

## Pengujian Fungsi Purwarupa Pintu Geser Kompak Busway dengan Mekanisme Puli dan Sabuk

Tono Sukarnoto<sup>1, a\*</sup>, Soeharsono<sup>2, b</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Trisakti

Jl Kiai Tapa no 1 Jakarta 11440 Indonesia

<sup>a</sup>tsukarnoto@trisakti.ac.id, <sup>b</sup>gatot soeharsono@yahoo.com

### Abstrak

Purwarupa pintu geser kompak busway hasil rancangan [1] telah dibuat. Pintu ini diusulkan untuk menggantikan pintu geser pada bus Transjakarta saat ini yang banyak memakan ruangan di bagian dalam bus sehingga menghambat pergerakan penumpang. Untuk mengetahui apakah purwarupa tersebut dapat berfungsi sehingga dapat diaplikasikan pada unit busway perlu dilakukan pengujian. Pengujian fungsi pintu ini dilakukan di laboratorium dengan melakukan buka tutup pintu berulang-ulang secara otomatis untuk jumlah siklus tertentu. *Set up* pengujian berupa struktur pintu geser dalam skala penuh dan segmen rangka bodi di bagian pintu yang tebal totalnya 9 cm. Panjang langkah pintu 900 mm dengan panjang langkah aktuator silinder pneumatik 450 mm. Mekanisme pendorong berupa susunan dua puli dan sabuk yang memungkinkan panjang langkah aktuator hanya separuh panjang langkah pintu. Untuk keperluan pengujian ini, ditambahkan peralatan kendali berupa *smart relay* dengan bahasa pemrograman *Function Block Diagram* (FBD) dan sensor posisi pada silinder pneumatik. Pengamatan dilakukan pada mekanisme geser dan bagian lain yang mungkin mengalami kerusakan pada saat pengujian. Pengujian dilakukan dengan tekanan udara suplai 4 bar dan kecepatan buka tutup 5,2 detik per siklus. Hasil pengujian sampai 1000 siklus menunjukkan bahwa pintu geser dengan mekanisme sabuk dan puli dapat berfungsi sesuai rencana dan tidak menunjukkan tanda-tanda kerusakan. Hal ini menunjukkan bahwa purwarupa yang dibuat siap untuk diaplikasikan pada unit bus sesungguhnya. Bagian yang perlu diperhatikan adalah pengikat sabuk yang pernah lepas pada masa pra pengujian ini.

**Kata kunci** : pintu geser, pengujian, mekanisme puli sabuk, *smart relay*.

### Pendahuluan

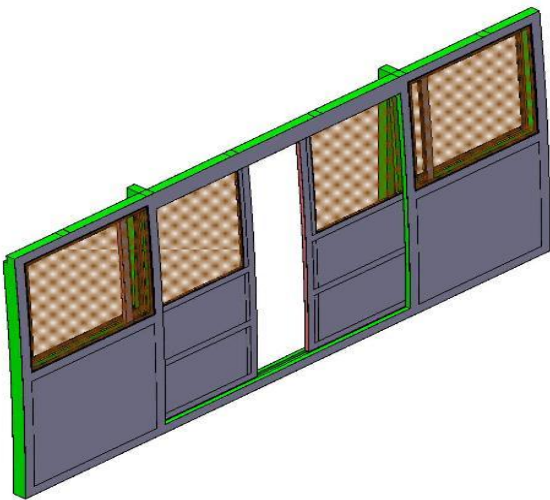
Busway atau yang sekarang disebut Transjakarta (TJ) sudah menjadi tulang punggung angkutan massal di Jakarta. Armada bus yang digunakan mempunyai karakteristik khas yaitu pintu penumpang ekstra lebar pada kedua sisinya. Ada pun jenis pintu yang digunakan beragam mulai dari pintu lipat, pintu geser dan pintu ayun dalam. Saat ini jenis pintu yang dipilih untuk pengadaan armada baru adalah pintu ayun dalam. Dari jenis busnya ada yang bus tunggal dan bus gandeng (*articulated bus*) dan semuanya dengan posisi mesinnya di belakang.

Penggunaan pintu geser ternyata menimbulkan masalah yang cukup

mengganggu yaitu posisi daun pintu memakan tempat cukup besar sehingga menghalangi pergerakan penumpang di dalam bus. Posisi daun pintu yang berada pada sisi dalam dinding bus dan celah antara pintu dengan dinding agak lebar, membuat tempat duduk di sekitar pintu harus digeser agak ke tengah sehingga lebar gang berkurang sekitar 30 cm [2]. Hal inilah yang diatasi dengan menerapkan pintu ayun dalam pada armada TJ berikutnya. Pintu ayun dalam meskipun tidak memakan tempat saat posisi menutup dan membuka namun manuver ayunnya memerlukan ruang kosong di sisi dalam pintu. Untuk menjawab masalah itulah rancangan pintu geser kompak dibuat [1].

## Penyesuaian Rancangan

Pada rancangan awal ada sepasang daun pintu dengan kontur dinding sedikit cembung bila dilihat dari sisi luar (Gambar 1). Untuk memudahkan proses fabrikasi purwarupa dilakukan sedikit perubahan rancangan menjadi dinding datar. Dinding datar ini memudahkan pembuatan celah sempit antara daun pintu dengan dinding bus bagian luar maupun dalam. Dengan dinding datar dapat dibuat total tebal dinding di bagian pintu 9 cm.



Gambar 1 Pintu geser hasil rancangan awal [1].

Bus berdinding datar memang agak jarang ditemui karena secara estetika tampak kurang menarik dibandingkan dengan dinding cembung namun model dinding datar ini sudah lazim diterapkan pada bus kota. Salah satunya adalah armada bus gandeng TJ terbaru merek Scania dengan bodi buatan karoseri Laksana menerapkan bodi berdinding datar (Gambar 2).



Gambar 2. Bus Trans Jakarta dinding datar buatan PT laksana [3]

Penyesuaian lain pada purwarupa, rangka atas dinding yang pada rancangan awal hanya satu batang 60 x 40 mm diperkuat sehingga terdapat dua batang horizontal untuk penahan atap. Hal ini menyebabkan peningkatan tinggi dinding 10 cm [4].

Kekuatan daun pintu untuk beban statik sudah diuji dan mampu menahan beban sampai dengan 670 N di bagian tengah pintu pada arah tegak lurus permukaan [5].

Kekuatan kolom struktur dinding juga sudah dilakukan simulasi pembebanan dengan FEM. Hasilnya rangka dinding mampu bertahan pada beban kritis antara 23.000 – 27.500 N, lebih tinggi dari beban operasi di lapangan. Ada pun tegangan Von Mises sekitar 120 MPa lebih rendah dari batas elastis material 175 MPa [6].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah purwarupa pintu geser kompak yang telah dibuat dapat berfungsi membuka dan menutup sampai siklus tertentu tanpa ada kegagalan komponen.

## Metode

Pengujian fungsi buka tutup dilakukan pada purwarupa skala penuh di laboratorium. Pengujian dilakukan secara berulang sebanyak 1000 siklus. Selama pengujian berlangsung dilakukan pengamatan untuk mengetahui bagian mana yang mengalami kerusakan atau menunjukkan gejala kerusakan.

Untuk melakukan siklus buka tutup digunakan *smart relay* sebagai pengendali dengan sensor *proximity* untuk mendeteksi posisi pintu.

## Pembahasan

### Spesifikasi Purwarupa

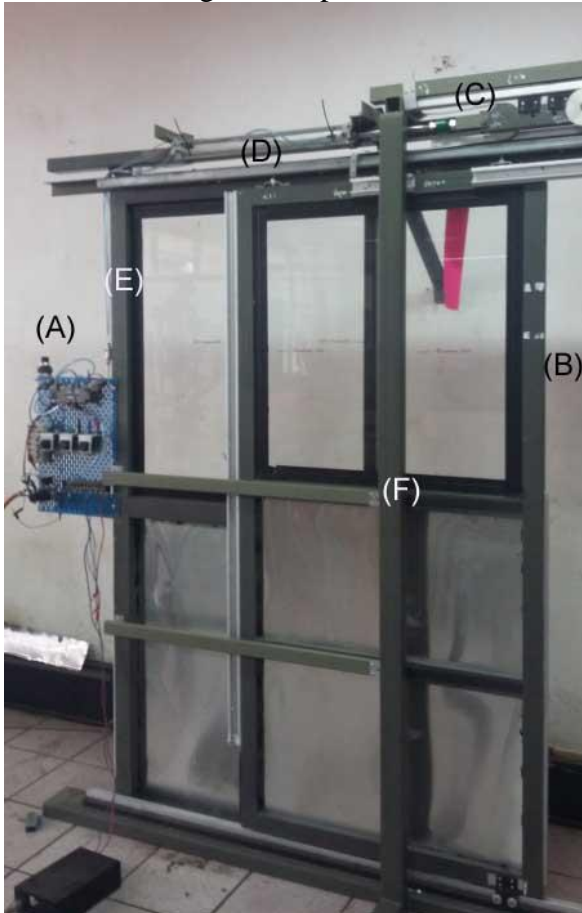
Purwarupa ini terdiri dari segmen potongan dinding bus dan sebuah daun pintu geser. Daun pintu setebal 25 mm dengan rangka pipa baja persegi 25 x 50 mm JIS G3445 STKM 12 A tebal pelat 2,0 mm. Ada pun pilar rangka dinding dari pipa baja persegi 60 x 40 mm dengan material yang sama.

Pada struktur tersebut terpasang pula mekanisme geser dan silinder pneumatik aksi ganda sebagai aktuator. Panjang langkah silinder 450 mm sedangkan panjang langkah pintu dua kalinya yaitu 900 mm.

Susunan *set up* pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.

#### Mekanisme puli dan sabuk [4]

Gambar 4 menunjukkan mekanisme susunan puli dan sabuk untuk menggerakkan daun pintu membuka dan menutup. Puli kanan berfungsi untuk menggerakkan pintu ke arah kanan, sedang puli kiri untuk menggerakkan pintu ke arah kiri. Ujung sabuk diikatkan ke bodi sedangkan ujung yang lain diikatkan ke bagian atas pintu.

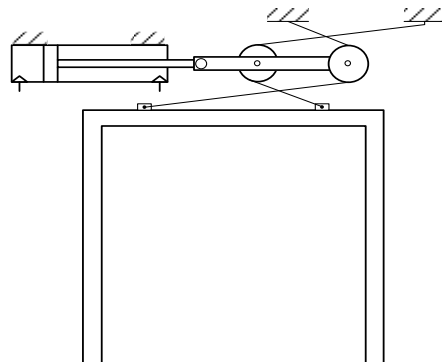


Gambar 3. Set up pengujian (A) panel kontrol, (B) daun pintu, (C) susunan puli, (D) silinder pneumatik, (E) pilar dinding, (F) pilar dinding dalam.

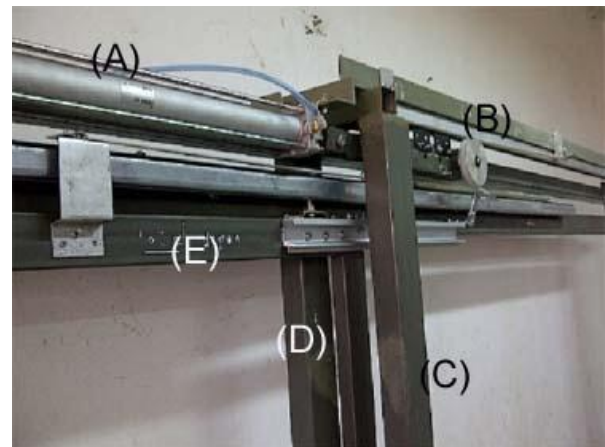
Pada mekanisme ini panjang langkah silinder aktuator hanya setengah dari panjang langkah pintu.

Diameter puli 80 mm dan lebar sabuk 10 mm. Sabuk yang digunakan adalah sabuk timing (timing belt) dari bahan poliuretan dengan penguat kawat baja. Sabuk ini relatif tipis namun cukup kuat. Rangkaian puli ini digantung pada rel yang terpisah dari rel pintu serta dihubungkan dengan sambungan engsel dengan silinder pneumatik. Silinder

pneumatik dipasang kaku dengan baut pada bagian atas rangka dinding. Gambar 5 menunjukkan silinder, rangkaian puli – sabuk pada prototipe yang dibuat.



Gambar 4. Mekanisme silinder pneumatik dan susunan puli-sabuk penggerak pintu [4].

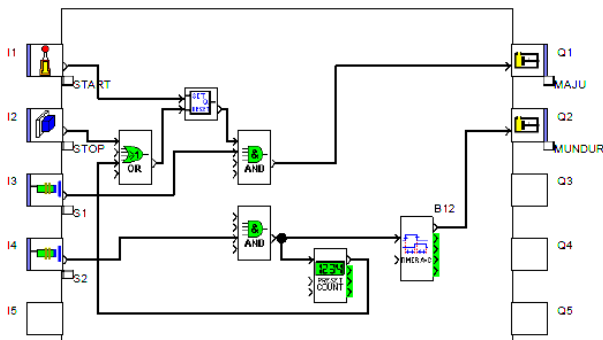


Gambar 5. Silinder pneumatik (A), susunan puli – sabuk (B), pilar dalam (C), pilar dinding luar (D) dan daun pintu (E).

#### Pengendalian

Asupan udara tekan ke silinder untuk membuka dan menutup pintu diatur melalui katup 5/2 solenoid ganda. Pengaturan kecepatan gerak dilakukan melalui katup pengatur laju aliran. Untuk keadaan darurat dipasang katup darurat (emergency) yang memungkinkan pintu dibuka dengan ringan secara manual. Khusus untuk keperluan pengujian pengendalian dilakukan oleh sejenis PLC berupa *smart relay*. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah FBD (function block diagram). Satu siklus berupa satu kali gerakan menutup dan langsung membuka, jeda antar siklus diatur 3 detik. Satu kali pengujian untuk 100 siklus dan dulangi sampai mencapai 1000 siklus.

Program FBD yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Program FBD untuk pengujian pintu geser.

### Hasil dan diskusi

Pengujian dilakukan pada tekanan kerja 4 bar. Pengaturan katup laju aliran menghasilkan durasi satu kali gerakan buka tutup 5,2 detik. Pada kecepatan ini dampak saat pintu berhenti menimbulkan getaran kuat dan suara yang cukup keras. Getaran ini dapat dikurangi apa bila kecepatan gerak pintu diperlambat. Namun pada pengujian ini getaran dan suara tersebut sengaja dibiarkan dulu karena sekaligus untuk menguji keandalan purwarupa pada beban dinamik.

Dalam operasi sesungguhnya tentunya getaran kuat ini harus dikurangi terutama untuk kenyamanan penumpang.

Tabel 1. Bagian-bagian yang diamati selama pengujian

No	Bagian	Keadaan	Keterangan
<b>Mekanisme Geser</b>			
1	Posisi belt pada puli	Normal	
2	Jepitan belt	Normal	
3	Braket puli	Normal	
4	Gesekan braket puli dg pengarah	Normal	
5	Rel braket puli	Normal	
6	Rel pintu geser	Normal	
7	Pengarah bagian bawah pintu	Normal	
8	Gesekan daun pintu dg dinding	Normal	
<b>Aktuator dan Sistem Pneumatik</b>			
9	Silinder pneumatik	Normal	
10	Sambungan rod dengan braket puli	Normal	
11	Katup 5/2	Normal	
12	Selang dan nipel	Normal	
13	Sensor posisi	Normal	
14	PLC	Normal	

Hasil pengujian sampai dengan 1000 siklus diperlihatkan pada Tabel 1, yang menunjukkan bahwa komponen-komponen

atau bagian-bagian yang diamati tetap dalam kondisi normal setelah pengujian. Ada catatan bahwa pada saat pengecekan fungsi sebelum dimulainya pengujian terdapat beberapa bagian yang perlu diperbaiki. Baut braket pemegang sabuk kendur dan sabuk terlepas dari pengikatnya. Setelah dilakukan pengencangan dan penguatan pada pengikat sabuk, pengujian dapat berlangsung lancar.

### Kesimpulan

Purwarupa pintu geser kompak busway dapat berfungsi baik pada pengujian sampai 1000 siklus. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan, pemilihan material dan komponen telah memenuhi fungsinya. Meskipun tidak terjadi kegagalan tetapi pengikat sabuk perlu analisis dan perbaikan rancangan karena pernah lepas pada saat pra pengujian.

### Ucapan Terima kasih

Penelitian ini didanai oleh Universitas Trisakti melalui program penelitian Fakultas Teknologi Industri tahun akademik 2014 - 2015.

### Referensi

- [1] T. Sukarnoto, Soeharsono, S. Subiantoro, Supriyadi, 2013. Analisis Kekuatan Rangka Bodi Busway dengan Pintu Geser Kompak dengan Metode Elemen Hingga. Prosiding Seminar Nasional Sinterin 2013 Universitas Andalas Padang, 2 Juli 2013.
- [2] H. Oscar, Rancang Ulang Susunan tempat Duduk Busway untuk Optimalisasi Ruang. Tugas Sarjana, Jurusan Teknik Mesin, (2009) Universitas Trisakti Jakarta.
- [3] Information on , www.kompas.com , DKI Tambah 509 Bus Transjakarta, Agustus 2015.
- [4] T. Sukarnoto, S. Subiantoro, A Witonohadi, Rancang Bangun Pintu Geser Kompak pada Busway dengan Sistem Buka Tutup Puli dan Sabuk, prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi, AKPRIND Yogyakarta 15 November 2014.

- [5] T. Sukarnoto, Supriyadi, S. Subiantoro, Soeharsono, Strength Investigation of Sliding Door Frame of Busway by Using Three Element Rosette Strain Gage, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences Vol 9 no 1, Januari 2014.
- [6] T. Sukarnoto, S. Subiantoro, A. Witonohadi, Soeharsono, Strength and Buckling Analysis of Sliding-Door Housing of Busway, Asian Journal of Engineering and Technology, Vol 03-Issue 02, April 2015.