

ANALISIS GAYA COUPLER TERHADAP KEMIRINGAN LINTASAN PADA SIMULASI RANGKAIAN GERBONG BARANG

Ericha Dwi Wahyu Syah Putri¹, Agus Triono², Dedi Dwilaksana²,
Muhammad Trifiananto², Hary Sutjahjono², Robertus Sidartawan².

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

e-mail: ericha.syahputri@gmail.com

ABSTRACT

The dynamics of the longitudinal force of a train is a system of differential equations by neglecting the lateral or vertical motion of the carriages in the longitudinal equations, modeling and simulation of the train. The research was conducted on eleven train sets using Universal Mechanism software by modeling a CC300 type locomotive assembled on ten KKBW type freight cars. The purpose of the simulation is to determine the location of the maximum coupler force (F-Coupler) that occurs in the connection device for the freight car circuit when it passes through an S-shaped track, a radius of 300m with a slope of 0‰ and 6‰. Future research needs to analyze the simulation using the Train 3D model at the position of the train set which has the maximum coupler force taking into account the vertical and lateral forces experienced. Making technical specifications for series trains obtained from simulation results and field testing is considered necessary in determining the number and length of train sets according to track specifications in Indonesia.

Keywords: Railway longitudinal simulation, universal mechanism, maximum coupler force,

PENDAHULUAN

Transportasi adalah rangkaian kegiatan untuk memindahkan orang atau barang dari produsen kepada konsumen yang berada terpisah dari satu tempat ke tempat yang lain menggunakan kendaraan yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Transportasi diperlukan untuk mobilisasi masyarakat dari satu daerah ke daerah lain terutama di daerah perkotaan [1]. Jumlah pengguna transportasi di Indonesia pada tahun 2017 tercatat 136.667.740 unit dengan rincian 15.424.890 unit mobil penumpang, 2.490.748 unit bus, 7.281.224 unit truk dan 111.470.878 unit sepeda motor[2].

Transportasi atau angkutan diklasifikasikan menjadi 3 macam berdasarkan tipe dan penggunaannya, yaitu : moda angkutan pribadi (*private transport*), moda angkutan umum (*public transport*), dan moda angkutan yang disewa (*for-hir*). Kereta api merupakan salah satu angkutan umum yang memiliki jangkauan pelayanan mulai dari daerah pedesaan ke daerah perkotaan hingga penghubung antar negara. UU no. 23 tahun 2007, menjelaskan

bahwa kereta api adalah kendaraan yang berjalan di atas rel dengan cara dirangkai dan terdiri atas lokomotif, kereta maupun gerbong[3].

Konfigurasi kereta api adalah suatu pembentukan susunan atau pengaturan jumlah dari rangkaian dari kereta api. Babarajang merupakan contoh dari rangkaian kereta api di Indonesia tepatnya di Sumatera Selatan. Babarajang yang terdiri dari 3 buah lokomotif dan 60 rangkaian gerbong isi batubara sebanyak 50 ton di setiap gerbongnya[4]. Penambahan panjang dan berat pada kereta barang dapat menyebabkan anjloknya gerbong atau putusnya perangkat penghubung antar gerbong. Oleh karena itu, diperlukan gambaran untuk menentukan dinamika longitudinal kereta dan pemahaman dari dampak pengoperasian kereta api berdasarkan batas dari gaya-gaya yang bekerja.

Dinamika longitudinal kereta api merupakan sebuah sistem persamaan diferensial dengan mengabaikan gerakan arah lateral ataupun vertikal dari gerbong pada

persamaan, pemodelan, dan simulasi longitudinal kereta api[5]. Faktor-faktor yang mempengaruhi longitudinal kereta api adalah gaya traksi dan pengereman kereta api, profil lintasan, dan perangkat penghubung antar rangkaian.

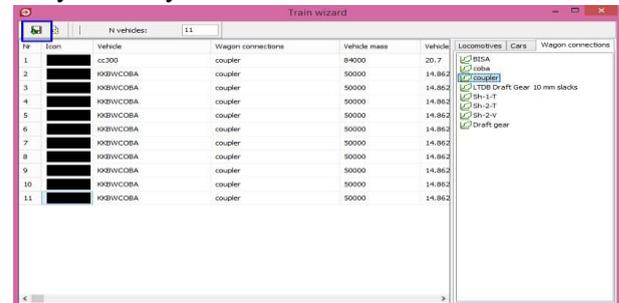
Penelitian sebelumnya menjelaskan tentang simulasi dinamika kereta api dengan menggunakan perangkat lunak *Universal Mechanism*. Simulasi dilakukan pada kecelakaan kereta di lintasan antara stasiun Gaiziunai dan Skaruliai dimana enam gerbong mengalami anjlok. Penyebab dari kecelakaan yang terjadi disimulasikan menggunakan UM model sederhana dan dilanjutkan simulasi 3D untuk mengetahui dinamika yang terjadi pada kasus kecelakaan kereta dengan batasan berupa spesifikasi teknis besarnya gaya longitudinal yang diizinkan pada gerbong barang[6].

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, maka dilakukan pengembangan penelitian tentang simulasi longitudinal pada sebelas rangkaian kereta api dengan menggunakan perangkat lunak *Universal Mechanism*. Simulasi dilakukan pada sebuah lokomotif tipe CC300 yang dirangkaian dengan sepuluh buah gerbong barang tipe KKBW. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui letak gaya coupler maksimum (*FCoupler*) yang terjadi pada perangkat koneksi rangkaian gerbong barang ketika melalui lintasan berbentuk S, radius 300m dengan kemiringan 0‰ dan 6 ‰.

PEMODELAN SIMULASI

Simulasi dinamika gaya longitudinal kereta api menggunakan software *Universal Mechanism* terdiri atas UM Input dan UM Simulation. UM Input berfungsi untuk memodelkan elemen-elemen rangkaian kereta yang saling berhubungan satu sama lain. Rangkaian kereta api terdiri atas sebuah lokomotif dengan sepuluh gerbong barang yang dihubungkan oleh perangkat *coupler* (seperti pada gambar 1). UM Simulation berfungsi untuk menggerakkan model kereta api.

lintasan, sistem pengereman kereta, dan masih banyak lainnya.



Gambar 1. Pemodelan Rangkaian Kereta Api

Alat penghubung kereta api (*Coupler*) merupakan komponen penting dalam proses simulasi longitudinal kereta api. *Coupling* atau *Coupler* adalah mekanisme untuk menghubungkan rangkaian kereta baik pada lokomotif atau kereta atau gerbong. Perangkat yang menghubungkan coupler dengan kereta api disebut *draft gear* atau *draw gear*. Coupler yang dipakai pada penelitian ini adalah jenis *tightlock automatic coupler* milik PT.INKA (PERSERO) seperti pada Gambar 2.

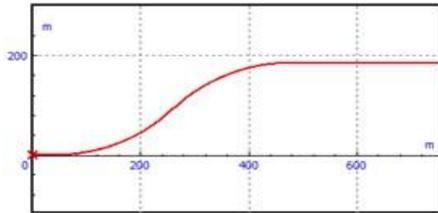


Gambar 2. Tightlock Automatic Coupler [7]

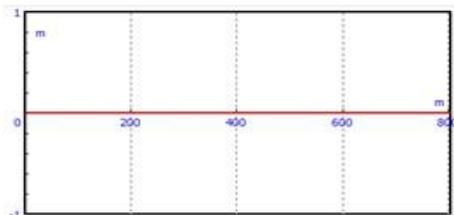
Makrogeometri lintasan digambarkan secara horizontal maupun vertikal yang digunakan pada penelitian ini. Lintasan arah horizontal berbentuk S dengan panjang lintasan 805 m (seperti pada gambar 3). Lintasan pertama berbelok ke arah kiri dengan radius 300 m yang dimulai dari garis lurus sepanjang 30 m kemudian 50 m lintasan transisi dan 200 m lintasan berbelok. Lintasan kedua berbelok ke arah kanan dengan radius 300 m yang dimulai dari garis lurus sepanjang 10 m kemudian 50 m lintasan transisi dan 200 m lintasan melengkung.

Lintasan ketiga berbentuk lintasan lurus sepanjang 265 m. Lintasan arah vertikal dimodelkan menjadi 2 tipe, yaitu :

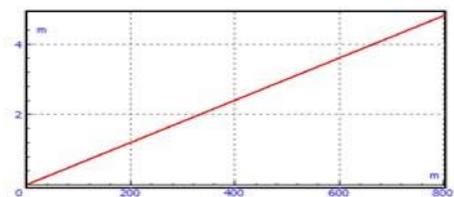
- 1) Lintasan datar dengan kemiringan 0‰, seperti pada gambar 4.
- 2) Lintasan menanjak dengan kemiringan 6‰, seperti pada gambar 5.



Gambar 3. Lintasan Berbentuk S Arah Horizontal;

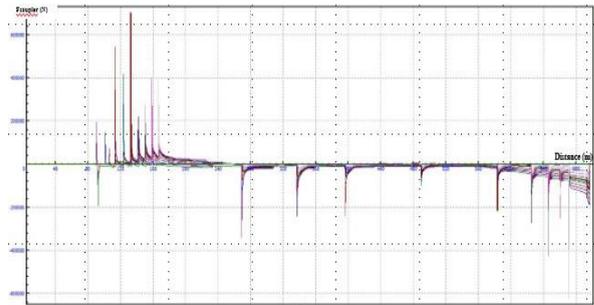


Gambar 4. Lintasan Arah Vertikal 0‰ ;

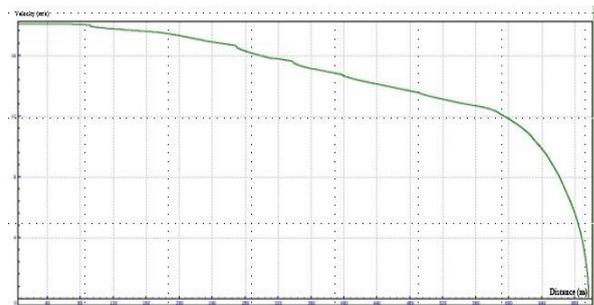


Gambar 5. Lintasan Arah Vertikal 6‰

Hasil proses simulasi didapatkan data gaya penghubung antar gerbong ($F_{coupler}$). Gambar 6 merupakan hasil simulasi gaya coupler pada kemiringan 0‰ (lintasan datar), menjelaskan bahwa konfigurasi ke-2, ke-3, ke-7, dan ke-8 memiliki gaya coupler pada kondisi tekan maupun tarik relatif lebih rendah dan posisi mereka berada saling berdekatan satu sama lain. Gaya coupler maksimum pada lintasan 0‰ terdapat pada konfigurasi ke 6 sebesar 703,8 kN saat kondisi tekan atau kondisi kereta api mengerem pada jarak ke 132 m. Hasil dari simulasi ini menunjukkan bahwa kondisi tekan pada kereta api yang begitu besar dapat menyebabkan terjadinya anjlok pada rangkaian gerbong yang berada di posisi jauh dari lokomotif.



Gambar 6. Gaya Coupler pada Lintasan 0‰

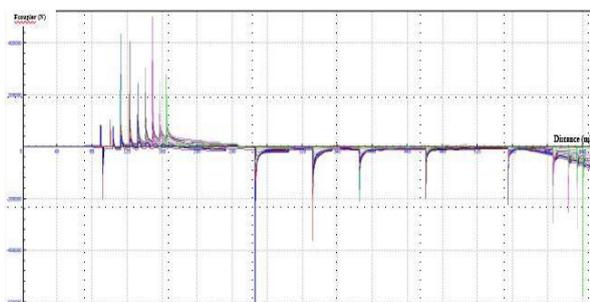


Gambar 7. Profil Kecepatan Lintasan 0‰

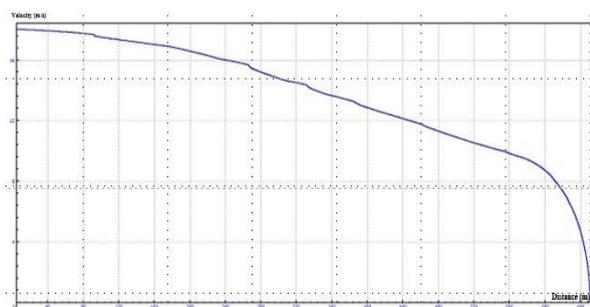
Gambar 7. menunjukkan profil kecepatan yang dialami rangkaian gerbong barang pada lintasan 0‰ selama proses simulasi. Kecepatan awal kereta 65 km/jam berkurang sesuai dengan pengaturan pengereman. Rem bantu (*auiliary brake*) pada lokomotif sebagai pengereman langsung (*service brake*) dioperasikan pada awal kereta berjalan. Jarak ke 31 m, mulai dilakukan pengereman langsung (*service brake*) pada lintasan yang akan berbelok ke kiri dengan tekanan 60.000 Pascal hingga jarak ke 281 m, rem berada di posisi release. Jarak ke 291 m, terjadi pengoperasian ulang (*running repeat*) pada lintasan berbelok ke kanan. Pada jarak ke 558 m, dilakukan pengoperasian rem darurat dan kecepatan kereta berkurang hingga kereta berada pada kondisi berhenti di jarak 696,8 m.

Hasil simulasi sebelas konfigurasi kereta pada lintasan 6‰ (lintasan menanjak) menunjukkan gaya coupler maksimum terdapat pada konfigurasi ke 2 sebesar 602,5 kN pada kondisi tarik atau saat kereta tepat akan berhenti pada proses pengereman darurat. Gambar 8 menunjukkan bahwa konfigurasi ke-2, ke-3, ke-6, dan ke-7 memiliki gaya coupler pada kondisi tekan maupun tarik relatif lebih kecil dan mereka saling berdekatan satu sama lain.

Kondisi ini dapat disebabkan karena pada kereta bagian depan telah terjadi pengereman sedangkan pada bagian belakang masih dalam kondisi berjalan. Kondisi seperti ini dapat terjadi karena kereta setelah lokomotif harus menarik kereta berangkaian yang ada di belakangnya dalam kondisi menanjak.



Gambar 8. Gaya Coupler pada Lintasan 6%



Gambar 9. Profil Kecepatan Lintasan 6%

Gambar 9 menunjukkan profil kecepatan yang dialami rangkaian kereta api pada lintasan 0% selama proses simulasi. Kecepatan awal kereta 65 km/jam berkurang sesuai dengan pengaturan pengereman. Rem bantu (*auiliary brake*) pada lokomotif sebagai pengereman langsung (*service brake*) dioperasikan pada awal kereta berjalan. Jarak ke 31 m, mulai dilakukan pengereman langsung (*service brake*) pada lintasan yang akan berbelok ke kiri dengan tekanan 60.000 Pascal hingga jarak ke 281 m rem berada di posisi release. Jarak ke 291 meter terjadi pengoperasian ulang (*running repeat*) pada lintasan berbelok ke kanan. Pada jarak ke 558 m, dilakukan pengoperasian rem darurat dan kecepatan kereta berkurang hingga kereta berada pada kondisi berhenti di jarak 687,35 m.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari simulasi rangkaian kereta dibandingkan dengan spesifikasi teknis yang digunakan suatu negara yaitu milik negara Lithuania. Spesifikasi teknis menjelaskan tentang persyaratan untuk desain infrastruktur kereta api, rangkaiannya dan maksimum dinamika gaya longitudinal kereta [6].

Tabel 1. Gaya Longitudinal Kondisi Tarik pada Gerbong Barang [6]

Jenis Kereta Api	Radius Belok Kendaraan Rel (m)								
	150	200	250	400	700*				
Berat	0	392u	-	490u	-	490u	-	490u	-
Gerbong	10	685u	-	785u	-	883u	-	1177u	932t
Barang (ton)	20	981p	932t	1079p	932t	1177p	932t	1275p	932t
	30	1275p	932t	1275p	932t	1275p	932t	1275p	932t
	40	1275p	932t	1275p	932t	1275p	932t	1275p	932t
	50	1275p	932t	1275p	932t	1275p	932t	1275p	932t
	60	1275p	932t	1275p	932t	1275p	932t	1275p	932t
	70	1275p	932t	1275p	932t	1275p	932t	1275p	932t

Keterangan :

- u = kondisi roda berada stabil pada rel
- p = lintasan stabil dengan tipe rel R50 dan kondisi ballast tidak stabil
- t = gaya coupler saat mulai dan terjadi pengereman

Tabel 2. Gaya Longitudinal Kondisi Tekan pada Gerbong Barang [6]

Jenis Kereta Api	Radius Belok Kendaraan Rel (m)								
	150	200	250	400	700*				
Berat	0	392u	-	441u	-	490u	-	490u	-
Gerbong	10	588u	-	638u	-	687u	-	736u	785u
Barang (ton)	20	785u	-	833u	-	883u	-	932u	981u
	30	981u	-	932a	1030u	981p	932a	1070u	981p
	40	1176u	981p	932a	1226u	981p	932a	981p	932a
	50	981p	932a	981p	932a	981p	932a	981p	932a
	60	981p	932a	981p	932a	981p	932a	981p	932a
	70	981p	932a	981p	932a	981p	932a	981p	932a

Keterangan :

- u = kondisi roda berada stabil pada rel
- p = lintasan stabil dengan tipe rel R50 dan kondisi ballast tidak stabil
- a = gaya coupler saat mulai, batas kecepatan 60 km/jam dan terjadi pengereman, gaya tekan maksimum tidak boleh melebihi 932kN
- * = lebih dari sama dengan 700 m

Tabel 1 menjelaskan tentang gaya longitudinal pada kondisi tarik atau saat gerbong berada pada kondisi berjalan sedangkan Tabel 2 menjelaskan pada kondisi tekan atau saat gerbong mengalami pengereman. Spesifikasi teknis menjelaskan bahwa gaya coupler maksimum gerbong barang

dengan berat 50 ton dan radius 300 m pada kondisi tarik dan tekan tidak boleh melebihi 932 kN. Jadi, dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi sebuah lokomotif CC300 yang menarik gerbong barang dengan berat 50 ton per gerbong pada kemiringan lintasan 0‰ dan 6‰ serta radius 300 m berada pada kondisi aman atau tidak terjadi anjlok.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari simulasi sebelas rangkaian gerbong barang menggunakan coupler jenis tighlock autocoupler pada kecepatan 65km/jam dengan lintasan S dan radius 300m adalah sebagai berikut :

- 1) Lintasan dengan kemiringan 0‰ (lintasan datar) menunjukkan bahwa gaya coupler maksimum terjadi ketika kereta mengerem (kondisi tekan) sebesar 703,8 kN pada konfigurasi ke 6.
- 2) Lintasan dengan kemiringan 6‰ (lintasan menanjak) menunjukkan bahwa gaya coupler maksimum terjadi ketika kereta berjalan (kondisi tarik) sebesar 602,5 kN pada konfigurasi ke 2.

SARAN

Saran yang dapat diberikan oleh peneliti dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian lebih lanjut menggunakan model Train 3D pada posisi rangkaian kereta yang memiliki gaya coupler maksimum dengan memperhitungkan gaya vertikal dan lateral yang dialami,
- 2) Pembuatan spesifikasi teknis kereta berangkaian sesuai spesifikasi lintasan di Indonesia dengan memperhatikan jumlah dan panjang rangkaian kereta yang didapatkan dari hasil simulasi dan pengujian di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Warpani, S. 2002. Pengelolaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Bandung : Institut Teknologi Bandung
- [2] Badan Pusat Statistik. 2018. Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Provinsi dan Jenis Kendaraan

(unit) tahun 2015-2017. Jakarta: Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id>. diakses pada tanggal 01 Oktober 2018

- [3] Sekretariat Negara. 2007. Undang-Undang No. 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian. Lembaran Negara RI Tahun 2007, No. 23. Jakarta: Republik Indonesia
- [4] KNKT. 2017. Laporan Investigasi Kecelakaan Perkeretaapian KA 3019. Departemen Perhubungan dan Telekomunikasi RI, Jakarta
- [5] Garg, V.K. dan Dukkupati, R.V. 1984. *Dynamics of Railway Vehicle Systems*. New York : Academic Press
- [6] Petrenko, V. 2016. *Simulation of Railway Vehicle Dynamics in Universal Mechanism*. Procedia Engineering. 134 : 23-29
- [7] Maghfiroh, H. 2019. *Coupler*. <http://www.keretalistik.com/2016/02/couplers-1.html>. diakses pada tanggal 10 Januari 2019