



## **KAJIAN LANDAI MAKSIMUM, PANJANG LANDAI KRITIS DAN PANJANG LANDAI PERALIHAN PADA POTONGAN MEMANJANG JALAN ANTAR KOTA**

Wahyudi Kushardjoko<sup>1</sup>, Djoko Purwanto<sup>1</sup>, Efrin P Hsb<sup>1</sup>, Sony H<sup>1</sup>

*Diterima 03 Juni 2009*

### **ABSTRACT**

*In the engineering of vertical alignment are identified maximum grade dan critical length. Maximum grade and critical length by AASHTO and Bina Marga, the vehicle standard is not equal with heavy vehicle operating in Indonesia. The goal of the research is to analysis the mulberry of maximum grade and critical length that are definded in the regulation and arranged by Bina Marga, to definite critical length for descend lane and ideal transition grade. From the velocity data when entrance and finished the slanting upward and the heavy of vehicle, it can calculate the critical length. While critical length of descend lane, it can calculate from the amount of maximum braking performed by vehicle, until no happen the system braking is damaged. The transition length is definded from distance that's needed by vehicle from the speed at the end of upward grade, until vehicle speed return to recovery. The results of this research denotes that critical length is relatively smallest than critical length that recomendation by Bina Marga. As consequence of this case, the maximum grade that's recomend by Bina Marga should be decrease. The limitation of critical length for descend lane is needed to avoid damaging of braking system of vehicle. The definition of minimum transition length is recomend to recover vehicle speed design from decrease speed because upward lane, in order to avoid traffic jam.*

**Keywords :** *vertical alignment, critical length, maximum grade, transition grade, heavy vehicle*

### **ABSTRAK**

*Dalam perancangan alinyemen vertikal dikenal istilah "kelandaian maksimum" dan "panjang kritis". Dalam menentukan besaran landai maksimum dan panjang kritis oleh AASHTO dan Bina Marga, kendaraan yang dipakai tidak sama dengan kondisi kendaraan berat yang beroperasi di Indonesia sekarang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji besarnya landai maksimum dan panjang kritis yang telah ditentukan oleh peraturan dan tata cara yang telah dikeluarkan oleh Bina Marga, menentukan panjang kritis untuk jalur jalan yang menurun dan menentukan panjang landai peralihan yang ideal. Dari data kecepatan sebelum memasuki tanjakan dan sebelum akhir tanjakan yang diperoleh dari survai serta berat kendaraan kendaraan dapat dihitung panjang kritis. Sedangkan*

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil FT. UNDIP  
Kampus Tembalang Jl. Prof. Soedarto SH. Tembalang Semarang  
Email : wydk@sipil.ft.undip.ac.id; djokopurwt@gmail.com

*panjang kritis untuk turunan dapat dihitung dari banyaknya pengereman maksimum yang dilakukan oleh kendaraan sehingga tidak terjadi kerusakan sistem rem. Panjang landai peralihan ditentukan dari jarak yang diperlukan kendaraan dari kecepatan pada akhir tanjakan hingga kecepatan kendaraan kembali seperti kecepatan rencana. Hasil penelitian ini menunjukkan panjang kritis yang relatif lebih pendek dibanding panjang kritis yang disarankan oleh Bina Marga. Sebagai konsekuensi dari panjang kritis yang relatif lebih pendek, maka landai maksimum yang ditetapkan Bina Marga juga harus diturunkan. Pembatasan panjang kritis untuk turunan juga diperlukan untuk menghindari kerusakan sistem rem pada kendaraan. Penentuan panjang landai peralihan minimum disarankan untuk mengembalikan kecepatan kendaraan yang telah berkurang akibat tanjakan menjadi kecepatan rencana agar tidak terjadi gangguan arus lalu lintas.*

**Kata Kunci :** *alinyemen vertikal, panjang kritis, landai maksimum, landai peralihan, kendaraan berat.*

## PENDAHULUAN

Perancangan geometrik jalan merupakan bagian dari perancangan jalan yang dititik beratkan pada perancangan bentuk fisik jalan sedemikian sehingga dapat menghasilkan bentuk jalan yang dapat dimanfaatkan untuk operasi lalu lintas dengan cepat, lancar, aman, nyaman dan efisien. Panjang kritis adalah bagian dari perancangan geometrik jalan yang harus diperhatikan ketentuannya, seperti yang diatur dalam standard AASHTO, maupun Bina Marga. Panjang kritis pada dasarnya ada dua bagian, yaitu panjang kritis pada saat kendaraan menanjak, dan panjang kritis pada saat kendaraan menurun. Tidak ada batasan panjang kritis pada saat kendaraan berjalan menurun. Oleh karena sering terjadi pengemudi tidak bisa menguasai kendaraannya pada saat menurun, karena adanya kerusakan pada system remnya (rem blong). Bila suatu **panjang kritis telah terlampaui** (tanjakan terlalu panjang), maka perencana harus **membuat landai peralihan** (bisa berupa turunan atau datar). Landai peralihan ini diperlukan agar kecepatan kendaraan kembali normal sebelum memasuki tanjakan lagi. Disamping itu juga dikenal landai maksimum, yang lazim disebut landai, adalah suatu besaran untuk menunjukkan besarnya kenaikan atau penurunan vertical dalam suatu satuan jarak horizontal, yang biasanya dinyatakan dalam persen. Pada jalan dengan kelandaian relatif kecil (<3%) tidak memberi pengaruh signifikan pada gerakan mendaki atau menurun

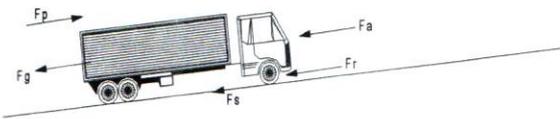
dari kendaraan, akan tetapi dengan bertambahnya kelandaian, maka akan berpengaruh terhadap gerak kendaraan terutama kendaraan berat dengan muatan penuh. Kecepatan kendaraan akan berkurang secara signifikan jika kelandaianya besar. Demikian juga kendaraan yang menurun kecepatannya akan bertambah besar jika tidak dibantu dengan pengereman. Panjang landai kritis, panjang landai peralihan dan landai maksimum hasil penelitian ini, akan dikomparasikan dengan standard yang ada, baik AASHTO maupun Bina Marga, dan dapat dijadikan masukan untuk review standard yang ada baik untuk landai maksimum dan panjang kritis yang telah ada dalam standard Bina Marga, maupun penetapan landai peralihan yang ideal.

## METODOLOGI

Pergerakan kendaraan dipengaruhi oleh beberapa faktor dari luar (lihat Gambar 1). Faktor tersebut meliputi tahanan udara ( $F_a$ ), tahanan putar ( $F_r$ ), tahanan gesek ( $F_s$ ), dan tahanan yang ditimbulkan akibat kemiringan jalan ( $F_g$ ), dan tentu saja pengaruh dari kekuatan mesin ( $F_p$ ). Dalam pembahasan berikutnya  $W$  adalah berat kendaraan (dalam Kg);  $P$  adalah kekuatan mesin (dalam kW);  $V$  adalah kecepatan kendaraan (dalam m/s);  $a$  adalah pertambahan konstan kecepatan kendaraan (dalam  $m/s^2$ );  $r$  adalah faktor efisiensi mesin;  $\alpha$  adalah sudut kemiringan;  $G$  adalah kelandaian jalan. Ketika kendaraan sedang mengalami percepatan, tahanan gesek ( $F_s$ ) dapat dianggap sama

dengan nol dan gaya yang bekerja akibat berat efektif kendaraan setelah semua gaya yang bekerja diseimbangkan dengan gaya tahanan, gaya yang bekerja menjadi :

$$r F_p - F_a - F_r - F_g = M_e * a \dots\dots\dots(1)$$



Gambar 1. Gaya yang Bekerja pada Kendaraan yang Bergerak

Massa efektif,  $M_e$ , adalah kombinasi dari massa efektif dan massa ekuivalen untuk menghitung kehilangan gaya yang bekerja pada mesin kendaraan selama perputaran inersia kendaraan dan komponen kendaraan selama terjadinya percepatan.

Kehilangan gaya pada mesin kendaraan dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$F_p = \frac{1000 P(W)}{V(m/s)} (N) = \frac{101,97 P}{V} Kg \dots\dots\dots(2)$$

$F_g = W \sin \alpha \approx W * G$ , jika sudut sangat kecil

$F_p$  dapat bernilai maksimum ketika pengemudi menambah kecepatan kendaraan hingga ke-mampuan maksimum kendaraan. Jika gaya ini tidak mencukupi untuk melawan gaya yang lain, maka akan terjadi perlambatan bahkan ketika dibawa ke kekuatan maksimum. Besarnya perlambatan dapat ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$a = \frac{1}{M_e} \left( \frac{1000.r.P}{V} - F_a - F_r - W G \right)$$

$$a = \frac{1}{M_e} \left( \frac{101,97 \frac{r}{V}}{\frac{W}{P}} - \frac{(F_a + F_r)}{W} - G \right) * g \dots\dots\dots(3)$$

$W$  dalam Kg. Jika massa statis :  $M = \frac{W}{g}$ ,

perbandingan massa statis dan massa efektif dapat ditunjukkan dengan persamaan empiris:

$$\frac{M}{M_e} = 0,2 \text{ jika } V \leq 1,8 m/s$$

$$\frac{M}{M_e} = 1,02 - \frac{1,45}{V} \text{ jika } V \leq 1,8 m/s$$

Tahanan putar,  $F_r$ , pada truk yang berjalan pada jalan yang diperkeras dapat dihitung dengan menggunakan rumus umum:

$$F_r = (K_r + K_s * V) * W \dots\dots\dots(4)$$

Untuk kecepatan sampai 128 km/jam  $K_r = 0,01$  dan  $K_s = \frac{1}{4470}$ .

Sedangkan tahanan udara dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$F_a = \frac{\rho}{2} C_a A V^2 = 0,3779 V^2, Kg \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

$\rho$  = rapat massa udara diatas muka laut = 1,2256 kg/m<sup>3</sup>

$C_a$  = Koefisien tarik = 0,8 – 1,0 diambil 0,8

$A$  = Potongan melintang bagian depan kendaraan = 0,9

Efisiensi mesin,  $r$ , memperlihatkan kehilangan kekuatan mesin akibat tahanan transmisi dan gesekan ban. Gesekan ban akan sangat berpengaruh akibat berat truk sehingga menyebabkan kendaraan berjalan lambat.

Pengurangan kekuatan mesin akibat tahanan transmisi berkisar dari 10% pada gear tinggi, 15% pada gear rendah dan 20-25% pada transmisi dengan tahanan tinggi.

Nilai  $r$  diambil 0,92 dengan asumsi bahwa truk sering dioperasikan pada gear tinggi. Nilai 2% lebih tinggi dari efisiensi yang disarankan oleh Taborek untuk mengantisipasi keuntungan

yang diperoleh truk akibat perkembangan teknologi, sehingga nilai percepatan dapat dihitung :

$$a = \left(1,02 - \frac{14,5}{V}\right) \left(\frac{101,97 \cdot r / V}{W / P} - \frac{(Fa + Fr)}{W} - G\right) * g \dots\dots(6)$$

P dalam kW

Jarak yang dibutuhkan kendaraan hingga kecepatan tetap ( $a = 0$ , terjadi-nya *Crawl Speed*).

$$x = \int_{V_0}^{V_t} \frac{V}{a} dV = \frac{1}{a} \left[ \frac{1}{2} V^2 \right]_{V_0}^{V_t} = \frac{1}{2a} [V_t^2 - V_0^2] \dots\dots(7)$$

Jika waktu diketahui, perhitungan percepatan atau pun perlambatan dapat juga dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$a = \frac{V_t - V_0}{t} \dots\dots\dots(8)$$

Sedangkan jarak yang ditempuh dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$s = V_0 * t + \frac{1}{2} * a * t^2 \dots\dots\dots(9)$$

dimana :

$V_t$  = Kecepatan akhir

$V_0$  = Kecepatan awal

$t$  = waktu kendaraan mengalami percepatan/perlambatan

$s$  = jarak yang ditempuh kendaraan

Penentuan kecepatan kendaraan berfungsi untuk mengetahui besarnya kecepatan awal kendaraan sebelum memasuki tanjakan dan kecepatan akhir kendaraan akibat pengaruh kelandaian jalan. Kecepatan awal kendaraan yang semakin besar akan berakibat terhadap jarak yang ditempuh kendaraan yang semakin panjang selama melewati tanjakan hingga kecepatan kendaraan tetap (*crawl speed*), demikian pula jika kecepatan awal kendaraan yang semakin kecil akan berakibat terhadap jarak yang ditempuh kendaraan yang semakin pendek selama melewati tanjakan hingga kecepatan tetap (*crawl speed*). Dalam hal ini

diasumsikan kecepatan kendaraan sebelum akhir tanjakan dapat menunjukkan besarnya muatan yang dibawa oleh kendaraan. Kendaraan yang mempunyai kecepatan yang besar melewati akhir tanjakan dapat dianggap tidak membawa muatan (bermuatan tidak penuh). Sebaliknya pada kendaraan yang membawa muatan akan berjalan dengan kecepatan yang rendah sebelum memasuki akhir tanjakan.

Pada penelitian ini, kendaraan dikategorikan berdasarkan berat yang diangkut kendaraan. Kendaraan dikategorikan menjadi tiga kelompok yaitu kendaraan dengan muatan kurang dari beban maksimum standar, kendaraan dengan muatan beban maksimum standar dan kendaraan dengan muatan lebih dari beban maksimum standar (*over load*). Untuk membedakan suatu kendaraan dengan tiga kategori diatas maka dilakukan dengan mengamati muatan yang dibawa kendaraan saat survai dilakukan dan pengamatan terhadap kecepatan kendaraan sebelum memasuki akhir tanjakan.

Pada ruas jalan tertentu, kendaraan bermuatan lebih dari beban maksimum standar memiliki presentase lebih besar dibandingkan kendaraan dengan muatan beban maksimum standar, hal ini dapat menimbulkan pengaruh terhadap geometrik jalan yaitu bentuk fisik jalan yang tidak lagi bisa memenuhi fungsi dasar dari jalan tersebut. Pelayanan jalan menjadi kurang optimal sehingga menyebabkan arus lalu lintas kurang aman dan nyaman.

Penentuan kategori kendaraan yang didasarkan pada kecepatan kendaraan sebelum akhir tanjakan berbeda untuk setiap kelandaian dikarenakan pengaruh yang timbul akibat adanya kelandaian yang berbeda terhadap kendaraan. Semakin besar kelandaian pada suatu jalan, maka pengaruh terhadap kecepatan kendaraan pada tanjakan akan semakin besar (perlambatan yang terjadi besar), begitu juga sebaliknya semakin kecil suatu kelandaian jalan maka pengaruh yang ditimbulkan terhadap kendaraan akan semakin kecil juga (perlambatan yang terjadi kecil).

Perlambatan pada kendaraan terjadi sebagai akibat dari adanya perubahan kelandaian jalan dan beban yang diangkut oleh kendaraan. Perlambatan dihitung dengan menggunakan persamaan (6).

Kendaraan digolongkan menjadi tiga, berdasarkan beban yang diangkutnya. Pada kendaraan yang digolongkan kedalam bermuatan tidak penuh, beban yang dimasukkan saat perhitungan perlambatan sebesar setengah (0.5) dari Jumlah Berat yang Diijinkan (JBI), yang dikeluarkan oleh Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. Untuk kendaraan yang digolongkan bermuatan penuh, beban yang diperhitungkan sesuai dengan JBI kendaraan. Sedangkan untuk kendaraan bermuatan lebih (*over load*), beban yang dimasukkan untuk memperhitungkan perlambatan sebesar 1.3 dari JBI. Jarak yang dibutuhkan hingga kendaraan mencapai kecepatan tetap akan semakin pendek ketika kendaraan melintasi jalan dengan kelandaian yang semakin besar. Demikian sebaliknya, akan semakin panjang ketika melintasi jalan dengan kelandaian yang semakin kecil. Perhitungan jarak yang dibutuhkan kendaraan hingga mencapai kecepatan tetap dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (7).

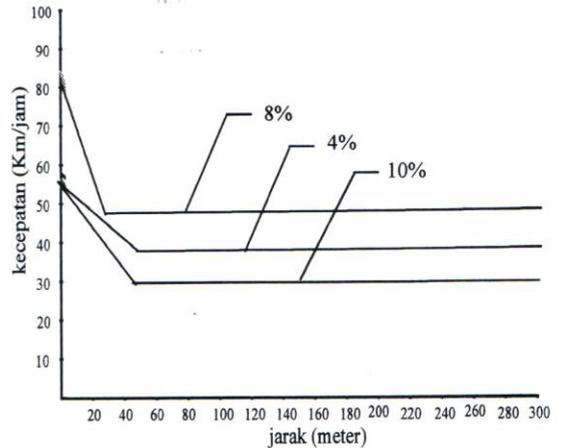
Dengan menggunakan *software Microsoft Excell*, dapat digambarkan grafik hubungan kecepatan kendaraan dan jarak hingga kendaraan mencapai kecepatan tetap (*crawl speed*).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

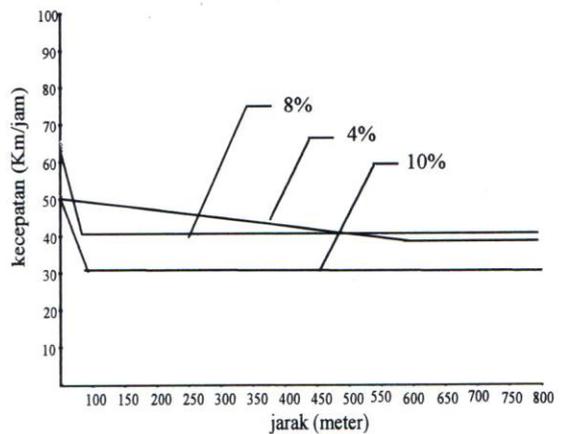
#### Pada Kendaraan Bermuatan Kurang dari Beban Maksimum Standar

Berdasarkan survai yang dilakukan, diperoleh grafik hubungan jarak dengan kecepatan untuk kendaraan dengan kapasitas mesin 100 HP dan 200 HP kategori bermuatan kurang dari beban

maksimum standar dengan kelandaian yang berbeda, seperti terlihat pada Gambar 2 dan 3.



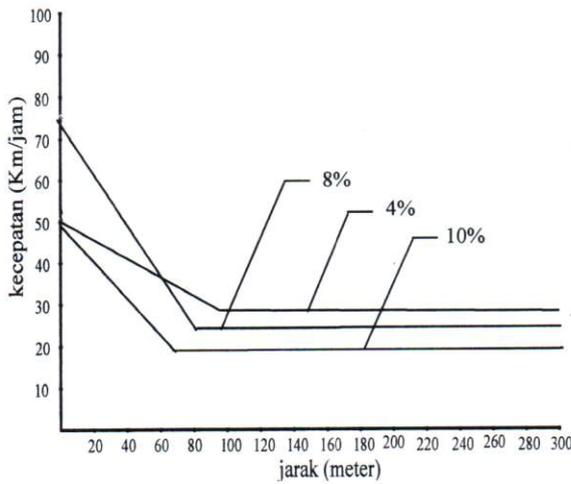
Gambar 2. Grafik hubungan kecepatan dan jarak untuk kendaraan 100 HP bermuatan kurang dari beban maksimum standar



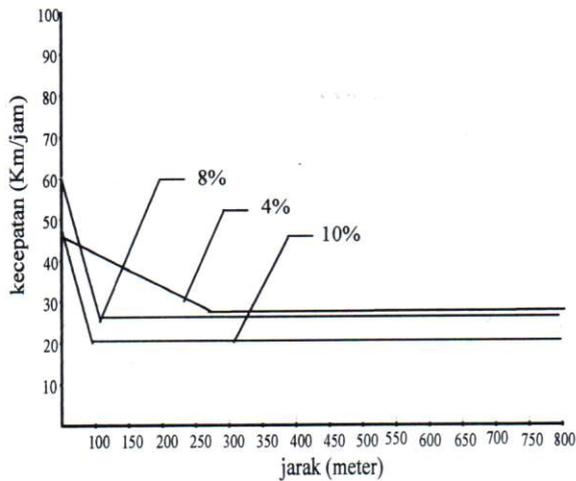
Gambar 3. Grafik hubungan kecepatan dan jarak untuk kendaraan 200 HP bermuatan kurang dari beban maksimum standar

**Pada Kendaraan Bermuatan dengan Beban Standar Maksimum**

Hubungan jarak dengan kecepatan untuk kendaraan dengan kapasitas mesin 100 HP dan 200 HP kategori bermuatan beban standar maksimum, seperti terlihat pada Gambar 4 dan 5.



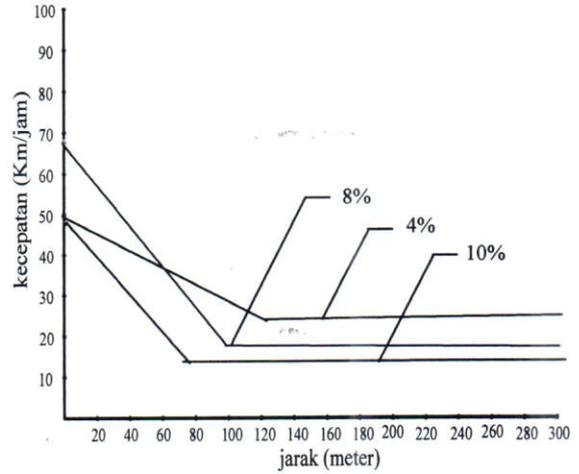
Gambar 4. Grafik hubungan kecepatan dan jarak untuk kendaraan 100 HP bermuatan standar maksimum



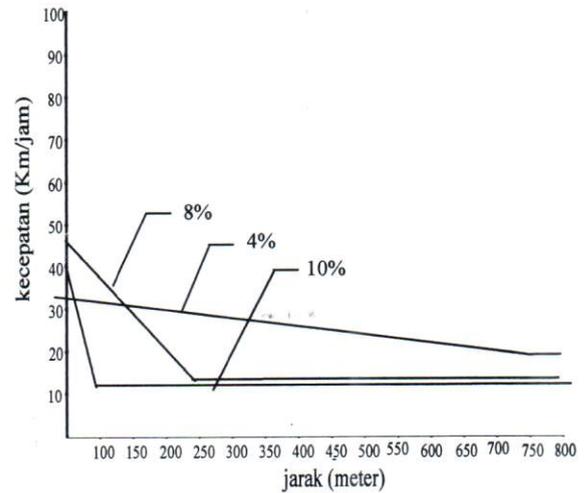
Gambar 5. Grafik hubungan kecepatan dan jarak untuk kendaraan 200 HP bermuatan standar maksimum

**Pada Kendaraan dengan Kondisi Muatan Lebih dari Beban Maksimum Standar**

Pada kondisi kendaraan dengan muatan berlebih, grafik hubungan jarak dengan kecepatan untuk kendaraan dengan kapasitas mesin 100 HP dan 200 HP ditunjukkan sbb, seperti ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7.



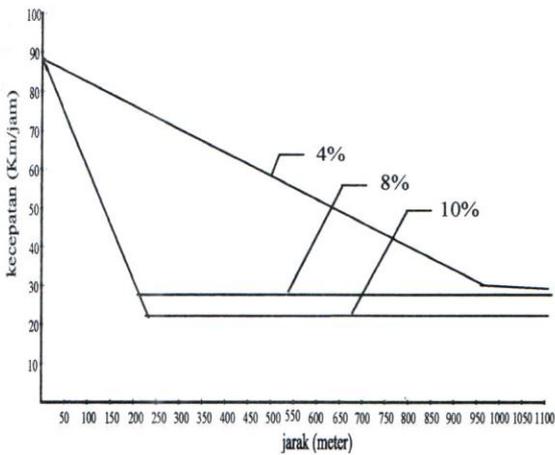
Gambar 6. Grafik hubungan kecepatan dan jarak untuk kendaraan 100 HP bermuatan lebih dari muatan maksimum standar (*over load*)



Gambar 7. Grafik hubungan kecepatan dan jarak untuk kendaraan 200 HP bermuatan lebih dari muatan maksimum standar (*over load*)

Berdasarkan hasil survai kecepatan kendaraan pada turunan disimpulkan bahwa kecepatan kendaraan sebelum memasuki turunan dan setelah turunan sama, pengemudi kendaraan cenderung untuk memperahankan kecepatan kendaraan yang dikemudikannya.

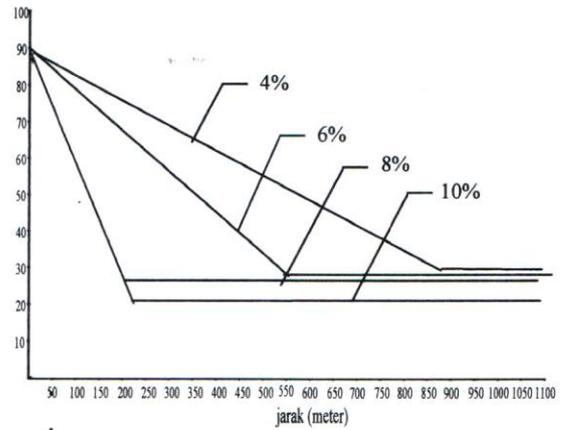
Dengan penyesuaian kecepatan awal yang sama untuk semua kelandaian, maka dapat dibuat grafik seperti terlihat pada Gambar 8 berikut :



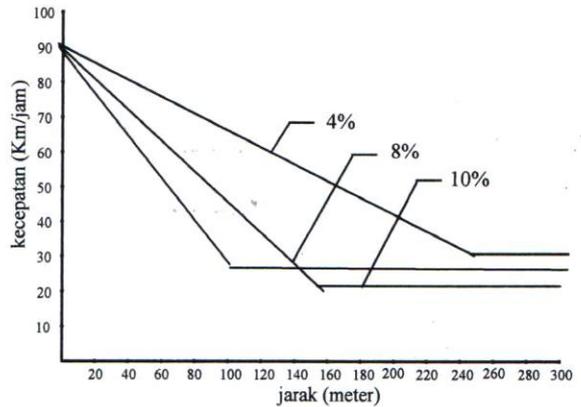
Gambar 8. Grafik hubungan kecepatan dan jarak untuk kendaraan 200 HP bermuatan standar maksimum

Dengan melakukan interpolasi, dapat ditentukan grafik yang menunjukkan hubungan kecepatan dan jarak pada kelandaian 6%. Hasil interpolasi untuk kelandaian 6% ditunjukkan pada grafik Gambar 9 dan 10.

Tabel 1 memperlihatkan panjang kritis yang diperoleh untuk kendaraan bermuatan dengan beban muatan maksimum standar dengan kapasitas mesin 200 HP.



Gambar 9. Grafik hubungan kecepatan dan jarak untuk kendaraan 200 HP bermuatan standar maksimum pada kelandaian 4%, 6%, 8% dan 10%



Gambar 10. Grafik hubungan kecepatan dan jarak untuk kendaraan 100 HP bermuatan standar maksimum

Tabel 1 Besarnya Panjang Kritis

Kecepatan Awal (Km/jam)	Kelandaian ( % )			
	4	6	8	10
80	588	363	137	133
60	441	272	102	65

Sumber : Hasil pembacaan grafik hubungan kecepatan dan jarak untuk kendaraan 200 HP

Sedangkan panjang landai kritis untuk kendaraan dengan kapasitas mesin 100 HP diperlihatkan seperti tabel berikut :

Tabel 2. Besarnya Panjang Kritis

Kecepatan Awal (Km/jam)	Kelandaian (%)			
	4	6	8	10
80	588	363	137	133
60	441	272	102	65

Sumber : Hasil pembacaan grafik hubungan kecepatan dan jarak untuk kendaraan 100 HP

**Panjang Landai Kritis**

Menurut Standard Bina Marga

Panjang kritis suatu kelandaian adalah panjang landai yang menyebabkan pengurangan kecepatan menjadi separoh kecepatan awal (kecepatan rencana) yang dihitung selama selang waktu satu menit perjalanan kendaraan (Tata Cara Perancangan Geometrik Jalan Antar Kota 1997). Panjang kritis umumnya diambil jika kecepatan truk berkurang mencapai 30–75%

kecepatan rencana, atau kendaraan terpaksa mempergunakan gigi rendah. Pengurangan kecepatan truk dipengaruhi oleh besarnya kecepatan rencana dan kelandaian.

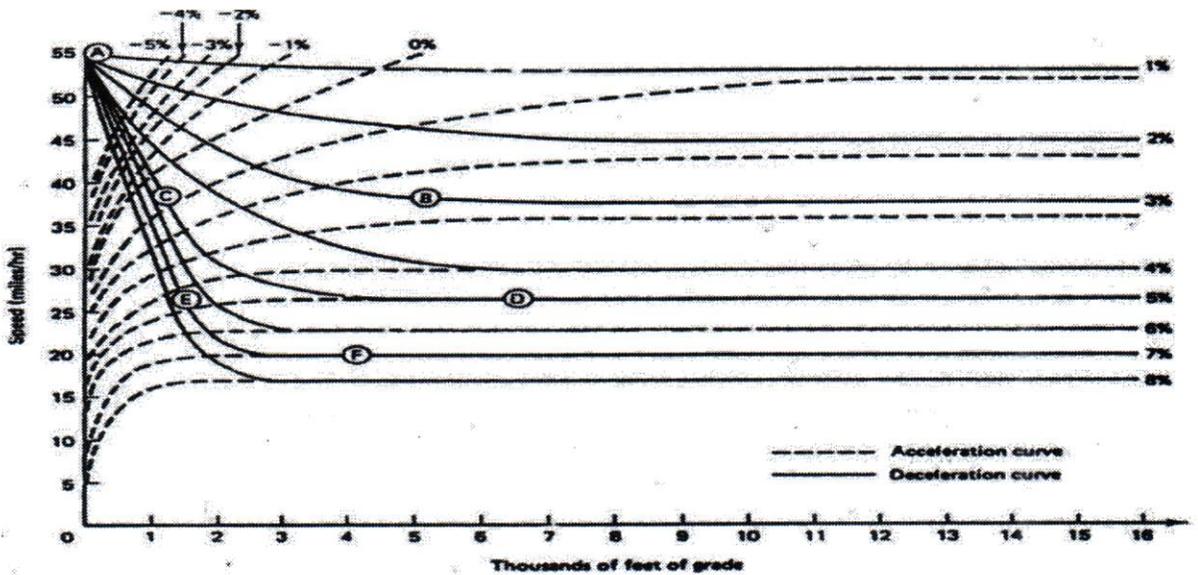
Menurut Standard AASHTO

Grafik yang dikeluarkan AASHTO memiliki kecepatan awal 55 mph (88,51 km/jam). Agar dapat dibandingkan, grafik yang diperoleh dari analisis data disamakan waktu awalnya dengan membuat garis yang memiliki gradien yang sama kemudian memotongkannya dengan garis horisontal yang menunjukkan kecepatan tetap. Grafik yang akan dibandingkan adalah grafik hasil analisis data untuk kendaraan bermuatan standar maksimum.

Tabel 3 Besarnya Panjang Kritis Menurut Bina Marga 1997

Kecepatan Awal (Km/jam)	Kelandaian (%)							
	4	5	6	7	8	9	10	
80	630	460	360	270	230	230	200	
60	320	210	160	120	110	90	80	

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997a.



Gambar 11. Grafik hubungan kecepatan dan jarak untuk kendaraan 200 HP

Dari Gambar 9 dilihat bahwa : untuk kendaraan dengan kapasitas mesin 200 HP dari grafik hasil analisis diperoleh pada kelandaian 4% kendaraan mencapai kecepatan tetap (28 km/jam) pada jarak 955 m, sedangkan dari grafik AASHTO diperoleh jarak 1828 m (6000 ft) hingga kendaraan mencapai kecepatan tetap (30 mph). Sedangkan pada kelandaian 8% dari hasil analisis data diperoleh jarak 215 m, sedangkan dari AASHTO diperoleh jarak 914,4 m (3000 ft).

Sedikit berbeda dengan grafik yang dikeluarkan AASHTO, Bina Marga mengeluarkan panjang kritis suatu kelandaian didasarkan pada penurunan kecepatan yang tidak boleh lebih dari separuh kecepatan rencana saat kendaraan melewati tanjakan. Hasil analisis juga dapat disajikan dalam bentuk grafik dan tabel untuk kecepatan pada awal tanjakan sebesar 80 km/jam dan 60 km/jam pada kelandaian 4%, 6%, 8% dan 10% hingga penurunan kecepatan separuh dari kecepatan awal.

Dari Tabel 1. terlihat adanya perbedaan antara hasil penelitian dengan standar yang dikeluarkan Bina Marga (Tabel 3). Hasil penelitian menunjukkan panjang landai kritis yang lebih pendek untuk kelandaian 8% dan 10%. Sementara untuk kelandaian 6% sedikit lebih panjang dari hasil yang diperoleh berdasarkan interpolasi. Pada kelandaian 4%, untuk kecepatan awal 80 km/jam diperoleh jarak yang lebih pendek sedangkan untuk kecepatan awal 60 km/jam lebih panjang.

Sedikit berbeda dengan grafik yang dikeluarkan AASHTO, Bina Marga mengeluarkan panjang kritis suatu kelandaian didasarkan pada penurunan kecepatan yang tidak boleh lebih dari separuh kecepatan rencana saat kendaraan melewati tanjakan. Hasil analisis juga dapat disajikan dalam bentuk grafik dan tabel untuk kecepatan pada awal tanjakan sebesar 80 km/jam dan 60 km/jam pada kelandaian 4%, 6%, 8% dan 10% hingga penurunan kecepatan separuh dari kecepatan awal.

Berdasarkan hasil analisis data, grafik hubungan antara kecepatan dan jarak tidak konsisten antar kelandaian. Hal ini disebabkan karena pada kelandaian 4 % dan 10 % survai dilakukan di jalan Arteri sedangkan untuk kelandaian 8 % dilakukan di jalan Tol sehingga adanya perbedaan perilaku pengemudi. Pada jalan Arteri banyak terjadi hambatan samping dibanding dengan jalan Tol, misal pada jalan Arteri banyak terdapat kendaraan yang berhenti secara tiba – tiba khususnya angkutan umum dan juga terdapat simpang – simpang yang dapat mengganggu arus lalu lintas yang berakibat pada penurunan kecepatan kendaraan.

Hal lain yang juga mempengaruhi adalah penentuan berat kendaraan yang hanya didasarkan pada pengamatan visual yang terlihat pada pergerakan kendaraan sebelum memasuki akhir tanjakan, tidak sesuai dengan berat kendaraan sebenarnya seperti yang dicatat pada jembatan timbang.

#### Panjang Kritis pada Turunan.

Untuk menentukan panjang landai kritis pada turunan dilakukan dengan memperhitungkan banyaknya pengereman yang dilakukan oleh pengemudi kendaraan. Berdasarkan peraturan yang dikeluarkan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat untuk kendaraan pengangkut zat cair diperoleh sebuah kendaraan diperkenankan melakukan pengereman maksimal 20 kali tanpa adanya kerusakan sistem rem. Dengan mengabaikan gaya yang ditimbulkan zat cair saat kendaraan berjalan pada turunan dapat dianalogikan sifat yang sama untuk kendaraan pengangkut zat padat. Sehingga pada penelitian ini diperhitungkan pengereman maksimum sebanyak 18 kali.

Dengan memperhitungkan kecepatan kendaraan sebelum memasuki turunan sebesar 60 km/jam dan kecepatan maksimum kendaraan sebelum pengemudi menginjak rem sebesar 80 km/jam serta dan dengan memperhitungkan kecenderungan pengemudi mempertahankan

kecepatan kendaraan dengan menggunakan persamaan (8) dan (9) didapat panjang turunan maksimum seperti terlihat dalam Tabel 4.

### **Landai Maksimum**

Landai jalan atau biasanya disebut "landai" adalah suatu besaran untuk menunjukkan besarnya kenaikan atau penurunan vertikal dalam suatu satuan jarak horizaontal (mendatar), dan biasanya dinyatakan dengan persen.

Pada jalan dengan kelandaian relatif kecil (<3%) tidak memberi pengaruh yang signifikan pada gerakan mendaki atau menurun dari kendaraan, akan tetapi dengan bertambahnya kelandaian, maka akan berpengaruh pada gerak kendaraan terutama kendaraan berat dengan muatan penuh. Kecepatan kendaraan akan berkurang secara signifikan jika kelandaianya besar. Demikian juga kendaraan yang menurun kecepatannya akan bertambah besar jika tidak dibantu dengan pengereman. Bina Marga menetapkan Landai Maksimum dalam buku "Tata Cara Perancangan Geometrik Jalan Antar Kota 1997 (Bina Marga 1997)" seperti terlihat dalam Tabel 5.

Dari hasil analisis, diperoleh panjang kritis yang lebih pendek dari panjang kritis yang

disarankan oleh Bina Marga. Sebagai konsekuensi dari panjang kritis yang lebih pendek, maka penentuan landai maksimum perlu dikaji ulang. Misal, untuk kecepatan rencana 40 km/jam landai maksimum yang disarankan harus dibawah kelandaian 10% untuk mendapatkan performa jalan yang baik. Demikian pula untuk kecepatan rencana yang lain.

### **Landai Peralihan**

Landai peralihan dibutuhkan untuk mengembalikan kecepatan kendaraan yang telah berkurang akibat pengaruh tanjakan kembali seperti kecepatan rencana sebelum memasuki tanjakan berikutnya.

Penentuan panjang landai peralihan diperoleh dari persamaan (6) dengan memasukkan kecepatan awal sama seperti kecepatan kendaraan sebelum memasuki akhir tanjakan sehingga diperoleh percepatan kendaraan. Dari percepatan kendaraan dapat dihitung jarak yang dibutuhkan kendaraan hingga mencapai kecepatan yang diinginkan.

Tabel 6 dan 7 berikut menunjukkan panjang landai peralihan yang dibutuhkan hingga kendaraan mencapai kecepatan 60 km/jam.

Tabel 4. Besarnya panjang turunan maksimum

Kelandaian (%)	Kecepatan Awal (km/jam)	Kecepatan Maksimum (km/jam)	Lama Melepas Rem (detik)	Lama Pengereman (detik)	Panjang Turunan Maks (meter)
4	60,00	80,00	4	5	2967
8	60,00	80,00	3	4	2331
10	60,00	80,00	2	3	1719

Sumber : hasil analisa

Tabel 5. Landai maksimum menurut Bina Marga 1997

Kecepatan Rencana (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Landai Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997a.

Tabel 6. Panjang landai peralihan untuk kendaraan berkapasitas mesin 100 HP

Kelandaian (%)	0	2	4	6	8
4	211	334			
8	144	181	244	374	
10	115	135	161	201	268

Tabel 7. Panjang landai peralihan untuk kendaraan berkapasitas mesin 200 HP

Kelandaian (%)	0	2	4	6	8
4	211	334			
8	144	181	244	374	
10	115	135	161	201	268

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan yaitu panjang kritis yang didapat lebih pendek dari panjang kritis yang ditetapkan baik oleh Bina Marga maupun AASHTO untuk kendaraan standar yang sama (200 HP). Terjadi ketidakkonsistenan grafik hubungan antara kecepatan dan jarak antar kelandaian yang disebabkan karena perbedaan fungsi jalan lokasi survai sehingga adanya perbedaan perilaku pengemudi kendaraan dan hambatan samping arus lalu lintas serta penentuan berat kendaraan yang hanya didasarkan pada pengamatan visual. Landai maksimum yang ditetapkan oleh Bina Marga terlalu besar karena dari hasil penelitian didapat panjang kritis yang lebih pendek dari panjang kritis yang disarankan Bina Marga. Panjang landai peralihan dihitung berdasarkan jarak yang dibutuhkan kendaraan dari kecepatan sebelum akhir tanjakan hingga mencapai kecepatan rencana yang diinginkan.

## DAFTAR PUSTAKA

AASHTO, (1990). *"A Policy on Geometric Design of Highway and Street"*, Washington DC, USA.

Box, C. Paul and Joseph C. Oppenlander, Ph.D, (1976). *"Manual of Traffic Engineering*

*Studies"*, Institute of Transportation Engineers, Virginia, USA.

Direktorat Jenderal Bina Marga, (1970). *"Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan raya"*, Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.

Direktorat Jenderal Bina Marga, (1990). *"Spesifikasi Standar Untuk Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota (Rancangan Akhir)"*, Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.

Direktorat Jenderal Bina Marga, (1997a). *"Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota"*, Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.

Direktorat Jenderal Bina Marga, (1997). *"Manual Kapasitas Jalan Indonesia"*, Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.

Hong, Sung-Joon and Takashi Oguchi, (2005). *"Evaluation of Highway Geometric Design and Analysis of Actual Operating Speed"*, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6, pp. 1048 – 1061, Japan.

Jen Lan, Chang and Monica Menendez, (2003). *"Truck Speed Profile Models for Critical Length of Grade"*, Journal of Transportation Engineering, Washington : ASCE.

Lee, Yusin and Juey Fu Cheng, (2001). *"Optimizing Highway Grades to Minimize Cost and Maintain Traffic Speed"*, Journal of Transportation Engineering Washington : ASCE.

May, Adolf D, (1990). *"Traffic Flow Fundamentals"*, Prentice Hall, Engle Cliffs, New Jersey, USA.

Oglesby, Clarkson H and R. Gary Hicks, (1993). *"Teknik Jalan Raya"*, Penerbit Erlangga, Jakarta, Indonesia.