

ANALISIS KEKUATAN PINTU GESER KOMPAK DAN DINDING BAGIAN PINTU BUSWAY DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Tono Sukarnoto¹, Supriyadi¹, Soeharsono¹

¹ Jurusan Teknik Mesin – Universitas Trisakti

Keywords :

Busway
Sliding door
Finite element
Stress
Deflection

Abstract :

Sliding doors in certain busway fleet take many areas around the door. Unfortunately, this condition will inhibit the passenger's mobility. To eliminate this weakness, a new model and compact type sliding doors have been designed. The new sliding doors will slide inside the wall cavity, different with the existing one that the slide way is mounted beside the bus wall. With 90 mm total wall thickness in door section the new sliding doors will not occupy areas that are needed by standing passengers. This paper discusses the static structural analysis on the door structure including the body wall section of sliding door based on finite element method using CATIA packed program. All frame structures are made from structural square pipe steel JIS G3445 STKM 12A with 2 mm thickness and minimum yield strength is 175 MPa. The results show that maximum stress worked in the door is 68, 6 Mpa with the deflection of 2.1 mm. As for body wall section, the maximum stress is 48 MPa with deflection of 1.38 mm. These result show that the new design including geometry, dimension and materials selected both for door and body wall are strength enough to be used on busway body.

PENDAHULUAN

Beroperasi sejak Januari 2004 busway di Jakarta telah banyak dirasakan manfaatnya sebagai angkutan cepat masal (*bus rapid transit*, BRT). Tipe bus sangat bervariasi mulai dari merek sasis dan bodinya, namun ciri khasnya tetap, yaitu pintu ekstra lebar di dua sisi dan susunan tempat duduk hadap ke tengah. Jenis bus yang awalnya hanya bus tunggal ditambah dengan bus gandeng (*articulated bus*) yang kapasitas angkutnya dua kali lebih besar. Saat ini sebagian besar armada bus menggunakan bahan bakar gas (CNG) dengan transmisi otomatis, hanya armada generasi awal yang bermesin diesel bertransmisi manual.

Konsep dan format busway di Jakarta mengikuti standar BRT dengan berbagai penyesuaian. Hal tersebut dapat terlihat dari bentuk jalur dan halte yang didedikasikan khusus untuk busway serta ukuran pintu yang ekstra lebar (ITDP, 2012). BRT antara lain mensyaratkan 2 pintu lebar untuk bus tunggal dan 3 pintu atau lebih untuk bus gandeng. Pada armada bus tunggal generasi awal, 2 pintu lebar digabung menjadi satu pintu ekstra lebar (1,8 m). Pada generasi berikutnya ditambahkan satu pintu berukuran standar di bagian julur belakang. Pintu berada di dua sisi bodi bus karena posisi halte tidak selalu di sisi kanan bus.

Seiring berjalannya waktu kondisi bus pun mulai menurun. Kerusakan struktural pada bodi busway dengan mudah teramati antara lain retakan pada bagian atap dan pilar di dekat pintu (Gambar 1 dan 2) serta mekanisme pintu geser. Kerusakan ini jarang

ditemui pada bodi bus lain dengan ukuran pintu konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa struktur bodi busway mempunyai kelemahan. Meskipun terdapat retakan di sana-sini, secara umum bodi busway masih cukup kuat dan aman untuk dioperasikan.

Pintu Geser dan Tebal dinding Bus

Jenis pintu geser mulai digunakan bersamaan pembukaan busway koridor 2. Pintu ini menggantikan jenis pintu lipat pada koridor 1. Secara penampilan, pintu geser lebih menarik dari pada pintu lipat. Namun ada kelemahan yang dirasakan sangat mengganggu yaitu posisi pintu memakan tempat cukup besar sehingga menghalangi pergerakan penumpang di dalam bus. Posisi daun pintu yang berada di sisi dalam dinding bus ternyata sangat menyita ruangan. Lebar gang antar kursi di sekitar pintu geser berkurang kira-kira 30 cm karena posisi kursi di bagian tersebut harus digeser agak ke tengah (Haris, 2009).

Penelitian sebelumnya telah menghasilkan rancangan pintu geser kompak dengan posisi daun pintu masuk ke dalam dinding bus. Tebal dinding total di bagian pintu tidak lebih dari 90 mm dengan susunan tebal dinding luar 35 mm, tebal daun pintu 25 mm, tebal dinding dalam 20 mm dan celah antara pintu dengan dinding luar dan dalam masing-masing 10 mm (Sukarnoto, 2011). Tebal total 90 mm ini hanya berbeda sedikit dengan tebal dinding busway saat ini yang berkisar 70 mm.

Dibandingkan dengan bodi bus kota yang sudah lama beroperasi di berbagai kota besar Indonesia seperti O306 buatan German Motor dan OH408 Volgren yang juga menerapkan dinding tipis, maka tebal dinding luar 35 mm diperkirakan sudah cukup kuat menahan beban. Hanya saja bus-bus tersebut menggunakan dua pintu berukuran standar di julur depan dan belakang, berbeda dengan bodi busway yang bukaan pintunya dua kali lebih lebar di bagian tengah.

Penelitian ini akan menganalisis kekuatan rancangan pintu geser kompak tersebut. Tujuannya adalah memeriksa apakah pintu dengan dimensi yang telah direncanakan serta pemilihan materialnya sudah memadai untuk menahan beban yang terjadi saat operasional bus. Hal ini berkaitan dengan ketebalan daun pintu yang lebih tipis dan dinding bus yang berongga.

Perhitungan Kekuatan Bodi oleh Pembuat Bus

Sering ditemui industri karoseri kurang memberi perhatian pada aspek perhitungan konstruksi bodi bus. Industri lebih fokus mengikuti model dan tampilan *styling* bodi bus interior maupun eksterior yang lebih menarik perhatian penumpang. Perhitungan kekuatan konstruksi lebih mengandalkan data empiris dari pengalaman sebelumnya. Hal ini terjadi juga di industri pembuat bus di Thailand, yang lebih mengedepankan *style* produk untuk memuaskan pelanggan dari pada melakukan desain ulang secara teknis (Manokurang, 2009).

Dengan metode perancangan dan pembuatan bus yang lazim dilakukan industri karoseri saat ini, terbukti menghasilkan bodi bus yang cukup kokoh bahkan terlalu kokoh. Mudah dijumpai struktur bus yang telah beroperasi lebih dari 10 tahun masih tetap kokoh walau mungkin sudah keropos dan penyok disana-sini. Biasanya bodi bus diganti bukan karena masalah kekuatan strukturnya tetapi karena tampilannya sudah ketinggalan mode sehingga kurang menarik bagi pelanggan. Sedangkan sasisnya tetap digunakan untuk dipasang bodi yang baru.



Gambar 1 Retakan pada pilar di sudut kaca dekat pintu.



Gambar 2. Retakan pada atap (tanda panah) di atas pilar pintu.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode elemen hingga (MEH) yang diterapkan pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak Catia. Analisis dilakukan pada model Catia yang dibuat berdasar hasil embodimen penelitian sebelumnya (Sukarnoto, 2011). Bagian yang dianalisis adalah model rangka daun pintu dengan tinggi 1.820 mm, lebar 1.000 mm dan rangka dinding bodi di bagian pintu dengan panjang 4.100 mm dan tinggi 1.900 mm. Kemudian ditentukan jenis material yang dipilih sesuai material yang biasa digunakan di industri karoseri. Untuk keseluruhan rangka pintu dan rangka bodi dipilih pipa baja persegi JIS G3445 STKM 12A tebal pelat 2 mm dengan ukuran geometri yang sesuai peruntukannya.

Data yang dibahas adalah distribusi tegangan kombinasi sesuai kriteria von Mises dan distribusi defleksi akibat pemberian gaya-gaya dari luar.

Pembebanan

Untuk daun pintu dilakukan dua macam pembebanan yaitu beban 1000 N terdistribusi sepanjang pilar vertikal tepi luar. Pilar ini adalah bagian tepi pintu yang akan bertemu dengan pasangannya saat pintu menutup. Pembebanan kedua berupa beban 500 N terdistribusi pada pilar horizontal di bawah kaca. Gaya berarah horizontal dari dalam ke sisi luar. Kedua jenis pembebanan ini mewakili beban yang diterima pintu apa bila disandari oleh penumpang. Kondisi ini berdasar pada pengamatan pada saat bus penuh penumpang, ruangan di sekitar pintu penuh terisi penumpang. Setelah pintu tertutup sering dijumpai penumpang bersandar ke daun pintu. Dalam keadaan normal seharusnya pintu tidak menerima beban karena disandari oleh penumpang.

Manokurang (2009) menghitung beban pada rangka bodi dengan cara menjumlahkan berat komponen atap yang harus ditopang rangka dinding bus untuk menghitung tegangan yang terjadi dengan MEH.

Cara lain untuk menentukan beban atap adalah dengan asumsi beban atap sama dengan 50 % berat kosong bus sebagaimana diterapkan pada kontrak bus Transmilenio (2002).

Dalam penelitian ini penulis mengasumsikan beban atap 50 % berat kosong. Untuk busway dengan bobot 11 ton, maka beban atap 5.500 kg dan untuk segmen rangka bodi di bagian pintu diberikan beban vertikal masing-masing 2,5 kN pada 6 titik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur Daun Pintu

Seluruh rangka pintu menggunakan pipa persegi 25 x 50 mm. Penguatan dilakukan dengan menambah profil 25 x 30 pada pilar pintu tepi luar. Hasil analisis Catia ditunjukkan pada Gambar 3 sampai 7.

Tabel 1. Hasil analisis Catia untuk daun pintu

Beban 500N		Beban 1000N	
V Misses (MPa)	Defleksi (mm)	V Misses (MPa)	Defleksi (mm)
68,6	2,1	38,5	1,1

Dari Tabel 1 terlihat bahwa kekuatan daun pintu untuk beban 1000 N dan 500 N masih cukup kuat karena tegangan von Misses terbesar yang terjadi masih di bawah 50% σ_y yaitu 175 MPa. Defleksi terbesar 2,1 mm yang terjadi juga relatif kecil dibandingkan celah antara daun pintu dengan dinding bus yaitu 5 mm. Pemasangan pipa baja 30x25 sebagai penguat untuk pilar vertikal daun pintu terbukti efektif untuk mengurangi defleksi yang terjadi di bagian tersebut pada beban 1000 N. Tegangan terbesar terjadi pada pilar yang diperkuat di posisi antara dua tempat pemberian gaya (Gambar 6).

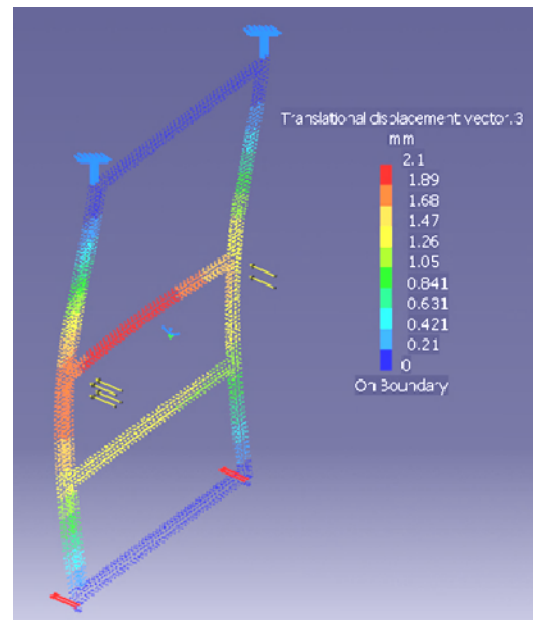
Struktur Rangka Bodi

Gambar 8 dan 9 menunjukkan hasil analisis tegangan dan defleksi yang terjadi pada dinding bodi untuk beban vertikal 6 x 2,5 kN. Defleksi terbesar terjadi pada batang horizontal bagian tengah bentang rongga pintu. Meskipun demikian defleksi ini relatif sangat kecil yaitu 1,38 mm dibandingkan bentang lebar pintu 1,8 m.

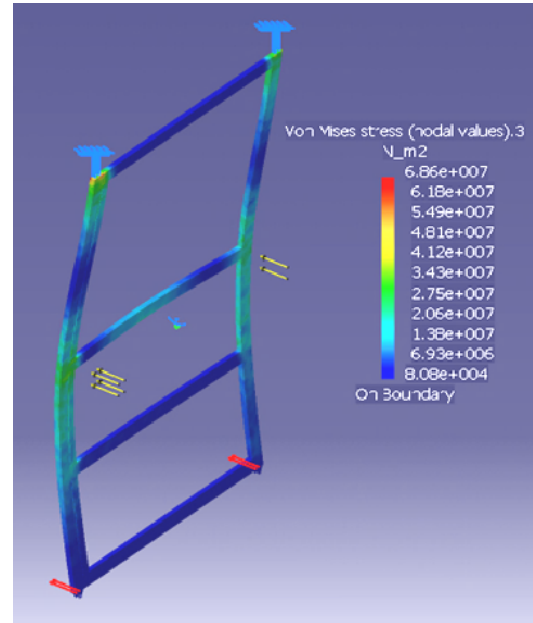
Struktur utama yang mendukung beban berada pada dinding sisi luar dan pilar penguat tegak lurus lantai pada tepi rongga pintu. Tegangan terbesar 48 MPa yang terjadi juga masih dalam batas aman. Hal ini menunjukkan bahwa susunan dan dimensi struktur rangka dinding bodi sisi luar dengan tebal 35 mm, rangka sisi dalam 20 mm, celah untuk pintu geser 35 mm dan dua pilar penguat di samping rongga pintu, cukup kuat untuk diterapkan pada bodi busway.

Hal yang harus diperhatikan adalah tegangan - tegangan yang besar muncul dalam bentuk konsentrasi tegangan di daerah sambungan siku-siku. Ini perlu dicermati karena meskipun hasil analisis menunjukkan nilai tegangan yang kecil

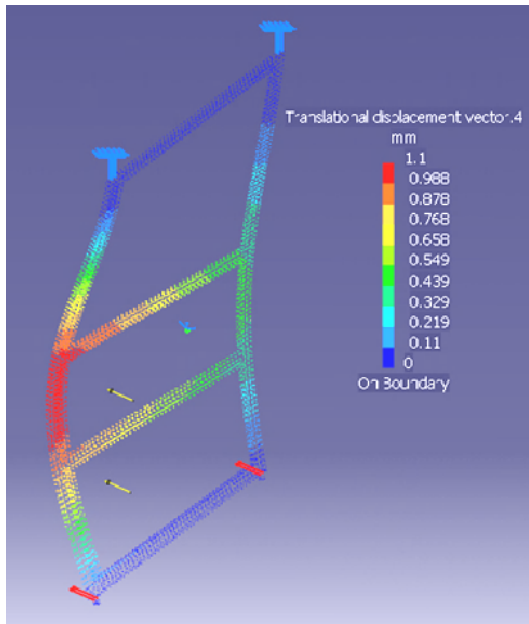
dibandingkan tegangan luluh tetapi perbedaan bentuk seperti radius filet atau ketidakseragaman sambungan bisa memunculkan nilai tegangan yang lebih besar.



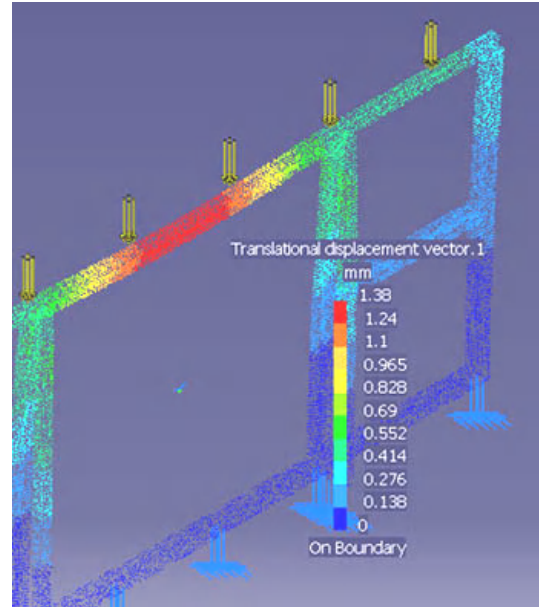
Gambar 3. Defleksi beban 500 N pada pintu, pilar tambahan dipasang di sisi kiri.



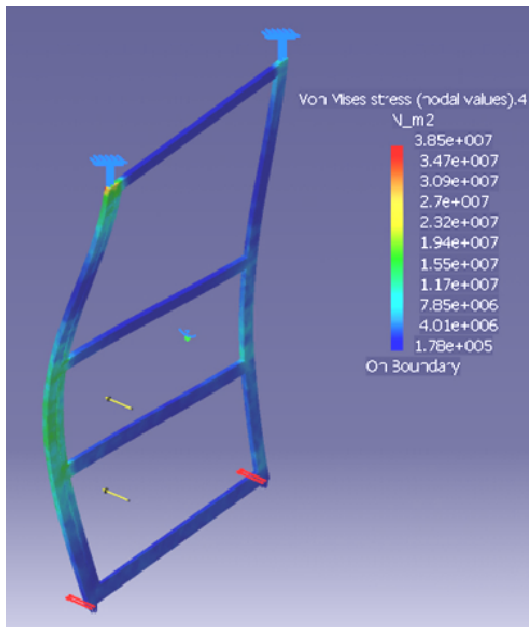
Gambar 5. Tegangan von Misses beban 500 N pada pintu.



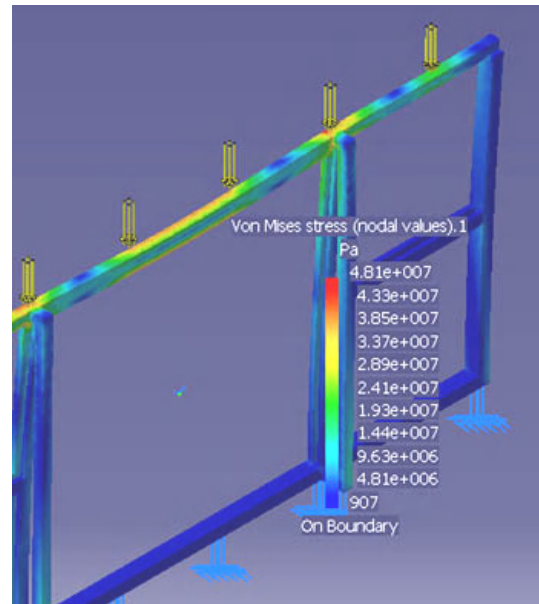
Gambar 6. Defleksi akibat beban 1.000 N pada pilar vertikal sisi luar untuk pintu.



Gambar 8. Defleksi akibat beban 6 x 2,5 kN pada dinding bodi dengan pilar penguat.



Gambar 7. Tegangan von Mises akibat beban 1.000 N pada pilar vertikal sisi luar untuk pintu.



Gambar 9. Tegangan von Mises akibat beban 6 x 2,5 kN pada dinding bodi dengan pilar penguat.

KESIMPULAN

Hasil analisis MEH menggunakan Catia untuk model pintu geser kompak busway menunjukkan bahwa meskipun tebal totalnya hanya 90 mm dan penggunaan material pipa baja persegi JIS G3445 STKM 12A, struktur yang dirancang cukup kuat menahan beban yang diberikan. Hal ini dapat dilihat pada tegangan maksimum yang terjadi akibat semua

pembebanan kurang dari setengah tegangan luluh material.

Perubahan bentuk atau defleksi yang terjadi juga relatif kecil sehingga tidak sampai mengganggu pergeseran daun pintu.

Dengan analisis ini format geometri pintu geser kompak yang telah dirancang dapat dilanjutkan untuk tahap pembuatan purwarupa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini adalah bagian dari penelitian yang dibiayai Program Desentralisasi Dikti- Universitas Trisakti, Hibah Bersaing 2012, kontrak no: 017/K3.KU/2012.

Terima kasih kepada Studio CaD Jurusan Teknik Mesin FTI Usakti untuk penggunaan program Catia dalam analisis penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Haris, Oscar, 2009, "Rancang Ulang Susunan Tempat Duduk Busway untuk Optimalisasi Ruangan" Tugas Sarjana Jurusan Teknik Mesin Usakti, Jakarta.
- Institute for Transportation and Development Policy (ITDP), 2012, "The BRT Standard ver 1,0", New York Januari 2012.
- Manokruang, S and Butdee S, 2009, "Methodology of Bus-Body Structural Redesign for Lightweight productivity Improvement", Asian International Journal of Science and Technology in Production and Manufacturing Engineering, vol 2 no 2, 2009, pp 79-87.
- Sukarnoto, Tono, Randi H dan Hendra P, 2011, "Perancangan Pintu Geser Busway yang Lebih Kompak", Prosiding Seminar nasional Teknik Mesin 6, Surabaya 16 Juni 2011, 16-22.
- Trunk Route Operation of The Transmilenio System, 2002 "Concession Contract for Urban Mass Transport Public services", 26 Mei 2012, www.itdp.org/documents/Sample%20operator%20contract.doc