

Static Test Simulation of Bus Seat According to UNECE R80 by Finite Element Method

Sandro Mihradi*, Syamsul Sinaga, Jerry Setiawan and Satrio Wicaksono

Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung

*Corresponding author: sandro@ftmd.itb.ac.id

Abstract. Many accidents involving buses which lead to fatality have been widely reported in Indonesia. The safety aspects of the bus have since become the main concern of the public as it seems did not improve significantly. Many studies have been conducted to evaluate the crashworthiness of the bus. One of which is the strength of the bus seat. UNECE R80 has regulated static tests for the bus seat to determine 3 things: if the seat occupants are correctly retained by the seats in front of them; if the seat occupants are not seriously injured; and if the seat and the seat mountings are strong enough. In the present study, using a finite element software, static test simulation of bus seat according to UNECE R80 has been performed. The seats from two different bus have been used as samples. From the results, it is found that the seat from the first bus passed the requirements while the second was not. The seat from the second bus was too stiffed, so that it may inflict more injury to the unstrained passenger in the event of frontal-crash.

Abstrak. Saat ini telah cukup banyak dilaporkan kecelakaan bus dengan tingkat fatalitas yang tinggi di Indonesia. Hal ini akhirnya menimbulkan kekhawatiran yang besar bagi masyarakat khususnya mengenai aspek keamanan bus di Indonesia yang dinilai rendah. Terkait dengan hal ini, telah ada beberapa studi untuk mengevaluasi kemampuan struktur bus dalam menjaga penumpang saat terjadi kecelakaan (*crashworthiness*). Dalam regulasi UNECE R80 telah diatur prosedur tes statik terhadap kursi penumpang bus untuk menilai 3 hal berikut saat terjadi tabrakan arah depan: apakah penumpang dapat tertahan dengan baik oleh kursi di depannya; apakah penumpang tidak mengalami cedera yang serius; dan apakah kursi dan ikatannya cukup kuat. Pada studi ini dilakukan simulasi uji statik pada kursi penumpang bus dengan menggunakan perangkat lunak elemen hingga dengan mengacu kepada regulasi UNECE R80. Kursi yang digunakan dalam simulasi ini berasal dari dua bus yang berbeda. Dari simulasi yang dilakukan diperoleh hasil bahwa kursi dari bus yang pertama dinilai dapat memenuhi beberapa persyaratan yang ada, sedangkan kursi dari bus yang kedua tidak. Kursi pada bus yang kedua tersebut memiliki kekakuan yang terlalu tinggi, sehingga diperkirakan akan menimbulkan cedera yang lebih serius kepada penumpang, khususnya yang tidak menggunakan sabuk pengaman saat terjadinya tabrakan arah depan.

Kata kunci: metode elemen hingga, *crashworthiness*, UNECE R80, kursi bus, tabrakan arah depan.

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Bus merupakan salah satu moda transportasi yang paling populer di Indonesia. Hal ini diantaranya ditunjukkan dengan meningkatnya jumlah bus dari tahun ke tahun. Pada tahun 2016 contohnya terdapat peningkatan jumlah bus sebesar 5,57% dibandingkan tahun sebelumnya [1]. Namun sayangnya peningkatan ini tidak diikuti dengan peningkatan aspek keselamatan bus itu sendiri. Hal tersebut diantaranya ditandai dengan tingginya tingkat kecelakaan dan fatalitas yang melibatkan bus [2].

Salah satu upaya untuk meningkatkan standar keselamatan pada kendaraan bermotor adalah dengan menerapkan konsep *crashworthiness* pada kendaraan, yaitu dengan merancang struktur

kendaraan sedemikian rupa sehingga dapat mengurangi resiko cedera atau fatalitas pada penumpang pada saat terjadinya kecelakaan. *The United Nation Economic Commission for Europe (UNECE)* telah menerbitkan beberapa regulasi terkait dengan keselamatan kendaraan penumpang, khususnya bus penumpang, diantaranya adalah regulasi no 80 (R80), terkait dengan kekuatan kursi penumpang dan ikatannya [3].

Dalam kasus kecelakaan tabrakan arah depan, sebagai salah satu jenis kecelakaan yang paling sering terjadi [4], jarak antar kursi dan karakteristik kursi menjadi salah satu faktor yang menentukan tingkat cedera pada penumpang [5]. Dalam UNECE R80 telah diatur karakteristik kursi bus yang harus dipenuhi lewat serangkaian pengujian, yaitu kursi

harus cukup kuat untuk menahan beban penumpang yang terlempar namun tidak boleh terlalu kaku sehingga dapat membahayakan penumpang. Walau saat ini di Indonesia belum ada regulasi yang mengatur kemampuan *crasworthiness* dari kendaraan bus, perlu dilakukan studi awal dalam penerapan standar keselamatan yang telah berlaku di negara maju agar standar keselamatan kendaraan bus di Indonesia dapat meningkat.

Dalam riset ini, akan dilakukan simulasi uji statik terhadap kursi penumpang bus dengan menggunakan perangkat lunak elemen hingga ANSYS dengan mengacu kepada regulasi UNECE R80. Kursi dari bus kecil ITB dan kursi dari bus salah satu karoseri nasional akan digunakan sebagai sampel dalam pemodelan.

UNECE R80

United Nations Economic Commissions for Europe (UNECE) melalui divisi *Sustainable Transport* membentuk forum berjudul *World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations* atau lebih sering disebut WP (*Working Party*) 29. Forum ini memiliki tugas untuk membuat sistem peraturan yang seragam terkait desain kendaraan yang berlaku internasional. Hingga tahun 2015 telah ada 135 aturan yang diterbitkan oleh WP.29. Sebagian besar peraturan yang dibuat melingkupi komponen detail suatu kendaraan termasuk juga teknologi yang disematkan padanya. Kendaraan yang dimaksud meliputi mobil penumpang, sepeda motor, bus, truk, alat berat, kendaraan elektrik, dan lain-lain.

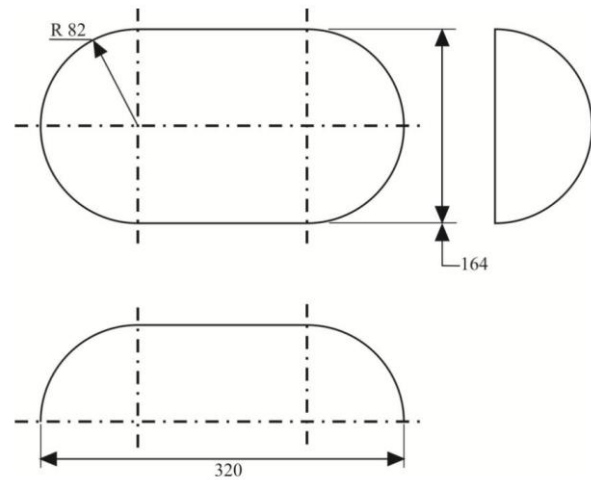
UNECE R80 berisikan regulasi untuk kendaraan penumpang (bus) khususnya untuk mengevaluasi kekuatan kursi penumpang dan ikatannya saat terjadi kecelakaan tabrakan arah depan. Dalam regulasi ini diatur dua jenis pengujian kursi yang dapat dipilih, yaitu pengujian dinamik (*sled test*) atau pengujian statik. Prosedur pengujian statik dalam regulasi ini dijelaskan dengan detail dalam *appendix 5*. Statik tes dilakukan dengan memberikan gaya dorong horizontal pada bagian belakang sandaran kursi yang akan diuji dengan besaran dan ketinggian tertentu mengikuti Pers. 1 dan 2. Adapun dimensi batang penekan ditunjukkan pada Gambar 1.

$$F_1 = \frac{1000}{H_1} \pm 50 \text{ N} \tag{1}$$

$$F_2 = \frac{2000}{H_2} \pm 100 \text{ N} \tag{2}$$

dimana H_1 dan H_2 adalah level ketinggian pemberian gaya F_1 dan F_2 yang dihitung dari lantai,

yaitu masing-masing sebesar antara 0,7 – 0,8 m dan 0,45 – 0,55 m.



Gambar 1. Dimensi batang penekan (dalam mm)

Secara umum pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi 3 hal berikut:

1. apakah penumpang yang terlempar dapat tertahan dengan baik oleh kursi di depannya;
2. apakah penumpang tidak mengalami cedera yang serius; dan
3. apakah kursi dan ikatannya cukup kuat.

Ketiga kondisi di atas dianggap akan terpenuhi apabila masing-masing memenuhi persyaratan sebagai berikut:

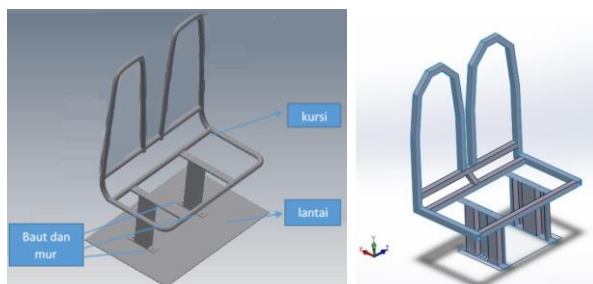
1. perpindahan horizontal sandaran kursi ketika ditekan dengan gaya F_1 saja tidak melebihi 400 mm.
2. perpindahan horizontal sandaran kursi ketika ditekan dengan gaya F_1 dan F_2 secara simultan masing-masing tidak kurang dari 100 mm dan 50 mm.
3. ketika kursi dan ikatannya tidak lepas secara keseluruhan, dan tidak ada bagian struktur kursi atau aksesorinya yang patah dengan ujung yang tajam yang dapat menyebabkan cedera pada penumpang.

Pemodelan

Model Kursi. Kursi dari dua bus berbeda digunakan dalam pemodelan ini. Model pertama diambil dari bus ukuran sedang yang dimiliki ITB, sedangkan model kedua adalah dari bus ukuran besar dari salah satu karoseri nasional. Gambar solid kursi ditunjukkan pada Gambar 2. Kedua kursi tidak memiliki sistem *reclining*, dan hanya dimodelkan rangkanya saja.

Adapun sifat material dari kursi, baut dan batang penekan ditunjukkan pada Tabel 1. Dalam pemodelan elemen hingga, struktur kursi

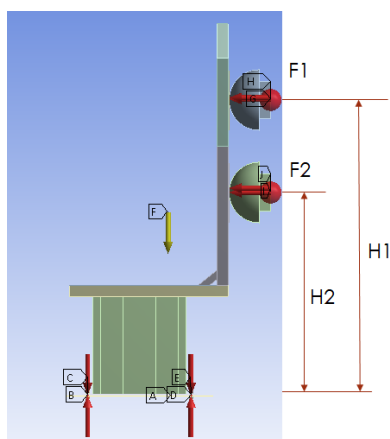
dimodelkan dengan elemen *shell*, dengan ketebalan 2 mm, sedangkan batang penekan dan baut dimodelkan dengan elemen *solid*. Jenis elemen *elastic-plastic* diterapkan pada kursi dan baut.



Gambar 2. Model solid kursi bus sedang (kiri) dan bus besar (kanan)

Tabel 1. Sifat material

Sifat	Kursi	Baut	Batang Penekan
Massa jenis (kg/m ³)	7830	7850	3520
Modulus Elastis (GPa)	200	200	1220
Poison's Ratio	0,3	0,3	0,2
Kekuatan luluh (MPa)	250	420	1200
Kekuatan Tarik (MPa)	480	520	



Gambar 3. Pemodelan gaya dorong pada kursi dan pemberian *pretension* pada baut

Pembebanan dan kondisi batas. Gambar 3 menunjukkan pemodelan pembebanan pada kursi melalui batang penekan. Adapun jenis kontak antara batang penekan dengan kursi adalah *frictional* dengan koefisien gesek sebesar 0,1. Sebelum beban diberikan, pada baut yang mengikat kursi dengan lantai diberikan gaya *pretension* dengan besaran mengikuti Pers. 3.

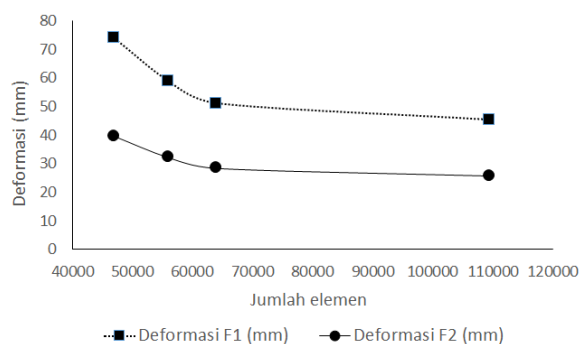
$$F_i = 0,9 \cdot A_t S_p \quad (3)$$

dimana A_t dan S_p adalah *tensile stress area* dan *proof strength* dari baut. Tabel 2 menunjukkan beberapa parameter pemodelan dalam simulasi uji statik kursi yang dilakukan.

Untuk menentukan ukuran elemen yang paling optimum, dilakukan tes konvergensi dengan mengukur perpindahan horizontal sandaran kursi versus jumlah elemen. Diperoleh hasil bahwa kurva mulai landai saat jumlah elemen lebih dari 70.000, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Untuk simulasi akhirnya dipilih ukuran elemen sebesar 5 mm.

Tabel 2. Parameter pemodelan

Kursi	H ₁ (m)	H ₂ (m)	F ₁ (N)	F ₂ (N)	F _i (kN)
Bus 1	0,75	0,5	1383	4100	12,5
Bus 2	0,8	0,55	1300	3736	12,5



Gambar 4. Kurva konvergensi

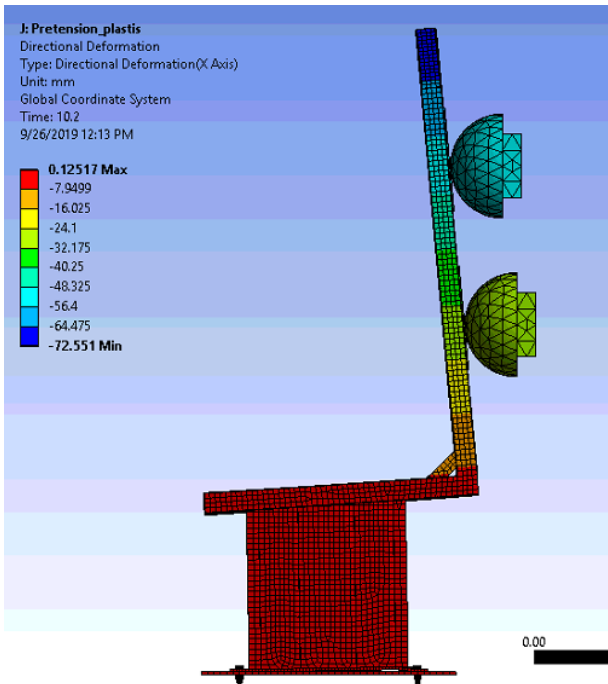
Tabel 3. Perpindahan horizontal

Kursi	pada F ₁ (mm)	pada F ₂ (mm)
Bus 1	130,2	62,1
Bus 2	51,3	28,6

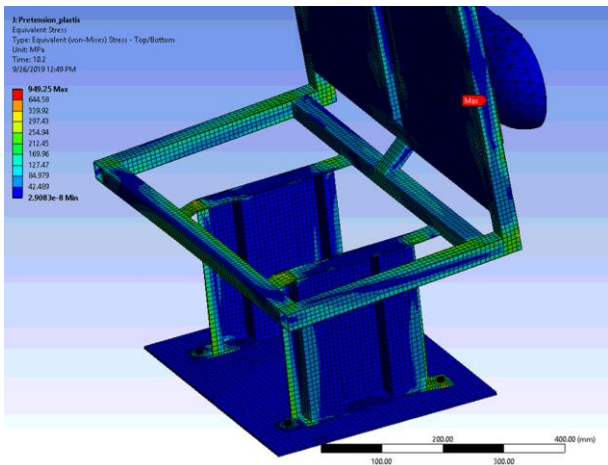
Hasil Simulasi dan Pembahasan

Dari hasil simulasi elemen hingga yang dilakukan, diperoleh hasil perpindahan horizontal sandaran kursi seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa kursi pada bus 1 (bus ukuran sedang) memenuhi persyaratan 1 dan 2, yaitu perpindahan horizontal tidak melebihi 400 mm (persyaratan 1) dan tidak kurang dari 100 mm dan 50 mm pada titik F_1 dan F_2 secara berurutan (persyaratan 2). Sedangkan pada bus 2 hanya persyaratan 1 yang terpenuhi. Kursi tersebut dinilai terlalu kaku, sehingga dapat meningkatkan resiko cedera pada penumpang yang terlontar dan tertahan pada sandaran kursi tersebut. Sebagai ilustrasi, deformasi yang terjadi pada kursi 2 dapat dilihat pada Gambar 5. Kursi bus 2 memiliki kekakuan yang lebih tinggi dari bus 1 karena memiliki profil yang lebih besar, yaitu 30 x 30 mm dengan ketebalan 2 mm, sedangkan kursi bus 1 memiliki diameter 20 mm dengan ketebalan yang sama.

Adapun ikatan kursi pada lantai dinilai cukup kuat. Deformasi yang terjadi tidak sampai membuat ikatan pada lantai menjadi lepas. Tegangan yang terjadi pada ikatan sekitar 300 MPa, lebih rendah dari kekuatan tarik pelat dan baut, seperti dapat dilihat pada Gambar 6. Sehingga dapat dinilai persyaratan 3 terpenuhi oleh kursi.



Gambar 5. Deformasi kursi saat pembebanan statik



Gambar 6. Tegangan pada ikatan kursi

persyaratan yang telah ditetapkan. Dalam studi ini simulasi uji statik dilakukan terhadap dua kursi bus berbeda. Diperoleh hasil bahwa kursi bus pertama dinilai memenuhi seluruh persyaratan uji statik dalam UNECE R80, namun tidak dengan kursi bus kedua. Kursi bus kedua memiliki kekakuan yang terlalu tinggi, sehingga diperkirakan akan dapat menimbulkan cedera yang lebih serius kepada penumpang, khususnya penumpang yang terlontar dan tertahan pada sandaran kursi tersebut pada saat terjadinya kecelakaan tabrakan arah depan.

Penghargaan

Penelitian ini dibiayai oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui skema Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi tahun 2018-2019.

Referensi

- [1] Pusat Data dan Informasi Direktorat Perhubungan Darat, 2017. Perhubungan Darat Dalam Angka, Tahun 2016, Direktorat Jendral Perhubungan Darat RI, Jakarta.
- [2] Direktorat Pembinaan Keselamatan, 2018. Gambaran Umum Kecelakaan Lalu Lintas Angkutan Umum (Bus dan Truk), Kementerian Perhubungan RI.
- [3] United Nations, 2012, Uniform Provisions Concerning the Approval of Seats of Large Passenger Vehicles and of These Vehicles with Regard to the Strength of the Seats and Their Anchorages, Regulation No. 80 revision 2 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE).
- [4] Federal Motor Carrier Safety Administration, 2018. Large Truck and Bus Crash Facts 2016, Federal Motor Carrier Safety Administration, United States.
- [5] Mitsubishi, H. et al., 2001. Research on Bus Passenger Safety in Frontal Impacts, Japan Automobile Research Institute, Japan.

Kesimpulan

Dalam studi ini telah dilakukan simulasi pengujian statik kursi penumpang bus dengan mengacu pada regulasi UNECE R80 menggunakan metode elemen hingga. Dari simulasi yang dilakukan, dapat dihitung perpindahan sandaran kursi ketika gaya statik diberikan. Kemudian dari besaran perpindahan yang diperoleh, dapat dilakukan evaluasi apakah kursi tersebut memenuhi