*).



Gambar 8. Flowchart perangkat lunak pada *smart relay*

3. PENGUJIAN PROTOTYPE SISTEM

Pada bagian ini dibahas metoda pengujian dan hasil pengujian prototipe sistem pencelup *mould bag* ini, yaitu meneliti kondisi keluaran *smart relay* serta meneliti perubahan putaran kepala potensio *speed control* terhadap seberapa jauh tingkat keakuratan jarak pencelupan ke dalam cairan latex untuk dua *setting* waktu.

3.1. Pengujian keluaran *smart relay*

Pengujian keluaran *smart relay* dilakukan dengan menggunakan multimeter digital pada masing-masing pin *output* yang akan dihubungkan dengan *cylinder valve* dan *converter valve*. Tujuan dari pengujian ini adalah mengukur keakuratan level tegangan yang dikeluarkan oleh setiap pin *output smart relay* pada kondisi aktif dan tidak aktif. Hasil pengukuran diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian pin *output smart relay*

Kondisi <i>smart relay</i>	Tegangan <i>output smart relay</i> [volt] pada pin:	
	<i>cylinder valve</i>	<i>converter valve</i>
On	23,98	24,1
Off	0,3	0,4

3.2. Pengujian perubahan putaran kepala potensio *speed control* untuk berbagai *setting* waktu

Tujuan dari pengujian ini adalah meneliti perubahan putaran kepala potensio *speed control* terhadap seberapa jauh tingkat keakuratan jarak pencelupan dan pengangkatan *mould bag* (pergerakan *shaft*) ke dan dari cairan latex untuk berbagai *setting* waktu.

❖ Prosedur pengujian:

- Dilihat dari prosedur pencelupan *mould bag*, terdapat dua *setting* waktu yang digunakan untuk menggerakkan *shaft* yaitu 10 detik untuk *speed* 1 (dengan jarak 80 cm) dan 20 detik untuk *speed* 2 (dengan jarak 20 cm).
- Pada setiap *setting* waktu, diukur jarak *shaft* untuk setiap putaran kepala potensio *speed control* dari 1 putaran hingga 10 putaran dengan perubahan 1 putaran.

- Untuk setiap putaran kepala potensio *speed control*, diukur jarak *shaft* sebanyak lima kali.
- Tujuan pengujian untuk menentukan jumlah putaran kepala potensio *speed control* yang diperlukan untuk setiap *speed* pada prosedur pencelupan *mould bag*.

A. Pengujian pada saat t = 10 detik

- Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali percobaan menggunakan 20 buah *mould bag*.
- Hasil pengujian perubahan putaran kepala potensio *speed control* untuk *setting* waktu 10 detik diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian putaran *speed control* saat t = 10 detik

Jumlah putaran kepala potensio	Waktu [detik]	Jarak <i>Shaft</i> [cm]				
		Tes-1	Tes-2	Tes-3	Tes-4	Tes-5
1	10	10,05	10,12	9,95	10,1	10,1
2	10	18,1	18	17,95	17,95	18
3	10	26,15	25,88	25,95	25,8	25,9
4	10	34,2	33,76	33,95	33,65	33,8
5	10	42,25	41,64	41,95	41,5	41,7
6	10	50,3	49,52	49,95	49,35	49,6
7	10	58,35	57,4	57,95	57,2	57,5
8	10	66,4	65,28	65,95	65,05	65,4
9	10	74,45	73,16	73,95	72,9	73,3
10	10	82,5	81,04	81,95	80,75	81,2

B. Pengujian pada saat t = 20 detik

- Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali percobaan menggunakan 20 buah *mould bag*.
- Hasil pengujian perubahan putaran kepala potensio *speed control* untuk *setting* waktu 20 detik diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian putaran *speed control* saat t = 20 detik

Jumlah putaran kepala potensio	Waktu [detik]	Jarak <i>Shaft</i> [cm]				
		Tes-1	Tes-2	Tes-3	Tes-4	Tes-5
1	20	5,7	5,2	5,5	4,9	5,3
2	20	11,1	10,1	10,3	9,8	10,4
3	20	16,5	15	15,1	14,7	15,5
4	20	21,9	19,9	19,9	19,6	20,6
5	20	40	41,75	39,8	40,05	41,15
6	20	58,1	63,6	59,7	60,5	61,7
7	20	76,2	85,45	79,6	80,95	82,25
8	20	98,5	94,4	95,75	98,5	98,2
9	20	>100	>100	>100	>100	>100

10	20	>100	>100	>100	>100	>100
----	----	------	------	------	------	------

4. ANALISIS SISTEM

Dari pengujian yang telah dilakukan maka dapat dianalisis pada beberapa hal yaitu:

1. Dari hasil pengujian pin *output* yang dilakukan dengan mengukur masing-masing pin menggunakan multimeter digital dalam keadaan **On** didapatkan tegangan 24 Volt +/- 0.2 Volt, sedangkan dalam keadaan **Off** didapatkan tegangan 0 Volt +/- 0.2 Volt. Hasil ini menunjukkan bahwa pin-pin *output smart relay* ini dalam kondisi baik.
2. Pada saat $t = 10$ detik dengan menggunakan 20 *mould bag* yang dilakukan sebanyak 5 kali didapat bahwa *speed control* harus diputar sebanyak 10 putaran untuk mendapatkan jarak 80 cm (*speed 1*). Dalam hasil pengujian terdapat perbedaan jarak antara 0.75 – 2.5 mm untuk *speed 1*. Hal tersebut disebabkan oleh ketidak stabilan gerakan *shaft cylinderpneumatic*. Namun perbedaan jarak tersebut masih dalam jarak toleransi yang diperbolehkan.
3. Pengujian pada saat $t = 20$ detik dengan menggunakan 20 *mould bag* yang dilakukan sebanyak 5 kali didapat bahwa hasil putaran motor DC terhadap *speed control* harus diputar sebanyak 4 putaran untuk mendapatkan jarak 20 cm (*speed 2*). Dalam hasil pengujian terdapat perbedaan jarak -0.4 - 2 mm hal tersebut disebabkan oleh ketidak stabilan gerakan *shaft cylinderpneumatic*. Namun perbedaan jarak tersebut masih dalam jarak toleransi yang diperbolehkan.

5. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan dapat diambil dari proses pengujian dan realisasi sistem, yaitu:

1. Sistem modul penggerak *pneumaticair hydro* dengan diameter *cylinder* (d_s) = 140 mm, diameter piston (d_p) = 139,79 mm dan tinggi *cylinder* 114 cm diperlukan untuk merealisasikan sistem pencelup *mould bag* dengan berat beban total sebesar lebih kurang 9 (sembilan) ton. Dengan sistem penggerak jenis ini maka akan diperoleh sistem dengan gerakan yang mulus, kuat dan respon yang cepat.
2. *Speed control* harus diputar sebanyak 10 putaran dan mesin diaktifkan selama 10 detik untuk mendapatkan jarak dalam *range* 80 cm.
3. *Speed control* harus diputar sebanyak 4 putaran dan mesin diaktifkan selama 20 detik untuk mendapatkan jarak dalam *range* 20 cm.

Dengan hasil ini maka dapat dinyatakan bahwa spesifikasi *pneumatic air hydro* dengan diameter *cylinder* 140 mm telah dapat menahan beban seberat lebih kurang 9 (sembilan) ton. Dengan demikian, sistem ini dapat dikembangkan untuk proses implementasi prosedur produksi berikutnya yaitu prosedur pengangkatan *mould bag* dari cairan latex (prosedur 3 sampai dengan prosedur 5) agar menghasilkan karet *bladder* dengan ketebalan yang ditentukan.

Dalam pengembangan sistem berikutnya, diperlukan pula suatu pengontrolan untuk pembukaan kepala potensio *speed control* secara otomatis. Selain itu, diperlukan juga suatu backup sistem elektronik untuk melakukan pencegahan ketika terjadi gangguan pada koneksi listrik pada saat proses produksi berlangsung.

REFERENSI

Nurse with a smile. (2014). <http://nurse-with-a-smile.tumblr.com/post/24620674767/fact-the-bladder-of-the-blood-pressure-cuff> (diakses: 8 Agustus 2014)

- Muachir, A. (2012). Aplikasi industri Pneumatik, pneumaticstnc.blogspot.com/2012/11/sekarang-ini-hidup-kita-di-permudah.html. (diakses: 25 Agustus 2014).
- BalTec co. (2004). Multipower: pneumatic cylinders, air cylinders, hydro-pneumatic cylinders. http://www.baltecusa.net/hydropneumatic_cylinders.html. (diakses: 14 Agustus 2014).
- Festo. (2012). Pneumatic Basic Level: Festo Workbook TP 101. www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/541088_leseprobe_en.pdf. (diakses: 25 Agustus 2014).
- Sumarman. (2012). Perhitungan dan perencanaan komponen pneumatik. <http://klikdesignku.blogspot.com/2012/03/perhitungan-dan-perencanaan-komponen.html?m=1> (diakses: 25 Agustus 2014)