

Geometrik Jalan Raya

Oleh

Aloysius Tjan

52037 1 T - R
11/8 92

Perpustakaan

Universitas Katolik Parahyangan

Jl. Sekeloa 19

BANDUNG

624.72
9

Universitas Katolik Parahyangan
Fakultas Teknik Jurusan Sipil
1992

Pokok Bahasan

Disini akan dibahas mengenai perancangan geometrik jalan raya akan meliputi hal-hal berikut:

- (1) Dasar hukum jalan raya di Indonesia
- (2) Faktor-faktor yang mempengaruhi perancangan geometrik
- (3) Jarak Pandang yang meliputi Jarak Pandang Henti dan Jarak Pandang Menyusul
- (4) Alinemen Horizontal yang akan meliputi: (a) superelevasi; (b) jari-jari tikungan; (c) pelebaran jalan di tikungan; dan (d) penerapan Jarak Pandang Henti dan Jarak Pandang Menyusul
- (5) Alinemen vertikal yang meliputi: (a) kelandaian maksimum dan minimum; (b) jalur pendakian; (c) jalur darurat; (d) lengkung vertikal cembung dan cekung; dan penerapan Jarak Pandang Henti dan Jarak Pandang Menyusul
- (6) Kombinasi dan koordinasi alinemen vertikal dan alinemen horizontal
- (7) Bentuk-bentuk persilangan meliputi persilangan sebidang maupun tak sebidang
- (8) Hal lain seperti: (a) kontrol erosi; (b) kontrol drainase; dan (c) kontrol kebisingan.

I. DASAR HUKUM

Dasar hukum mengenai jalan di Indonesia diatur dalam UU no 13 tahun 1980 tentang Jalan. Pada UU tersebut Jalan didefinisikan sebagai suatu prasarana perhubungan darat (tidak termasuk jalan rel, jalan kereta api atau jalan kabel) dalam bentuk apapun (dipermukaan tanah, melintasi sungai/danau/laut, di bawah permukaan tanah/air atau di atas permukaan tanah), meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap (bangunan yang tidak dapat dipisahkan dari jalan seperti jembatan/ponton, tempat parkir, gorong-gorong, tembok penahan serta saluran air) dan perlengkapannya (rambu-rambu jalan dan lalu lintas, pagar pengamanan lalu lintas, pagar Daerah Milik Jalan -Damija- dan patok-patok Damija) yang diperuntukkan bagi lalu lintas.

Pada dasarnya jalan di Indonesia dapat dikelompokan menurut: (a) pengguna atau pemakai jalan; (b) sistem jaringan jalan; (c) peranan jalan; (d) wewenang pembinaan jalan; dan (e) volume lalu-lintas dan struktur perkerasan jalan.

I.1. PENGGUNA/PEMAKAI JALAN

Klasifikasi jalan berdasarkan pengguna jalan adalah:

- (1) jalan umum yaitu jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum.
- (2) jalan khusus yaitu jalan selain daripada jalan umum.
- (3) jalan tol yaitu jalan umum yang kepada pemakainya dikenakan kewajiban membayar tol (sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk pemakaian Jalan Tol). Jalan Tol harus: (a) merupakan alternatif lintas jalan umum yang ada; (b) mempunyai spesifikasi yang lebih tinggi daripada jalan umum yang ada; (c) memberikan keandalan yang lebih tinggi kepada para pemakainya daripada lintas jalan umum yang ada; (d) ditetapkan oleh Presiden atas usul Menteri.

I.2. SISTEM JARINGAN JALAN

Klasifikasi jalan berdasarkan sistem jaringan jalan adalah

sebagai berikut:

- (1) jalan primer yaitu jalan dengan peran pelayanan jasa distribusi untuk pengembangan wilayah ditingkat nasional;
- (2) jalan sekunder yaitu jalan dengan peran pelayanan jasa distribusi untuk pengembangan wilayah di dalam kota.

I.3. PERANAN JALAN

Klasifikasi jalan berdasarkan peranan jasa distribusinya adalah sebagai berikut:

- (1) jalan arteri yaitu jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri: (a) perjalanan jarak jauh; (b) kecepatan rata-rata tinggi; (c) jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- (2) jalan kolektor yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri: (a) perjalanan jarak sedang; (b) kecepatan rata-rata sedang; (c) jumlah jalan masuk dibatasi.
- (3) jalan lokal yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri: (a) perjalanan jarak dekat; (b) kecepatan rata-rata rendah; (c) jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

I.4. WEWENANG PEMBINAAN JALAN

Klasifikasi jalan berdasarkan wewenang pembina jalannya adalah sebagai berikut:

- (1) jalan nasional yaitu jalan umum yang pembinaannya dilakukan oleh Pemerintah Pusat (Menteri).
- (2) jalan daerah yaitu jalan umum yang pembinaannya dilakukan oleh Pemerintah Daerah. Jalan Daerah terdiri dari: (a) jalan propinsi yang dibina oleh Pemerintah Daerah Tingkat I; (b) jalan Kabupaten/Kotamadya yang dibina oleh Pemerintah Daerah Tingkat II; (c) jalan Desa yang dibina oleh Pemerintah Desa.
- (3) jalan lainnya yaitu jalan khusus yang pembinaannya dapat dilakukan oleh: (a) instansi pemerintah; (b) Badan Hukum; (c) perorangan.

Penguasaan dan Wewenang Pembina Jalan

Hak penguasaan atas jalan ada pada negara. Hak tersebut memberi wewenang pada Pemerintah untuk melaksanakan Pembinaan. Wewenang yang dimaksud dilimpahkan kepada instansi-instansi Pemerintah di Pusat maupun di Daerah, Badan Hukum atau perorangan dengan memperhatikan kepentingan umum.

Pembinaan jalan meliputi:

- (a) penyusunan rencana umum jangka panjang
- (b) penyusunan rencana jangka menengah
- (c) pengadaan (perencanaan teknik, pembangunan, penerimaan, penyerahan dan pengambil-alihan)
- (d) pemeliharaan

Dana Pembinaan Jalan

- Pendapatan Nasional
- Bantuan proyek dan bantuan teknik luar negeri
- Pendapatan Daerah Tingkat I dan II
- Dana masyarakat dari obligasi dan hasil tol.

Perpustakaan
Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Sekeloa No. 19
KARAS
KAWASUNG

I.5. VOLUME LALU-LINTAS DAN STRUKTUR PERKERASAN

Klasifikasi jalan berdasarkan volume lalu-lintas dan struktur perkerasannya adalah sebagai berikut:

- (1) kelas I yaitu jalan: (a) mempunyai LHR (Lalu lintas Harian Rata-rata) > 20.000 ; (b) bagi lalu lintas cepat dan berat; (c) berjalur banyak; (d) konstruksi perkerasan yang terbaik.
- (2) kelas IIA yaitu jalan: (a) mempunyai LHR antara 6.000 sampai 20.000; (b) terdapat lalu lintas lambat dengan jalur tersendiri; (c) jumlah lajur ≥ 2 ; (d) lapis permukaan berupa lapis berbitumen campuran panas.
- (3) kelas IIB yaitu jalan: (a) mempunyai LHR antara 1.500-8.000; (b) terdapat lalu lintas lambat; (c) konstruksi perkerasan dengan penetrasi ganda; (d) jumlah lajur 2.
- (4) kelas IIC yaitu jalan: (a) mempunyai LHR < 2.000 ; (b) terdapat lalu lintas lambat dan kendaraan tidak bermotor; (c) konstruksi perkerasan dengan penetrasi tunggal; (d) jumlah lajur 2.

- (5) kelas III yaitu jalan: (a) mempunyai 1 atau 2 lajur; (b) konstruksi perkerasan berupa pelaburan aspal.

II. PERANCANGAN GEOMETRIK JALAN

Unsur-unsur perancangan itu akan menentukan besar lebar jalan yang diperlukan. Lebar jalan yang diperlukan merupakan unsur-unsur berikut: (a) lebar lajur; (b) jumlah lajur; (c) lebar bahu jalan; (d) lebar median.

II.1. KONTROL DAN KRITERIA PERANCANGAN GEOMETRIK

Kontrol dan kriteria perencanaan geometrik yang baik adalah:

- (a) memberikan tingkat keamanan yang memadai bagi pengguna jalan.
- (b) memberikan tingkat kenyamanan yang memadai bagi pengguna jalan.
- (c) biaya konstruksi serta pemeliharaan jalan yang ekonomis.
- (d) biaya perjalanan yang rendah bagi pengguna jalan.
- (e) terlihat indah, dengan melewati ruas jalan melalui daerah yang bervariasi, serta geometrik jalan disesuaikan dengan kondisi lingkungan/topografinya.

II.2. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERANCANGAN GEOMETRIK

(1) Sifat/karakteristik pengemudi

Karakteristik pengemudi yang mempunyai pengaruh besar terhadap perencanaan geometrik adalah kecepatan reaksi (waktu reaksi) pengemudi. Kecepatan reaksi (waktu reaksi) dari pengemudi adalah waktu yang dibutuhkan pengemudi dari mulai melihat sesuatu sampai pengemudi memutuskan melakukan sesuatu akibat penglihatan tadi. Unsur-unsur dari waktu reaksi itu dikenal (a) Perception; (b) Intellection; (c) Emotion; (d) Volition.

Kecepatan/waktu reaksi itu dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti:

- (a) kondisi fisik pengemudi (lelah/capai/lemah/segar);
- (b) umur pengemudi (tua/muda);
- (c) waktu pada saat pengemudi melihat tertentu (pagi-siang-sore-malam);
- (d) kondisi lingkungan (suasana yang sulit-complicated,

terang-gelap, udara sejuk-panas);

(e) kondisi mental (senang-marah).

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan untuk waktu reaksi pengemudi dari saat melihat objek sampai menginjak rem terlihat hasil seperti berikut:

- (a) Johansson & Rumar (1971) mendapatkan dari 321 data yang diperoleh median 0,66 detik, rentang data 0,3-2,0 detik dengan 90% data mempunyai waktu reaksi $\leq 1,5$ detik. Jika keadaan terjadi secara mendadak maka waktu reaksi menjadi lebih besar dengan faktor 1,35.
- (b) Massachusetts Highway Accident Survey mendapati waktu reaksi rata-rata 0,64 detik, ada 5% dari data yang mempunyai waktu reaksi ≥ 1 detik.
- (c) Normann (1953) mendapatkan rentang waktu reaksi 0,4-1,7 detik.

Dalam perencanaan geometrik yang memerlukan unsur waktu reaksi untuk melakukan pengereman diambil oleh AASHTO sebesar 2,5 detik.

(2) Volume lalu-lintas

Dalam perencanaan lebar jalan (antara lain jumlah lajur dan lebar tiap lajur) sangat ditentukan oleh jumlah (volume) lalu-lintasnya. Volume lalu-lintas dalam keadaannya sehari-hari besarnya selalu bervariasi. Volume yang dipakai dalam perencanaan (Design Hour Volume) biasanya diambil pada volume jam ke 30 terbesar. Berdasarkan hasil penelitian besarnya DHV yang dinyatakan sebagai persentase AADT tidak banyak berubah. Wright & Paquette (1987) memberikan rentang DHV pada daerah rural sebesar 12-18% AADT sedangkan pada daerah urban 8-12% AADT.

Besarnya DHV ini juga harus diperhitungkan dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas, sehingga sampai jangka waktu tertentu setelah jalan selesai dibuat, tingkat kenyamanan yang direncanakan masih tercapai. Faktor pertumbuhan itu dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Faktor pertumbuhan} = (1 + 0,01 X)^n$$

dengan:

X = persentase pertumbuhan lalu-lintas tiap tahun [%]

n = umur perencanaan/jumlah tahun pelayanan [tahun]

(3) Kapasitas jalan

Dalam penentuan jumlah lajur dan lebar tiap lajur juga berkaitan dengan kapasitas jalan. Kapasitas jalan (volume yang dapat berlalu disuatu ruas jalan) dipengaruhi oleh hal-hal berikut:

- (a) kecepatan rata-rata
- (b) tingkat pelayanan (level of service)
- (c) jumlah lajur
- (d) lebar tiap lajur
- (e) jalur searah-tidak searah-dipisah-tidak dipisah.
- (f) distribusi headway.

(4) Kecepatan rencana

Kecepatan rencana didefinisikan sebagai kecepatan maksimum yang kontinu dari suatu kendaraan disepanjang ruas jalan dan kecepatan itu masih memberikan keamanan bagi pengemudinya (kendaraan lain tidak memengaruhi manuver kendaraan ini).

Besarnya kecepatan rencana ini akan dipakai dalam perhitungan untuk menentukan:

- (a) jari-jari tikungan (lengkung horizontal) minimum (R_{\min})
- (b) superelevasi (e_{\max})
- (c) lengkung vertikal (cekung atau cembung) berdasarkan jarak pandang henti
- (d) panjang kelandaian maksimum.

Penentuan besarnya kecepatan rencana dipengaruhi oleh:

- (a) keadaan topografi/terrain
- (b) fungsi/klasifikasi jalan
- (c) volume lalu-lintas
- (d) komposisi kendaraan
- (e) biaya konstruksi.

(5) Keadaan topografi

Keadaan topografi/terrain menentukan pemilihan kecepatan rencana yang akan diambil, karena:

- (a) pada medan yang datar perencanaan geometriknya mudah, sehingga kecepatan rencana yang tinggi dapat dipilih tanpa kesulitan. Akan tetapi pada keadaan topografi yang datar akan timbul masalah besar bagi sistem drainase.
- (b) pada medan yang berbukit, kondisi topografi mulai menentukan bentuk (geometrik) serta lokasi jalan, sehingga perencanaannya lebih sulit. Sistem drainasinya lebih mudah dibandingkan pada medan yang datar.
- (c) kondisi geologi setempat menentukan lokasi/trase jalan yang harus dipilih, karena adanya daerah-daerah yang kondisi tanahnya tidak menguntungkan atau struktur geologi yang labil atau daerah patahan.
- (d) tata guna tanah juga menentukan lokasi/trase jalan, seperti antara lain lokasi pertanian, industri dan perumahan.
- (e) penentuan jumlah lajur pada daerah berbukit tidak semudah penentuan jumlah lajur pada daerah datar.

(6) Tingkat keamanan yang diinginkan

Penentuan tingkat keamanan dari perencanaan geometrik dapat diberikan dengan mengubah faktor-faktor yang menentukan geometrik jalan, seperti waktu reaksi. Jika waktu reaksi yang dipakai untuk menentukan geometrik jalan diambil lebih kecil dari 2,5 maka tingkat keamanannya menjadi lebih kecil. Karena tingkat keamanan yang tinggi biasanya mempunyai korelasi langsung dengan biaya konstruksi maka biasanya biaya konstruksi yang lebih menentukan dengan sedikit mengorbankan tingkat keamanan. Sehingga dikenal perencanaan yang dibawah standar.

(7) Karakteristik kendaraan

Karakteristik kendaraan yang mempengaruhi geometrik jalan antara lain adalah:

- (a) dimensi kendaraan. Kendaraan yang besar (lebih lebar dan lebih panjang) akan mempengaruhi jari-jari tikungan minimum.
- (b) power-weight ratio. Bagi kendaraan yang mempunyai power-weight ratio yang besar maka percepatan yang dapat diberikan oleh kendaraan lebih besar dan jarak pengeremannya juga menjadi lebih kecil. Hal yang sebaliknya terjadi pada kendaraan dengan power-weight ratio yang kecil.
- (c) lightings. Tinggi lampu depan dan tinggi lampu belakang menentukan jarak pandang henti dan menyusul pada alinemen vertikal.
- (d) rem. Perbedaan sistem rem yang dipakai pada kendaraan mempengaruhi memberikan keefektifan pengereman (perlambatan) yang berbeda.
- (e) kebebasan daya pandang. Perbedaan ukuran kaca depan dan belakang kendaraan serta tinggi tempat duduk memberikan perbedaan kebebasan daya pandang pengemudi.
- (f) lain-lain, seperti structure safety kendaraan, pengaturan-kontrol gas buangan, noises yang timbul.

Karena demikian banyak perbedaan yang ada maka untuk suatu perencanaan geometrik jalan perlu ditentukan suatu bentuk kendaraan standar.

(8) Fungsi jalan/klasifikasi jalan

Fungsi dan klasifikasi jalan memberikan pegangan untuk penentuan kecepatan rencana yang akan dipakai dan kontrol daerah lingkungannya seperti jalan masuk yang dibatasi untuk jalan-jalan arteri.

III. JARAK PANDANG

Di sepanjang ruas jalan, harus terdapat jarak pandang yang cukup bagi pengemudi agar dapat mengendalikan kendaraannya dengan aman. Jarak pandang dapat dibagi menjadi 2 macam: (a) jarak pandang henti yaitu jarak pandang minimum bagi pengemudi untuk menghentikan kendaraannya jika ada hambatan (halangan) yang diam di jalur lintasannya; dan (b) jarak pandang menyusul adalah jarak pandang antara pengemudi dengan kendaraan yang berlawanan arah, yang diperlukan oleh pengemudi untuk menyusul kendaraan di mukanya dan kembali aman ke lajunya setelah selesai menyusul.

Jarak pandang henti ini harus selalu terdapat di sepanjang ruas jalan, agar segi keselamatan dapat terjamin jika ada hambatan di jalur lalu-lintas. Sedangkan jarak pandang menyusul harus diusahakan sebanyak mungkin terdapat di sepanjang ruas, agar volume lalu-lintas dapat lebih besar dan tingkat pelayanan ruas jalan tersebut menjadi lebih baik.

III.1. JARAK PANDANG HENTI

Dalam menentukan panjang jarak pandang henti, ada 2 komponen yang mempengaruhi besarnya, yaitu:

- (1) Jarak yang ditempuh kendaraan pada saat pengemudi melihat hambatan di lajur/lintasannya dan kemudian memutuskan untuk menghentikan kendaraannya sebelum tiba di muka halangan tersebut. Waktu yang diperlukan dari melihat hambatan sampai memutuskan untuk menghentikan kendaraannya dan menginjak rem adalah waktu reaksi (PIEV). Besar waktu reaksi (PIEV) yang dipakai dalam perancangan geometrik berdasarkan AASHTO (1984) adalah $t=2,5$ detik. Sehingga jika kendaraan mempunyai kecepatan v , maka panjang lintasannya adalah $(v)(t)$.
- (2) Jarak yang ditempuh kendaraan dari kecepatan v (setelah kaki pengemudi mulai menginjak rem) sampai kendaraan berhenti ($v=0$) adalah $d = 0,5 (v)^2 / [(g)(f)]$, yaitu didapat dari hubungan:

$$m g \sin \theta = 0,5 m v^2$$

sehingga $f =$

$$d = 0,5 v^2 / (g f)$$

dengan:

m = massa kendaraan

g = percepatan gravitasi

f = koefisien gesek memanjang

d = jarak gesekan dari kecepatan v sampai v=0

v = kecepatan kendaraan

Sehingga jarak pandang henti adalah:

$$S = (v)(t) + 0,5 (v)^2 / [(g)(f)]$$

dengan:

S = jarak pandang henti [m]

t = waktu reaksi [detik]

v = kecepatan kendaraan [m/detik]

g = percepatan gravitasi [m/detik²]

f = koefisien gesek antara permukaan jalan dan roda kendaraan

Jika percepatan gravitasi diambil = 9,8 m/detik², maka jarak pandang henti pada jalan dengan kelandaian 0% menjadi:

$$S = (v)(t) + (v)^2 / (19,6)[f]$$

Jika jalan mempunyai suatu kelandaian, maka rumus jarak pandang henti menjadi:

$$S = (v)(t) + (v)^2 / (19,6)(f \pm G)$$

dengan:

G = kelandaian memanjang medan [%/100]; dengan nilai G (+) jika kelandaian mendaki, dan G (-) jika kelandaian menurun.

Dalam unsur penentuan jarak pandang henti terdapat faktor-faktor:

(1) waktu reaksi (t). Besarnya ditentukan oleh AASHTO sebesar 2,5

Perpustakaan
Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Sekeloa 10
BANDUNG

detik. Akan tetapi hal ini perlu disadari bahwa besaran waktu reaksi untuk tiap individu berbeda-beda, sehingga besaran ini memasukkan juga faktor keamanan untuk geometrik yang direncanakan.

(2) koefisien gesek (f). Besarnya f ini banyak dipengaruhi oleh banyak hal seperti:

- (a) jenis ban;
- (b) desain bunga ban;
- (c) tingkat keausan bunga ban;
- (d) jenis permukaan jalan;
- (e) kondisi permukaan jalan (kering/basah/bersih/berlumpur);
- (f) temperatur permukaan jalan;
- (g) tekanan udara dalam ban;
- (h) daya serap enersi dari karet ban;
- (i) kecepatan kendaraan;
- (j) sistem rem (locking brake-anti locking brake).

Ada beberapa alat yang dapat dipakai untuk menentukan besarnya koefisien geser secara langsung ataupun tidak langsung seperti: (a) British pendulum portable skid resistance; (b) side way force coefficient; (c) braking force coefficient.

Karena demikian banyak hal yang mempengaruhi besarnya koefisien gesek, dan jalan yang akan dibuat adalah jalan umum, maka unsur penentuan f juga memasukkan faktor keamanan bagi pengemudi (lihat Gambar 3.1).

Pada rumus penentuan jarak pandang henti ada unsur: $0,5 \frac{v^2}{[19,6 f]}$. Bagaimana pendapat Saudara mengenai hal ini mengingat perubahan f berkenaan dengan perubahan kecepatan (dari kecepatan = v sampai $v=0$) ?

Jarak pandang henti untuk kepentingan perancangan sudah dibuat sederhana dengan dibuatnya tabel jarak pandang henti seperti pada Tabel 3.1. Dari tabel tersebut maka terlihat bahwa

besarnya f yang dipakai, sebagai contoh pada kecepatan rencana 20, 30, 40 dan 50 mph, masing-masing besarnya f adalah 0,40; 0,35; 0,32 dan 0,30. Jika besarnya f tersebut diplot pada Gambar 3.1. maka terlihat bahwa tingkat persentasi kendaraan dengan nilai f tersebut tidak sama.

Bagaimana pendapat Saudara mengenai hal ini?

Jarak pandang henti yang telah dibicarakan di atas hanya berlaku untuk kondisi ruas jalan yang sederhana (bukan percabangan/persimpangan). Bagi daerah yang rumit seperti percabangan, persimpangan, daerah penyempitan dan daerah yang penuh dengan reklame maka pilihan pengemudi bukan hanya terbatas pada menentukan untuk berhenti akan tetapi juga pemilihan jalur yang akan diambil dan lain-lain (seperti antara lain terganggu konsentrasinya). Sehingga ada istilah khusus untuk kasus ini yaitu 'decision sight distance'. Unsur decision sight distance adalah: (a) premanuver yaitu melihat dan menyadari akan adanya halangan atau gangguan, kemudian mengambil keputusan; dan (b) manuver yaitu tindakan yang diambil untuk mengambil jalur tertentu. Besarnya decision sight distance ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

III.2. JARAK PANDANG MENYUSUL

Pada jalan-jalan dengan dua lajur dua arah, maka kesempatan untuk menyusul kendaraan yang bergerak dengan kecepatan yang rendah harus tersedia secara geometrik, agar volume lalu-lintas pada ruas itu dapat lebih tinggi dan tingkat pelayanan pada ruas itu lebih baik. Kesempatan untuk menyusul kendaraan yang lambat itu harus tersedia di beberapa tempat disepanjang ruas atau jika memungkinkan kesempatan untuk menyusul itu tersedia di sepanjang ruas jalan.

Jika pada daerah-daerah tertentu jarak pandang menyusul tidak terpenuhi, maka perlu dipasang rambu dan/atau marka tanda larangan menyusul.

Asumsi yang diambil dalam perhitungan penentuan jarak pandang

menyusul adalah sebagai berikut (lihat Gambar 3.2.):

- (a) kendaraan yang disusul (A) mempunyai kecepatan konstan.
- (b) kendaraan yang akan menyusul (B) membuntuti kendaraan yang akan disusul, dan melakukan percepatan sehingga kendaraan B dalam keadaan siap untuk pindah ke lajur lawan. Jarak tempuh kendaraan B ini dari keadaan awal sampai posisi tepat akan pindah lajur = d_1 .
- (c) kendaraan B ketika sudah dalam posisi akan menyusul (berada di lajur lawan), akan melihat keadaan di muka (apakah ada kendaraan yang berlawanan arah dengannya - C - jika ada berapa jaraknya) kemudian kendaraan B memutuskan akan menyusul dengan melakukan percepatan atau tidak. Jarak yang ditempuh kendaraan B dari saat akan pindah jalur sampai berada di jalur lawan adalah $(1/3)d_2$.
- (d) ketika kendaraan B sudah ada di jalur lawan (kanan), kendaraan B akan melihat apakah jarak kendaraannya dengan kendaraan C cukup jauh. Jika begitu, maka kendaraan B akan terus melakukan percepatan untuk melanjutkan proses menyusul kendaraan A. Perbedaan kecepatan rata-rata kendaraan yang menyusul lebih besar 10 mph dibandingkan kendaraan yang disusul (A). Jarak total kendaraan B berada di lajur lawan (kanan) sampai kembali lagi ke lajur kiri lagi adalah $(2/3)d_2$.
- (e) pada saat kendaraan B sudah menyusul kendaraan A, dan sudah kembali ke lajur kiri, kendaraan B masih mempunyai jarak dengan kendaraan C sebesar d_3 .
- (f) jarak tempuh kendaraan C diambil sebesar $d_4 = (2/3)d_2$, dihitung mulai posisi kendaraan B sudah di lajur kanan dan diasumsikan kecepatan kendaraan C sama besarnya dengan kecepatan rata-rata kendaraan B.

Jarak pandang menyusul adalah total jarak tersebut di atas, yaitu $d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$. Berdasarkan hasil penelitian Prisk, golongan kecepatan kendaraan dapat dibagi seperti terlihat pada Tabel 3.3. Golongan kecepatan 30-40 mph, 40-50 mph dan 50-60 mph adalah hasil penelitian Prisk. Untuk golongan kecepatan 60-70 mph

data pada tabel tersebut adalah hasil ekstrapolasi.

Perhitungan jarak d_1 dan d_2 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$(1) d_1 = t_1 [v - m + (a)(t_1)/2]$$

$$(2) d_2 = (v)(t_2)$$

dengan:

d_1, d_2 = jarak tempuh kendaraan ketika akan menyusul [m]

t_1 = waktu manuver kendaraan B sampai siap akan pindah jalur [detik]

t_2 = waktu manuver ketika kendaraan B ada di lajur lawan (kanan) sampai kembali lagi ke lajur kiri [detik]

v = kecepatan rata-rata kendaraan B (menyusul) [m/detik]

m = selisih kecepatan rata-rata kendaraan yang menyusul dengan kendaraan yang disusul [m/detik]; biasanya diambil selisih kecepatan itu sebesar 10 mph.

a = percepatan kendaraan yang menyusul [m/detik²]

(3) d_3 ditentukan dari hasil penelitian, yang besarnya tergantung dari kecepatan.

IV. ALINEMEN HORIZONTAL

Dalam perancangan geometrik jalan selalu yang menjadi pertimbangan adalah keselamatan dan keamanan pengemudi serta pertimbangan segi ekonomis biaya konstruksi. Di sepanjang rute jalan diusahakan kriteria (seperti antara lain kecepatan rencana, waktu reaksi) yang diambil selalu konstan, kecuali keadaan yang memaksa lain.

Unsur-unsur dalam alinemen horizontal yang penting adalah: (1) superelevasi; (2) derajat kelengkungan; (3) distribusi koefisien gesek kesamping dan superelevasi; (4) lengkung transisi; (5) diagram pencapaian superelevasi; (6) penggunaan dalam desain; (7) pelebaran; dan (8) jarak pandang ditikungan.

IV.1. SUPERELEVASI

Hubungan besarnya superelevasi - kecepatan - jari-jari tikungan - koefisien gesek dapat diturunkan dengan prinsip keseimbangan yang sederhana, sebagai berikut:

- berat kendaraan = W ,
- kecepatan kendaraan = v ,
- jari-jari tikungan = R ,
- koefisien gesek = f ; besarnya koefisien gesek ini berbeda dengan koefisien gesek yang dipakai ketika menentukan jarak pandang henti. Karena pada jarak pandang henti, koefisien geseknya searah dengan arah pergerakan, sedangkan pada koefisien gesek yang dipakai di sini adalah koefisien gesek yang tegak lurus terhadap lintasan, oleh karena itu dikenal beberapa istilah untuk koefisien gesek ini, yaitu antara lain lateral ratio, cornering ratio, unbalanced centrifugal ratio, friction factor, side friction factor.
- percepatan gravitasi = g
- superelevasi = $\tan \alpha = e$

Maka keseimbangan terjadi jika resultante gaya pada sb-X = 0 (lihat Gambar 4.1):

$$\frac{W v^2 \cos \alpha}{g R} = W \sin \alpha + f(W \cos \alpha + \frac{W v^2}{g R} \sin \alpha)$$

$$\frac{v^2}{g R} = \tan \alpha + f \left(1 + \frac{v^2}{g R} \tan \alpha \right)$$

$$\frac{g R}{v^2} = e + f + e f \frac{g R}{v^2}$$

$$(1 - ef) \frac{g R}{v^2} = e + f$$

$$\frac{g R}{v^2} = \frac{e + f}{1 - ef}$$

Karena nilai e dan f kecil, maka hasil perkalian ef sangat kecil sehingga jika faktor ef diabaikan hasil perhitungan tidak banyak terpengaruh dan masih di posisi yang aman (R yang didapat sedikit lebih besar dari seharusnya).

Jadi:

$$e + f = \frac{v^2}{g R}$$

$$R = \frac{v^2}{(e + f) g} \tag{4.1}$$

Jika dimasukkan e_{max} dan f_{max} , maka didapat harga R yang minimum (R_{min}).

Besarnya f yang maksimum (f_{max}) yang diambil untuk desain geometrik didapat dari Gambar 4.2. (untuk rural highways dan high-speed urban streets) serta Gambar 4.3. (untuk low-speed urban streets).

Besarnya e yang maksimum (e_{max}) yang diambil untuk desain geometrik dipengaruhi oleh hal-hal berikut:

- (1) iklim setempat.
- (2) topografi.
- (3) tata guna lahan.
- (4) kecepatan rata-rata.
- (5) kemudahan pembuatan.

Bina Marga menentukan besarnya e_{max} untuk semua jenis permukaan perkerasan dan semua kecepatan adalah 10%. Sedangkan AASHTO (1984) menentukan sebagai berikut:

- (1) umumnya e_{max} diambil 10%, akan tetapi lebih disukai untuk kendaraan yang berkecepatan tinggi besar superelevasinya 12%.
- (2) untuk jalan dengan LHR yang rendah dan perkerasan berupa gravel-surfaced road, superelevasi diambil 12% dengan pertimbangan kemudahan mengalirkan air permukaan. Dengan mudahnya mengalirkan air permukaan diharapkan air permukaan tidak banyak masuk kedalam perkerasan yang akan mengganggu daya dukung subgradenya.
- (3) untuk daerah dimana sering terjadi kemacetan lalu-lintas, maka superelevasi diambil antara 4-6%.
- (4) untuk daerah persimpangan (sebidang) harga superelevasi diambil kecil atau bahkan ditiadakan sama sekali.

IV.2. DERAJAT KELENGKUNGAN

Derajat kelengkungan adalah besarnya sudut yang dibuat oleh panjang busur 100 ft dengan jari-jari R, sehingga definisi itu bisa ditulis sebagai berikut:

$$D = \frac{100}{2\pi R} \cdot 360 = \frac{5729,6}{R}$$

$$D = \frac{5729,6 g (e + f) (0,3)}{v^2}$$

50 mph = 80 km/h

$$X = \frac{S}{2\pi R}$$

$$S = 2\pi R X$$

[4.2]

Perpustakaan
Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Sekeloa 19
BANDUNG

dengan:

- D = derajat kelengkungan [$^{\circ}$]
- R = jari-jari [ft]
- v = kecepatan kendaraan [m/detik]
- g = percepatan gravitasi [m/detik 2]
- e = superelevasi
- f = koefisien gesek kesamping

Sehingga dengan demikian besaran R_{\min} dan R tak terhingga dapat di tulis sebagai berikut:

- D = \emptyset untuk R tak terhingga \checkmark
- D_{\max} untuk R_{\min}

IV.3. DISTRIBUSI KOEFISIEN GESEK KESAMPING DAN SUPERELEVASI

Seperti terlihat pada rumus [4.2] di atas, setiap saat keseimbangan kendaraan yang sedang menikung harus terpenuhi, atau dengan perkataan lain setiap saat persamaan di atas harus terpenuhi. Jadi jika ada alinemen horizontal yang mempunyai jari-jari tikungan lebih besar dari jari-jari minimum ($R > R_{\min}$) atau derajat kelengkungan yang ada lebih kecil dari derajat kelengkungan maksimum ($D < D_{\max}$), maka harus ada faktor lain yang mengimbangi. Faktor yang mengimbangi perubahan harga R atau D itu adalah koefisien gesek (f) dan/atau superelevasi (e).

Ada beberapa metode pendistribusian koefisien gesek dan superelevasi ini, yaitu:

- (1) di distribusikan secara linier dan proporsional. Sehingga proporsi besaran superelevasi dan koefisien gesek seimbang. Pada $D = \emptyset$, e dan f keduanya juga \emptyset ; pada $D = D_{\max}$, maka $e = e_{\max}$ serta $f = f_{\max}$. Jadi pada derajat lengkung antara \emptyset dan D_{\max} , besarnya $e < e_{\max}$, $f < f_{\max}$, dengan perubahan e serta f yang proporsional dan linier.
- (2) faktor pengimbang gaya sentrifugal dilakukan oleh koefisien gesek sepenuhnya (tanpa superelevasi). Jika gaya sentrifugal

sudah lebih besar dari yang bisa diimbangi oleh gaya gesek maksimum, maka kelebihan gaya sentrifugal itu diimbangi oleh superelevasi. Pada saat derajat lengkung $\theta - D_1$, adalah batas kelengkungan dimana semua gaya sentrifugal dapat diterima sendiri oleh koefisien gesek kesamping. Jika $D > D_{max}$ maka gaya sentrifugal yang terjadi menjadi lebih besar lagi sehingga perlu diimbangi oleh superelevasi.

- (3) faktor pengimbang gaya sentrifugal dilakukan oleh superelevasi (sampai maksimum). Hal ini dapat terjadi pada derajat kelengkungan $\theta - D_2$. Jika gaya sentrifugal sudah tidak bisa lagi diimbangi oleh superelevasi (pada $D > D_2$) maka koefisien gesek baru memberikan peranannya.
- (4) jika perhitungan pada butir (1), (2) dan (3) dibuat berdasarkan kecepatan rencana, maka jika hasil desain dengan kecepatan rencana itu dilalui oleh kendaraan dengan kecepatan rata-rata yang besarnya lebih kecil dari kecepatan rencana, maka dapat pula dibuat pendistribusian koefisien gesek kesamping yang terjadi akibat pendistribusian (1), (2) dan (3). Selain itu dapat pula metode pendistribusian seperti butir (3) berdasarkan kecepatan rata-rata.
- (5) distribusi koefisien gesek dan superelevasi tidak linier, akan tetapi antara metode (1) dan (4).

Secara diagramatis pendistribusian tersebut di atas dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Contoh:

Jika ditentukan $e_{max} = 10\%$ dengan kecepatan rencana (v) = 50 mph serta kecepatan rata-rata (v_r) = $0,8 v$, maka buatlah pendistribusian e dan f dengan ke 5 metode di atas.

Dari kecepatan rencana (v) = 50 mph maka dapat dilihat dari Gambar 4.2. besarnya koefisien gesek kesamping maksimum $f_{max} = 0,14$. Dengan diketahui $e_{max} = 0,1$ dan $f_{max} = 0,14$ dan kecepatan rencana (v) = 50 mph, maka dapat dihitung besarnya D_{max} yaitu $8,2^\circ$.

Kemudian akan dihitung derajat kelengkungan yang lain yang penting agar dapat digambarkan pendistribusian e dan f sebagai berikut:

- (a) pada saat $e = 0$; $f = f_{\max} = 0,14$ dan kecepatan rencana (v) = 50 mph, didapat $D_1 = 4,8^\circ$.
- (b) pada saat $e = e_{\max} = 0,1$; $f = 0$ dan kecepatan rencana (v) = 50 mph, didapat $D_2 = 3,4^\circ$.
- (c) pada saat kecepatan rata-rata (v_r) = 40 mph, $e = e_{\max} = 0,1$ dan $f = 0$, didapat $D_3 = 5,3^\circ$.

Selain itu perlu juga cari berapa koefisien gesek kesamping yang terjadi pada tikungan D_{\max} dengan kecepatan rata-rata (v_r). Besarnya koefisien gesek pada saat itu adalah 0,054.

Pada saat D_2 dengan kecepatan rata-rata (v_r) dihitung pula koefisien gesek yang terjadi yaitu $f_1 = -0,036$. Koefisien gesek yang negatif ini berarti kendaraan mengalami gaya gesek yang searah dengan gaya sentrifugal akibat terlalu besarnya superelevasi yang diberikan. Hal inilah yang menyebabkan pembatasan bagi e_{\max} terutama pada jalan-jalan yang sering terjadi kemacetan.

Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Disamping empat metode distribusi superelevasi-koefisien gesek kesamping di atas ada metode ke 5. Untuk desain geometrik jalan dalam AASHTO 1984 distribusi superelevasi untuk tikungan dengan $R > R_{\min}$ atau $D < D_{\max}$, maka dilakukan dengan metode (5). Bentuk distribusi superelevasi itu untuk derajat $D < D_{\max}$ dapat dilihat dari grafik. Sebagai contoh grafik tersebut lihat Gambar 4.6.

Pada Gambar 4.6, besar superelevasi maksimum terdapat beberapa harga yaitu 4%, 6%, 8% dan 10%. Grafik distribusi ini hanya berlaku bagi kecepatan rencana 20 mph. Sehingga penggunaan

grafik ini hanya untuk kecepatan rencana 20 mph juga. Sebagai misal suatu ruas jalan dengan kecepatan rencana 20 mph dan superelevasi maksimum (e_{\max}) = 10%. Pada ruas tersebut akan dibuat tikungan dengan $D = 10^0$. Maka besar superelevasi pada tikungan itu adalah 4%.

Pada Gambar 4.7, besar superelevasi maksimumnya tetap yaitu 6%, akan tetapi berlaku untuk berbagai kecepatan rencana (30, 40, 50, 60 dan 70 mph).

IV.4. LENGKUNG TRANSISI

Pada suatu jalan yang menikung dengan jari-jari R , maka akan pada kendaraan yang lewat pada ruas jalan tersebut dengan kecepatan rencana v akan mengalami gaya sentrifugal sebesar mv^2/R ; jika m adalah massa kendaraan. Jika kendaraan berjalan pada jalan yang lurus maka gaya sentrifugal ini besarnya = 0. Pada peralihan suatu lengkung horizontal dimana bertemu bagian jalan yang lurus dengan bagian lengkung dengan jari-jari R akan mengalami gaya sentrifugal dari 0, tiba-tiba menjadi = mv^2/R tadi. Hal ini tentunya tidak nyaman bagi mengendara. Oleh karena itu dibuatlah suatu lengkung transisi, sehingga pengendara yang akan memasuki tikungan akan mengalami gaya sentrifugal yang berangsur-angsur membesar (maksimum pada jari-jari tikungan = \bar{R}), dan hal yang sama dibuat pula pada akhir tikungan.

Keuntungan Dengan Dibuatnya Lengkung Transisi:

- (1) lengkung transisi memudahkan pengendara mengemudikan kendaraanya, karena pengemudi mendapatkan gaya sentrifugal yang berangsur-angsur membesar ketika memasuki tikungan, dengan gaya sentrifugal maksimum pada jari-jari tikungan R serta berangsur-angsur gaya sentrifugal mengecil ketika keluar dari tikungan.
- (2) pada lengkung transisi ini dapat dibuat perubahan penampang jalan dari penampang jalan dibagian lurus (normal crown), menjadi penampang pada tikungan jalan dengan jari-jari R (fully superelevated) pada saat memasuki tikungan. Hal yang

sama dibuat pada saat meninggalkan tikungan.

- (3) pada lengkung transisi ini dapat dengan mudah dibuat pelebaran jalan di tikungan, sehingga pelebaran dapat dibuat berangsur-angsur dan pelebaran menjadi maksimum pada tikungan dengan jari-jari R.
- (4) lengkung transisi menyebabkan tikungan menjadi indah, karena terlihat tikungan dibuat dengan halus (smooth) dan tidak menimbulkan kesan jalan menengkung dengan patah seperti yang terjadi jika tikungan tidak dibuat dengan lengkung transisi.

Lengkung transisi ini biasanya dibuat berupa spiral (clothoid). Panjang lengkung transisi ini diambil sama dengan panjang spiral, dan panjang spiral ini diambil sebagai berikut:

- (a) Berdasarkan rumus Short.

Rumus Short itu sebagai berikut:

$$L = 3,15 v^3 / [(R)(C)]$$

dengan:

L = panjang spiral minimum [ft]

v = kecepatan [mph]

R = jari-jari tikungan [ft]

C = konstanta perubahan percepatan sentrifugal [ft/detik²]; dan besarnya diambil antara 1-3.

- (b) Panjang spiral diambil sepanjang lintasan kendaraan pada kecepatan rencana selama 4 detik.
- (c) Panjang spiral minimum adalah lintasan kendaraan pada kecepatan rencana selama 2 detik.
- (d) Panjang spiral diambil sama dengan panjang superelevation run off (akan dijelaskan kemudian) dengan mengingat batasan kelandaian relatif maksimum. Kelandaian relatif adalah perbedaan kelandaian memanjang antara sumbu tengah jalan dengan tepi kiri atau tepi kanan jalan. Perbedaan kelandaian itu dibatasi seperti pada Tabel 4.1.

Bagi jalan yang dibuat bukan dengan 2 jalur (2 arah), maka

panjang spiralnya harus dikalikan dengan faktor yang besarnya adalah sebagai berikut:

- jalan dengan 3 lajur: 1,2 (panjang minimum spiral)
- jalan dengan tanpa pemisah lajur, terdiri dari:
 - 4 lajur: 1,5 (panjang minimum spiral)
 - 6 lajur: 2,0 (panjang minimum spiral)

IV.5. DIAGRAM PENCAPAIAN SUPERELEVASI

Suatu jalan lurus yang kemudian menikung dan pada tikungan itu jalan diberi superelevasi sebesar e , maka penampang jalan akan berubah ketika akan memasuki tikungan, maupun ketika keluar dari tikungan. Penampang jalan pada saat jalan masih lurus yaitu normal crown, kemudian penampang jalan berubah berangsur-angsur menjadi penampang jalan dengan superelevasi penuh (fully superelevated) sebesar e dan demikian pula sebaliknya ketika meninggalkan tikungan.

Pada jalan dengan tikungan yang diberi lengkung transisi, ketika memasuki tikungan maka pertemuan jalan lurus dengan bagian spiral diberi nama TS (Tangent Spiral) dan pada pertemuan spiral dengan lengkung berjari-jari R diberi nama titik SC (Spiral Curve). Ketika keluar meninggalkan tikungan pertemuan antara lengkung dengan jari-jari R dengan spiral diberi nama CS (Curve Spiral) dan pertemuan antara spiral dengan bagian jalan yang lurus ST (Spiral Tangent).

Pada titik-titik TS ataupun ST penampang melintang jalan adalah adverse crown. Adverse crown adalah penampang bagian luar tikungan mempunyai kelandaian melintang sebesar 0% dan penampang bagian dalam tikungan masih mempunyai kelandaian melintang yang sama dengan keadaan normal crown misalnya 2% . Pada titik-titik SC ataupun CS penampang melintang jalan sudah menjadi fully superelevated.

Panjang pencapaian dari penampang dengan adverse crown menjadi fully superelevated (dan demikian juga sebaliknya) disebut sebagai panjang superelevation runoff. Panjang pencapaian dari bentuk penampang normal crown menjadi adverse crown (dan demikian juga sebaliknya) disebut sebagai panjang tangent runoff.

Dalam AASHTO 1984 panjang superelevation runoff diambil dengan ketentuan (a) kelandaian relatif maksimum; dan (b) lama lintasan pada superelevation runoff minimum 2 detik pada kecepatan rencana. Sehingga didapat Tabel 4.2.

Pada tikungan tanpa lengkung transisi, maka pencapaian superelevation dilakukan sebagian di bagian lurus dan sisanya di busur lingkaran. Ketentuan umum mengenai proporsinya tidak ditentukan secara pasti, akan tetapi dapat diambil harga-harga berikut:

- a) umumnya 50-100% di bagian lurus
- b) lebih disukai apabila 60-80% di bagian lurus
- c) biasanya diambil 2/3 bagian di bagian lurus.

Pada tikungan tanpa lengkung transisi, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian di bagian lurus dan sisanya pada busur lingkaran. Ketentuan pembagian di bagian lurus dan busur lingkaran tidak ada satu nilai tertentu. Ketentuan umum di bagian lurus adalah 50-100%; lebih disukai antara 60-80% dan biasanya diambil 2/3 panjang superelevation runoff.

Perubahan penampang melintang jalan itu dari normal crown menjadi fully superelevated dan sebaliknya dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu:

- (1) sumbu jalan sebagai titik putar.
- (2) tepi luar tikungan jalan sebagai titik putar.
- (3) tepi dalam tikungan jalan sebagai titik putar.

Masing-masing cara perubahan penampang jalan tersebut dapat dilihat dengan diagram, seperti pada Gambar 4.8.

IV.6. PENGGUNAAN DALAM DESAIN

Pada desain geometrik jalan, karena distribusi superelevasi bagi tikungan dengan $D < D_{max}$ dipakai metode (5), maka biasanya penggunaannya menjadi lebih praktis dengan tabel atau grafik. Pada Tabel 4.3. dan Tabel 4.4. dapat dilihat kegunaannya untuk penentuan besarnya superelevasi yang harus diberikan pada tikungan

dengan $D < D_{\max}$ beserta panjang superelevation runoffnya.

Pada Tabel 4.3, terlihat beberapa nilai superelevasi maksimum (e_{\max}) yaitu 4%, 6%, 8% dan 10% untuk kecepatan rencana 20 mph. Maka jika contoh di atas (kecepatan 20 mph dan $e_{\max} = 10\%$ untuk $D = 10^0$) dilanjutkan dapat dilihat pada tabel ini besarnya superelevasi yang perlu diberikan adalah 4% (sama seperti contoh sebelumnya) dan panjang superelevation runoff nya adalah 60 ft.

Pada Tabel 4.4. berlaku hanya bagi superelevasi maksimum (e_{\max}) sebesar 6% dan beberapa kecepatan rencana (30, 40, 50, 60, 65 dan 70 mph).

IV.7. PEMBUATAN PELEBARAN

Pada tikungan jalan tapak roda depan tidak akan berimpit dengan tapak roda bagian belakang, akan tetapi tapak roda bagian belakang akan berada disebelah dalam tikungan. Agar bagian belakang kendaraan tidak mengganggu kendaraan yang datang dari arah yang berlawanan, maka pengemudi harus menjalankan kendaraannya lebih 'keluar'. Hal ini dapat dilakukan dengan baik jika lebar jalan (perkerasan) di tikungan memang lebih lebar dari bagian jalan yang lurus. Sehingga pembuatan pelebaran di tikungan harus dipertimbangkan.

Pembuatan pelebaran di tikungan dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

- (1) pada tikungan tanpa lengkung transisi, yaitu jalan lurus-busur lingkaran-lurus, maka pelebaran seluruhnya dibuat pada sisi dalam tikungan.
- (2) pada tikungan yang mempunyai lengkung transisi (spiral), yaitu lurus-spiral-busur lingkaran-spiral-lurus, maka pelebaran dapat dibuat pada sisi dalam tikungan; atau pelebaran dilakukan di kedua sisi perkerasan sama besar.
- (3) pelebaran dibuat berangsur-angsur. Biasanya pelebaran dilakukan disepanjang superelevation runoff. Jika panjang superelevation runoff cukup panjang, maka pelebaran dapat dilakukan lebih pendek dari panjang superelevation runoff, namun panjang pencapaian pelebaran tersebut tidak kurang dari

100-200 ft.

- (4) untuk tikungan yang dibuat tanpa lengkung transisi, maka pelebaran dapat dilakukan berangsur-angsur dibagian lurus. Pelebaran dilakukan 1/2 - 2/3 bagian dilakukan dibagian lurus dan sisanya dibagian busur lingkaran.
- (5) untuk tikungan dengan lengkung transisi, maka pelebaran didistribusikan sepanjang lengkung transisi (spiral) dan berakhir (mencapai pelebaran maksimum) pada bagian spiral-busur.

Ada beberapa unsur yang mempengaruhi besarnya pelebaran yang diperlukan pada suatu tikungan, yaitu:

- ukuran/jenis kendaraan standar (lebar tapak roda, jarak sumbu depan-belakang dan panjang overhang), lihat Gambar 4.5.
- jari-jari tikungan.
- kecepatan rencana.
- lebar perkerasan perlajur.

Unsur-unsur yang mempengaruhi pelebaran ditikungan itu akan menjadi lebih jelas dengan rumus-rumus berikut ini dan Gambar 4.9.

$$w = W_c - W_n$$

$$W_c = N (U + C) + (N - 1) F_A + Z$$

$$U = u + R - (R^2 - L^2)^{0,5}$$

$$F_A = [R^2 + A(2L + A)]^{0,5} - R$$

$$Z = V/R^{0,5}$$

dengan:

w = besarnya pelebaran yang diperlukan [ft]

W_c = lebar perkerasan di tikungan [ft]

W_n = lebar perkerasan di bagian lurus [ft]

N = jumlah lajur

U = lebar tapak lajur kendaraan di tikungan yang terbesar [ft]

C = kebebasan samping; besarnya diambil masing-masing 2, 2,5 dan 3 ft untuk lebar lajur W_n 20, 22 dan 24.

F_A = lebar overhang [ft]

Z = lebar tambahan bagi kemudahan pengendaraan [ft]
 u = lebar tapak kendaraan di bagian lurus [ft]
 R = jari-jari tikungan [ft]
 L = jarak sumbu depan - sumbu belakang [ft]
 A = jarak bagian kendaraan paling muka - sumbu depan
(overhang) [ft]
 V = kecepatan rencana [mph]

IV.8. JARAK PANDANG DI TIKUNGAN

Jarak pandang seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dapat berupa jarak pandang henti dan jarak pandang menyusul. Jarak pandang henti harus terpenuhi disepanjang ruas jalan, sedangkan jarak pandang menyusul boleh tidak dipenuhi. Untuk perhitungan jarak pandang di tikungan harus diketahui tinggi mata dan tinggi objek bagi jarak pandang henti dan jarak pandang menyusul itu. Tinggi mata standar adalah 3,5 ft dan tinggi objek untuk jarak pandang henti adalah 0,5 ft, sedangkan tinggi objek bagi jarak pandang menyusul adalah 4,25 ft.

Jarak pandang pada jalan yang lurus dan mendatar dapat dikatakan tidak terhingga besarnya. Akan tetapi pada daerah tikungan maka kebebasan ke samping menentukan jarak pandang. Jarak pandang pada tikungan dapat dipengaruhi antara lain oleh bukit, pagar, pohon, dinding jembatan, gedung. Maka jarak halangan dan tinggi halangan itu harus dibatasi sehingga jarak pandang dapat dipenuhi.

Kebebasan ke samping dapat ditentukan sebagai berikut:

(1) Berdasarkan jarak pandang henti.

Jarak pandang henti (S) dapat ditentukan bagi ruas jalan yang direncanakan dengan kecepatan rencana V . Jarak pandang ini pada tikungan diukur di sepanjang sumbu lajur dalam. Daerah yang harus bebas dari halangan adalah daerah antara titik mata, titik objek dan sumbu lajur dalam. Besarnya kebebasan samping, diukur dari sumbu lajur dalam sebesar M (lihat Gambar 4.10. dan 4.11.).

Besarnya M dapat dihitung sebagai berikut:

$$M = R (1 - \cos \alpha)$$

$$M = R [1 - \cos (\theta,5S/2\pi R)360]$$

$$M = R [1 - \cos (S/\pi R)90]$$

$$R = 5730/D; \alpha = (S) D/200$$

$$5730 \quad S D$$

$$M = \frac{5730}{D} (1 - \cos \frac{S D}{200})$$

dengan:

M = jarak dari sumbu jalan bagian dalam tikungan [ft]

D = derajat lengkung tikungan dengan jari-jari tertentu
 [°]

S = jarak pandang henti [ft]

Maka jika sejarak M dari sumbu jalan bagian tikungan dalam merupakan daerah yang bebas dari halangan, maka jarak pandang henti pada tikungan ini akan terpenuhi. Kebebasan dalam daerah sejarak M ini mempunyai ketinggian maksimum sebesar h. Tinggi $h = 0,5 (h_1 + h_2)$.

Jika $h_1 =$ tinggi objek = 0,5 ft dan $h_2 =$ tinggi mata = 3,5 ft. Maka:

$$h = 0,5 (0,5 + 3,5) \text{ ft.}$$

Jika melihat Gambar 4.10 dan Gambar 4.11, maka gambar tersebut dapat dibuat dengan cara memasukkan berbagai harga jarak pandang henti (S) pada berbagai kecepatan (V), yang masing-masing dihitung untuk derajat lengkung tertentu, sehingga didapat besarnya M yang diperlukan. Besarnya harga M ini digambarkan untuk tiap kecepatan tertentu (= S tertentu). Besarnya jarak pandang henti tersebut dapat dilihat pada Tabel 3:1. (Tabel jarak pandang henti). Pada tabel tersebut terlihat ada dua harga jarak pandang henti, yaitu minimum dan maksimum. Sehingga dengan demikian terdapat dua grafik pula seperti terlihat pada Gambar 4.10. untuk S minimum dan Gambar 4.11. untuk S maksimum.

Untuk pemakaian grafik tersebut, maka untuk suatu tikungan tertentu akan diketahui derajat lengkungnya (D), serta kecepatan rencana (V) ruas jalan tersebut. Sehingga untuk mengetahui besarnya M , dapat ditarik garis horizontal dari nilai D dan dipotongkan dengan garis V tertentu, kemudian dari titik potong tersebut ditarik garis vertikal. Baca besarnya M pada sumbu horizontal tersebut.

(2) Berdasarkan jarak pandang menyusul.

Perhitungan jarak yang harus bebas dari halangan bagi jarak pandang menyusul dapat diterapkan sesuai dengan rumus yang dipakai pada penentuan jarak pandang henti. Perbedaannya hanya pada besarnya S dan tinggi h . Besarnya S dalam rumus tersebut dipakai untuk jarak pandang menyusul, sedangkan besarnya $h = 3,75$ ft.

Karena jarak pandang henti lebih pendek dari jarak pandang menyusul, maka M yang didapat agar memenuhi persyaratan jarak pandang menyusul juga menjadi besar. Sehingga jika diinginkan jarak pandang menyusul di tikungan pada daerah berbukit, akan menyebabkan besarnya pekerjaan galian.

V. ALINEMEN VERTIKAL

Pada alinemen vertikal ada beberapa unsur yang perlu ditinjau, yaitu: (1) kelandaian maksimum; (2) kelandaian minimum; (3) panjang landai kritis; (4) jalur pendakian; (5) jalur darurat; (6) lengkung cembung; dan (7) lengkung cekung.

Dalam pembicaran alinemen vertikal, maka unsur-unsur yang mempengaruhi perencanaan alinemen vertikal adalah:

- (a) kendaraan standar (perbandingan berat terhadap tenaga mesin).
- (b) kecepatan rencana.
- (c) tinggi mata.
- (d) tinggi objek bagi jarak pandang henti.
- (e) tinggi objek bagi jarak pandang menyusul.
- (f) tinggi dan sudut pencahayaan lampu kendaraan.
- (g) selisih kecepatan kendaraan ketika mendaki dengan kecepatan rata-rata.

Penjelasan unsur-unsur yang diperlukan pada tinjauan alinemen vertikal secara terperinci akan dibahas di bawah ini.

V.1. KENDARAAN STANDAR

Kendaraan standar yang dipakai pada penentuan alinemen vertikal ini adalah besarnya perbandingan berat terhadap tenaga mesin kendaraan tersebut. Berdasarkan hasil survai (lihat Gambar 5.1.) maka terlihat bahwa perbandingan berat terhadap tenaga mesin kendaraan makin lama makin kecil. Artinya untuk berat kendaraan yang sama, tenaga mesin menjadi lebih besar (makin bertenaga/makin kuat).

Dalam penentuan besarnya perbandingan berat terhadap tenaga mesin kendaraan, dipilih kendaraan yang mempunyai kinerja yang paling buruk yang sering lewat pada ruas jalan tersebut. Kinerja yang buruk itu tercermin dari besarnya perbandingan berat terhadap tenaga mesin tadi. Dalam AASHTO (1984) diambil kendaraan standar yang mempunyai perbandingan berat terhadap tenaga mesin = 300 lb/HP.

Karena kendaraan standar telah ditentukan, maka kinerja kendaraan yang ditunjukkan semuanya hanya berlaku bagi kendaraan

standar tersebut. Kinerja yang dapat ditunjukkan antara lain adalah penurunan kecepatan kendaraan standar ketika mendaki (Gambar 5.2.) dan ketika menurun (Gambar 5.3.).

V.2. KELANDAIAAN (MEMANJANG) MAKSIMUM

Dalam AASHTQ (1984) ditentukan besarnya kelandaian maksimum tergantung dari jenis/fungsi jalan dan kecepatan rencananya, yaitu sebagai berikut:

- (a) kecepatan rencana 110 km/h ~~70 mph~~; kelandai maksimum 5%
- (b) kecepatan rencana 50 km/h ~~30 mph~~, kelandaian maksimum 7-8% untuk jalan utama; dan 7-12% bagi jalan lainnya.
- (c) jika jalan satu arah dan mempunyai panjang pendakian $< 500 \text{ ft}$, maka kelandaian maksimum di atas dapat ditambah dengan 1%.
- (d) pada jalan rural yang bervolume rendah, kelandaian maksimum tersebut boleh lebih besar 2%.

atau lebih dari 0,3%

V.3. KELANDAIAAN MINIMUM

Persyaratan kelandaian minimum ini hanya berlaku bagi jalan-jalan yang dibuat dengan kerb (curb). Pada jalan-jalan yang mempunyai kerb, maka air permukaan (dari air hujan) akan terhambat alirannya ke saluran pembuangan (drainage). Sehingga kecepatan pengaliran di permukaan perkerasan pada jalan-jalan ini sepenuhnya tergantung dari kelandaian memanjang jalan.

Ketentuan kelandaian minimum ini di AASHTO (1984) ditentukan sebesar 0,3 - 0,5% bagi jalan-jalan utama yang bersubgrade (tanah dasar) baik. Bagi daerah cembung maupun daerah cekung, ketentuan ini berlaku bagi daerah sejauh 50 ft dari puncak cembung atau dasar cekung.

V.4. PANJANG LANDAI KRITIS

Pembuatan alinemen vertikal pada dasarnya diinginkan mempunyai kelandaian memanjang yang kecil dan pendek saja. Akan tetapi hal ini tidak selalu dapat dilakukan jika trase jalan melalui daerah yang bergunung-gunung. Jika keadaan topografi seperti itu, maka panjang jalur yang mendaki dapat sangat panjang.

Seperti dapat dilihat pada Gambar 5.2, maka jika kendaraan mendaki, kecepatan kendaraan akan berkurang. Pengurangan kecepatan akan menjadi makin besar jika panjang pendakiannya besar, samapi suatu saat kecepatannya menjadi minimum dan konstan.

Penurunan kecepatan ini tentunya menghambat kendaraan lain yang mempunyai kinerja yang lebih baik. Dari Gambar 5.4 terlihat bahwa penurunan kecepatan yang berlebihan menyebabkan meningkatnya kemungkinan kecelakaan. Pada saat penurunan kecepatan sebesar 0 - 10 mph, peningkatan kecelakaan masih linier. Akan tetapi setelah > 10 mph, besarnya kecelakaan menjadi sangat besar. Pada AASHTO (1984) batas penurunan kecepatan yang dapat diijinkan adalah 10 mph.

Pembatasan panjang pendakian sehingga penurunan sebesar 10 mph saja bagi kendaraan standar disebut sebagai panjang landai kritis.

Asumsi yang dipakai dalam penentuan panjang landai kritis adalah sebagai berikut:

- (a) kendaraan rencana adalah kendaraan truk dengan perbandingan berat terhadap tenaga mesin = 300 lb/HP.
- (b) kecepatan kendaraan ketika memasuki daerah pendakian diambil dengan ketentuan:
 - 1) jalan sebelum pendakian mempunyai kelandaian 0%, maka kecepatan awal kendaraan standar adalah kecepatan rata-rata (fungsi kecepatan rencana).
 - 2) jalan sebelum pendakian mempunyai kelandaian negatif (menurun), maka kecepatan awal kendaraan standar diambil sedikit lebih tinggi dari kecepatan rata-rata.
 - 3) jalan sebelum pendakian mempunyai kelandaian positif (mendaki), maka kecepatan awal kendaraan diambil sedikit lebih kecil dari kecepatan rata-rata.
- (c) berkurangnya kecepatan kendaraan standar dibatasi agar tidak menimbulkan gangguan terlalu besar (tinjauan kecelakaan), yaitu sebesar 10 mph. = 16,0934 km/h

Pada Gambar 5.5. yaitu berupa gambar yang menunjukkan

hubungan penurunan kecepatan kendaraan standar ketika mendaki, sebenarnya hanya berlaku bagi kendaraan yang mempunyai kecepatan awal sebesar 55 mph. Akan tetapi jika kecepatan awal < 55 mph perbedaan hasil panjang kritis yang didapat tidak terlalu jauh berbeda.

Sebagai contoh, maka dapat dihitung panjang landai kritis bagi kendaraan standar yang mempunyai kecepatan awal 55 mph dan melalui medan dengan kelandaian memanjang 4%. Maka panjang landai kritisnya adalah 1000 ft (Gambar 5.5.).

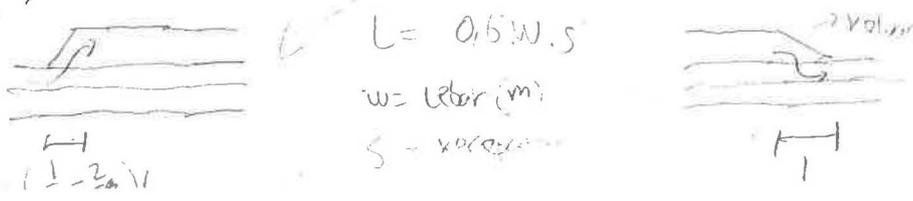
Apabila kelandaian memanjang tidak konstan, maka penentuan panjang landai kritisnya menjadi seperti berikut ini: Kendaraan dengan kecepatan awal 55 mph mendaki dengan kelandaian 2% sepanjang 1500 ft. Jika pendakian berikutnya adalah 5%, berapa panjang maksimum pendakian 5% ini?

Ketika kendaraan mendaki 2% sejauh 1500 ft, maka kecepatan kendaraan standar telah berkurang sebesar 6 mph (lihat Gambar 5.5). Sehingga penurunan kecepatan masih diijinkan sebesar 4 mph lagi. Kecepatan awal sekarang pada saat mendaki 5% adalah 49 mph. Akan didapat bahwa penurunan kecepatan sebesar 4 mph akan terjadi jika panjang pendakian 5% ini sepanjang 275 ft.

V.5. JALUR PENDAKIAN

Dalam kenyataannya panjang landai kritis terpaksa harus dilampaui. Jika demikian maka bagi kendaraan yang mempunyai kinerja yang lebih baik dari kendaraan standar akan mengalami gangguan yang berlebihan apabila pada saat itu di mukanya ada kendaraan standar. Terlebih lagi jika jalan tersebut merupakan jalan dua lajur dua arah yang volumenya tinggi. (> 200 kano/jam) (> 20 ltr/k)

Untuk menghindari kerugian bagi kendaraan lain akibat kendaraan yang agak lambat (kendaraan standar), maka dibuatkan satu lajur khusus bagi kendaraan tersebut ketika penurunan kecepatannya akan dilampaui. Lajur khusus ini dinamakan lajur pendakian. Sehingga lajur pendakian merupakan lajur tambahan bagi kendaraan yang bergerak agak lambat. Pelebaran bagi lajur pendakian dibuat 1:25 dan minimum 150 ft, sedangkan ketika jalur



pendakian akan diakhiri ketika kecepatan kendaraan sudah dapat menyamai kendaraan lain (di daerah penurunan) penyempitan dilakukan 1:50 dengan panjang minimum 200 ft.

V.6. JALUR DARURAT $S \cdot L = \frac{V^2}{2g(R \pm G)}$

G = kelandaian
R = rolling resistance

- pada grade 25
- balok beton 1/2"

Pada jalan-jalan yang menurun dan jalur menurun ini cukup panjang, maka kecepatan kendaraan yang menurun ini akan menjadi lebih besar dari kecepatan rata-rata. Untuk menghindari kecelakaan akibat kerusakan sistem rem bagi kendaraan yang menurun ini dibuat jalur darurat yang maksudnya tempat dimana kendaraan akan dapat berhenti dengan sendirinya tanpa menggunakan rem. Kendaraan ini dapat berhenti ketika memasuki jalur darurat karena pada jalur darurat ini terdapat material yang lepas dan rolling resistancenya besar.

↳ jenisnya 3-ton aspal = gravel

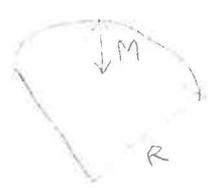
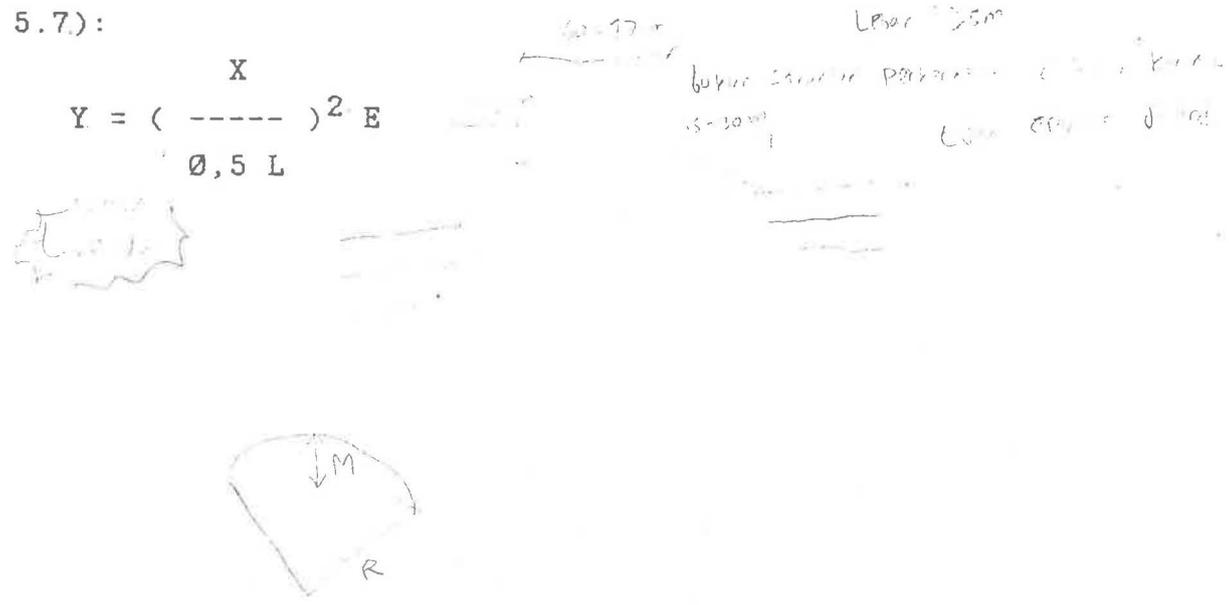
Beberapa bentuk jalur darurat dapat dilihat pada Gambar 5.6.

V.7. LENGKUNG CEMBUNG

Lengkung cembung adalah lengkung yang menghubungkan dua buah kelandaian yaitu kelandaian positif dengan kelandai negatif. Bentuk lengkung cembung ini harus mempunyai ciri-ciri seperti: (a) bentuknya sederhana; (b) memberikan keamanan; (c) memberikan kenyamanan; (d) memenuhi syarat drainage; (e) indah.

Pada umumnya bentuk lengkung cembung ini diambil berupa busur lingkaran atau parabola pangkat 2. Jika lengkung cembung dibuat dengan persamaan parabol pangkat 2, maka bentuknya adalah (lihat Gambar 5.7):

$$Y = \left(\frac{X}{0,5 L} \right)^2 E$$



dengan:

- A L
- E = ---
800
- A = perbedaan kelandaian [%]
- L = panjang (tali busur) lengkung
- X = jarak horizontal dari awal parabola
- Y = jarak vertikal dari garis lurus sampai permukaan parabola.

18% => full 18 derajat

=> JPH

Agar persyaratan aman dapat dipenuhi, maka jarak pandang henti harus terpenuhi. Hubungan antara tinggi objek (h_1), tinggi mata (h_2), perbedaan kelandaian (A), panjang tali busur parabola (L) dan jarak pandang henti (S) adalah sebagai berikut:

- jika $S < L$:

$S = JPH \Rightarrow$...

$$L = \frac{A S^2}{100 [(2h_1)^{0,5} + (2h_2)^{0,5}]^2}$$

- jika $S > L$:

$$L = 2 S - \frac{200 [(h_1)^{0,5} + (h_2)^{0,5}]^2}{A}$$

$L = \dots$

dengan:

- L = panjang tali busur lengkung parabola
- S = jarak pandang
- A = perbedaan kelandaian
- h_1 = tinggi objek => 0,15 m
- h_2 = tinggi mata => 1,07 m

Jika persyaratan jarak pandang henti ingin dipenuhi, maka: $h_1 = 0,5$ ft dan $h_2 = 3,5$ ft, sehingga:

- untuk $S < L$:

$$L = A (S)^2 / 1329$$

- untuk $S > L$:

$$L = 2 S - 1329/A$$

dengan:

- L = panjang busur parabola [ft]

Pada penggunaan praktis, maka perlu dibuat sebuah grafik, yaitu grafik yang menunjukkan hubungan antara besarnya perbesaan kelandaian (A), kecepatan rencana (V) dan panjang busur parabola (L). Pembuatan grafik seperti itu (lihat Gambar 5.8.) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus di atas. Pada Gambar 5.8. terdapat notasi K yaitu perbandingan L/A. Besarnya K ini dapat dihitung untuk L dengan A = 1%.

Walaupun menurut rumus di atas bagi S > L itu tidak linier, namun berdasarkan tinjauan kenyamanan, hubungan besarnya A dan L diambil linier dengan besar L minimum sebesar 3 V [ft]. Sehingga didapat grafik seperti pada Gambar 5.8.

Jika persyaratan jarak pandang menyusul ingin dipenuhi, maka:
 $h_1 = 4,25$ ft dan $h_2 = 3,5$ ft, sehingga:

- untuk S < L:

$$L = A (S)^2 / 3093$$

- untuk S > L:

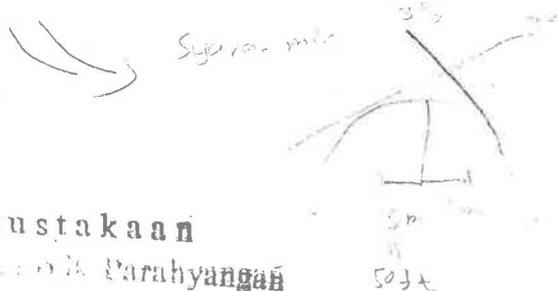
$$L = 2 S - 3093/A$$

Untuk mempermudah pembuatan grafik, maka diperkenalkan variabel baru, yaitu K. K adalah besarnya L untuk A = 1%. Sehingga dengan demikian untuk mendapatkan besarnya L untuk A <> 1% bisa dihitung dengan $L = A (K)$. Sehingga pada Gambar 5.8. dapat dilihat variable V, K, A dan L.

Mengingat syarat drainage, bagi jalan dengan kerb (curb), maka kelandaian minimum harus tidak dilampaui. Syarat kelandaian minimum itu 0,3% pada jarak 50 ft ^{15 m} dari puncak lengkung cembung. Sehingga nilai A = 0,6% dan L = 100 ft. Besarnya K = L/A = 167 ft. Hal ini berarti bagi lengkung cembung yang mempunyai K ≥ 167 syarat kelandaian minimum 0,3% sejarak 50 ft dari puncak tidak akan terpenuhi. Sehingga pada bagian jalan ini tidak diijinkan untuk dipasang kerb (curb).

kerb only

1 ft = 30 cm
 50 ft = 150 cm = 15 m



V.8. LENGKUNG CEKUNG

Pada lengkung cekung ini ada 4 kriteria, yaitu: (a) jarak pandang akibat penyinaran lampu kendaraan; (b) kenyamanan berkendara; (c) ketentuan drainage; dan (d) keindahan bentuk (rule-of-thumb).

(a) Jarak pandang akibat penyinaran lampu kendaraan.

Jarak pandang pada siang hari tidak menentukan pada lengkung cekung, kecuali jika terdapat halangan berupa jembatan di atas jalur lintasan kendaraan. Dalam penentuan jarak penyinaran lampu kendaraan ini diambil tinggi lampu kendaraan sebesar 2 ft dengan sudut penyinaran 1° kearah atas dari garis sumbu lampu. Berdasarkan kondisi itu, maka hubungan S, L dan A didapat sebagai berikut:

- untuk $S < L$:

$$L = \frac{AS^2}{400 + 3,5 S}$$

- untuk $S > L$:

$$L = 2S - \frac{400 + 3,5 S}{A}$$

dengan:

L = panjang tali busur lengkung cekung [ft]

S = panjang daerah penyinaran [ft]

A = perbedaan kelandaian [%]

Jika jarak pandang akibat penyinaran lampu diambil sama dengan panjang daerah penyinaran. Karena sepanjang ruas jalan jarak pandangnya minimal sama dengan jarak pandang henti maka dibuatlah Gambar 5.9, dengan $S =$ jarak pandang henti. .

(b) Faktor kenyamanan

Faktor kenyamanan terpenuhi jika percepatan sentrifugal pada lengkung cekung itu tidak lebih besar dari 1 ft/detik². Percepatan sentrifugal ini akan dilampaui jika panjang tali busur lengkung cekung lebih kecil dari L. Besar L ditentukan sebagai berikut:

$$L = A V^2 / 46,5$$

dengan:

L = panjang tali busur lengkung cekung [ft]

V = kecepatan kendaraan [mph]

A = perbedaan kelandaian [%]

(c) Faktor drainage

Faktor drainage pada lengkung cekung sama dengan persyaratan pada lengkung cembung. Sehingga jika $K < 167$ tidak menimbulkan masalah drainage, terutama jika jalan tersebut memakai kerb (curb).

(d) Bentuk yang indah

Bentuk yang indah memang relatif sekali (rule-of-thumb), akan tetapi berdasarkan AASHTO (1984) bentuk lengkung cekung dengan $L > 100 A$ dapat diterima. Hal ini terutama untuk nilai A yang kecil sampai sedang. Jika faktor 100 itu sama dengan K, maka bagi kecepatan yang lebih besar dari 40-50 mph bentuk lengkung yang memenuhi persyaratan keamanan ternyata juga memberikan bentuk yang indah.

VI. KOORDINASI ALINEMEN HORIZONTAL DAN VERTIKAL

VI.1. PEDOMAN PENENTUAN ALINEMEN HORIZONTAL

- (1) Setelah jalan lurus yang panjang, hindarkan pembuatan tikungan yang tajam.
- (2) Panjang lengkung minimum L_c [ft] = 15 V [mph].
- (3) Dua buah lengkung yang berlawanan arah harus terpisah cukup jauh sehingga masing-masing lengkung dapat membuat penampang jalan menjadi normal kembali (normal crown) setelah pembuatan superelevasi. Jarak yang cukup tersebut minimum merupakan jumlah superelevation runoff dan tangent runoff dari masing-masing lengkung horizontal (tikungan).
- (4) Dua buah lengkung yang searah harus dihindarkan.

VI.2. PEDOMAN PENENTUAN ALINEMEN VERTIKAL

- (1) Profil 'roller coaster' harus dihindarkan.
- (2) Jalan yang 'berombak' dengan panjang kelandaian yang cukup besar harus diperhitungkan pengaruhnya terhadap lalu-lintas terutama truk besar.
- (3) Dua buah lengkung yang berurutan baik cembung maupun cekung (terutama) harus dihindarkan.
- (4) Kombinasi kelandaian yang lebih besar digabung dengan kelandaian yang lebih kecil lebih baik daripada kelandaian yang konstan.
- (5) Kelandaian di pertemuan sebidang harus diusahakan sekecil mungkin.

VI.3. PEDOMAN PENENTUAN KOMBINASI ALINEMEN HORIZONTAL DAN VERTIKAL

Penjelasan dengan Gambar 6.1. dan 6.2:

- (1) Perlu dipertimbangkan pembuatan lengkung vertikal dan pada saat yang sama terjadi lengkung horizontal.
- (2) Lengkung horizontal yang tajam tidak dianjurkan untuk dibuat pada puncak lengkung vertikal cembung maupun cekung.
- (3) Lengkung horizontal harus sebesar-besarnya dan lengkung vertikal harus sekecil-kecilnya pada suatu pertemuan sebidang.
- (4) Di daerah pemukiman, pertimbangkan kemungkinan pembuatan jalan

yang lebih rendah dari daerah sekitarnya, agar suara kendaraan tidak terlalu mengganggu penduduk.

- (5) Hindarkan konstruksi jalan yang lebih tinggi dari daerah sekitarnya di lokasi pemukiman untuk menghindari pengaruh buruk 'visual intrusion' pada penghuni.
- (6) Usahakan trase jalan melalui daerah yang mempunyai pemandangan yang indah.

VII. PERTEMUAN JALAN/PERSIMPANGAN

Pertemuan jalan dapat dibagi menjadi 2 golongan yaitu (a) pertemuan sebidang (at-grade intersection); dan (b) pertemuan tidak sebidang (grade separation atau interchange).

VII.1. PERTEMUAN SEBIDANG

Pada pertemuan dua ruas jalan atau lebih, maka jika pertemuan itu terjadi pada satu bidang, maka akan terdapat banyak (minimal 3) kaki (approach) pertemuan/persimpangan.

Perencanaan geometrik dipersimpangan menjadi penting karena pada persimpangan: keamanan, kecepatan dan volume akan berkurang; sedangkan biaya operasi serta kelambatan akan meningkat. Karena itu perencanaan geometrik dipersimpangan hendaknya mengurangi sekecil mungkin pengaruh buruk di persimpangan tadi.

Pengaruh buruk itu dapat dikurangi dengan:

- (a) mengurangi titik-titik konflik; baik titik konflik kendaraan dengan kendaraan maupun kendaraan dengan pejalan kaki. Hal ini dapat dilakukan dengan pengaturan arus lalu-lintas (searah), dengan rambu (yield, stop), dengan marka (cat, button, jiggle bar), dengan pembuatan pulau atau dengan lampu lalu lintas.
- (b) memberikan kelandaian memanjang didaerah persimpangan sekecil-kecilnya.
- (c) jarak pandang yang cukup.
- (d) jari-jari tikungan yang besar dan disertai pelebaran di tikungan yang cukup.
- (e) sudut persimpangan dibuat sebaik mungkin (diinginkan sudut persimpangan mendekati 90°).

Apabila volume lalu-lintas dari masing-masing ruas jalan itu sudah demikian tinggi, maka pengaturan itu tidak memberikan hasil yang optimal. Sehingga perlu diberikan cara pemecahan lain, yaitu pertemuan tidak sebidang.

VII.2. PERTEMUAN TIDAK SEBIDANG

Pada pertemuan tidak sebidang, maka arus dari masing-masing kaki persimpangan tidak akan lagi timbul crossing. Pada pertemuan tidak sebidang ini akan timbul merging, diverging dan weaving.

Pada pertemuan tidak sebidang ini ada beberapa macam lengkung horizontal/ramp, yaitu:

- (a) *directional*. Pada jenis ramp ini arus lalu lintas yang akan belok kanan keluar melalui jalur kanan dan akan langsung belok kanan. Ketika memasuki ruas jalan yang baru, juga langsung masuk dari lajur kanan.
- (b) *semidirectional*. Pada jenis ramp ini arus lalu lintas yang akan belok kanan akan keluar dari jalur kiri dan masuk di jalur kanan, atau sebaliknya, atau keluar dan masuk lewat jalur kiri.
- (c) *indirectional/looping*. Pada jenis ramp ini arus lalu lintas yang akan belok kanan akan memutar ke kiri dahulu.

Ada banyak kombinasi interchange ini yang mungkin dibuat, seperti dapat dilihat pada Gambar 7.1.

III. PENENTUAN STASIUN TITIK-TITIK UTAMA ALINEMEN HORIZONTAL

Seperti telah dibicarakan di muka, bahwa pada tikungan dapat dibuat dengan lengkung transisi maupun tanpa lengkung transisi, sehingga kombinasi lengkung horizontal adalah sebagai berikut:

- a) lurus - busur lingkaran - lurus
- b) lurus - spiral - busur lingkaran - spiral - lurus
- c) lurus - spiral - spiral - lurus

8.1. LURUS-BUSUR LINGKARAN-LURUS

Bentuk tikungan seperti ini paling sederhana, dan hanya dapat dibuat pada tikungan dengan jari-jari yang besar. Sehingga titik-titik stasiun utama yang perlu ditentukan juga lebih mudah, yaitu titik TC, PI, dan CT (lihat Gambar 8.1).

Pada tikungan besar sudut δ , panjang jari-jari R , dan jarak titik utama lain terhadap titik PI pasti sudah diketahui. Sehingga dengan demikian titik TC dan CT dapat ditentukan secara lokal, sebagai berikut:

$$T = R \tan (\delta / 2)$$

$$L_c = 2 \pi R \delta / 360$$

$$\text{STA TC} = \text{STA PI} - T$$

$$\text{STA CT} = \text{STA TC} + L_c$$

dengan:

R = jari-jari tikungan

δ = sudut defleksi kedua bagian lurus; [$^\circ$]

L_c = panjang busur lingkaran

8.2. LURUS-SPIRAL-BUSUR LINGKARAN-SPIRAL-LURUS

Lihat Gambar 8.2. untuk penjelasannya. Dari perhitungan sebelumnya sudah ditentukan panjang lengkung transisi (=panjang spiral), L_s . Demikian pula dengan jari-jari tikungan, R . Keduanya dihubungkan dengan rumus berikut ini:

$$L_s = 2 R \theta_s \quad [\theta_s \text{ dalam radian}]$$

atau

$$L_s = 2 \pi R (2 \theta_s) / 360$$

Sehingga besar θ_s dapat dihitung. Karena panjang busur lingkaran, L_c , yang digunakan ada syarat minimumnya yaitu 20 m, maka dikontrol apakah syarat ini memenuhi.

$$L_c = (\delta - 2 \theta_s) R \quad \text{sudut dalam radian}$$

atau

$$L_c = (\delta - 2 \theta_s) 2 \pi R / 360 \quad \text{sudut dalam derajat}$$

Jika $L_c > 20$ m, maka bentuk tikungan ini dapat dibuat dan perhitungan dapat dilanjutkan. Dari θ_s dan Tabel 8.1. akan diperoleh k^* dan p^* . Bagi perhitungan selanjutnya yang digunakan adalah k dan p , yang diperoleh sebagai berikut:

$$k = k^* (L_s)$$

$$p = p^* (L_s)$$

Selanjutnya:

$$T = (R + p) \tan (0,5 \delta) + k$$

$$\text{STA TS} = \text{STA PI} - T$$

$$\text{STA SC} = \text{STA TS} + L_s$$

$$\text{STA CS} = \text{STA SC} + L_c$$

$$\text{STA ST} = \text{STA CS} + L_s$$

8.3. LURUS-SPIRAL-SPIRAL-LURUS

Apabila perhitungan di butir 8.2. menghasilkan $L_c < 20$ m maka alternatifnya adalah tikungan dibuat lurus-spiral-spiral-lurus. Sehingga:

$$\theta_s = 0,5 \delta$$

dan panjang spiral sekarang ditentukan:

$$L_s = 2 R \theta_s \quad \text{sudut dalam radian}$$

atau

$$L_s = 2 R \theta_s (2 \pi) / 360$$

Maka,

$$T = (R + p) \tan (\theta, 5 \delta) + k$$

$$\text{STA TS} = \text{STA PI} - T$$

$$\text{STA SS} = \text{STA TS} + L_s$$

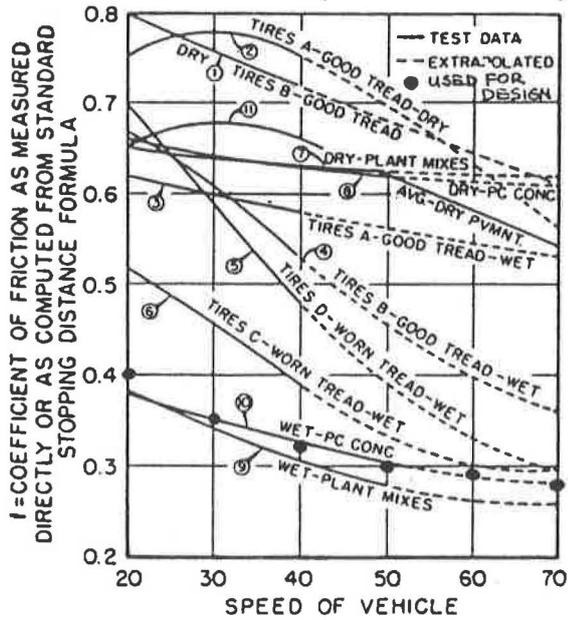
$$\text{STA ST} = \text{STA SS} + L_s$$

Referensi:

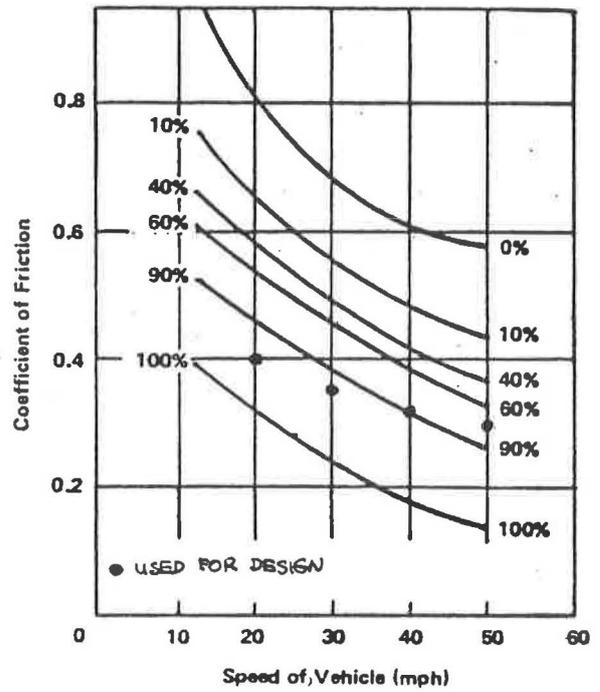
AASHTO (1984), *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, American Association of State Highways and Transportation Officials, Washington, DC.

Mannering, F.L. & W.P. Kilareski (1990), *Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis*, John Willey.

Wright, P.H. & R.J. Paquette (1987), *Highway Engineering*, edisi ke 5, John Willey.

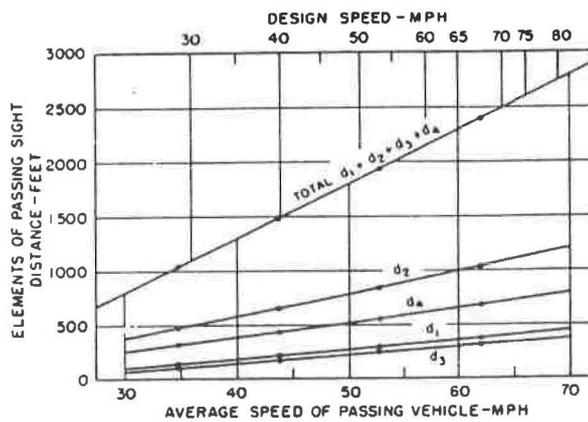
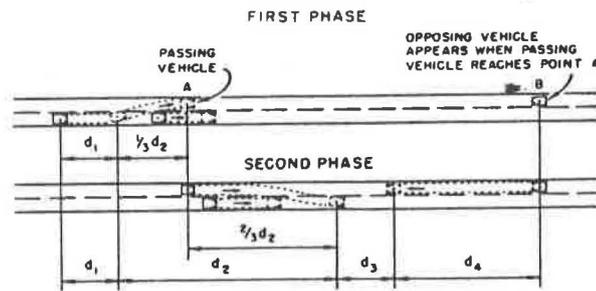


A. Skid resistance for various tire and pavement conditions



B. Skid resistance of pavement

Gambar 3.1. Koefisien Gesek Memanjang



Gambar 3.2. Penentuan Jarak Pandang Menyusul

Tabel 3.1. Jarak Pandang Henti

Design Speed (mph)	Assumed Speed for Condition (mph)	Brake Reaction		Coefficient of Friction f	Braking Distance on Level ^a (ft)	Stopping Sight Distance	
		Time (sec)	Distance (ft)			Computed ^a (ft)	Rounded for Design (ft)
20	20-20	2.5	73.3- 73.3	0.40	33.3- 33.3	106.7-106.7	125-125
25	24-25	2.5	88.0- 91.7	0.38	50.5- 54.8	138.5-146.5	150-150
30	28-30	2.5	102.7-110.0	0.35	74.7- 85.7	177.3-195.7	200-200
35	32-35	2.5	117.3-128.3	0.34	100.4-120.1	217.7-248.4	225-250
40	36-40	2.5	132.0-146.7	0.32	135.0-166.7	267.0-313.3	275-325
45	40-45	2.5	146.7-165.0	0.31	172.0-217.7	318.7-382.7	325-400
50	44-50	2.5	161.3-183.3	0.30	215.1-277.8	376.4-461.1	400-475
55	48-55	2.5	176.0-201.7	0.30	256.0-336.1	432.0-537.8	450-550
60	52-60	2.5	190.7-220.0	0.29	310.8-413.8	501.5-633.8	525-650
65	55-65	2.5	201.7-238.3	0.29	347.7-485.6	549.4-724.0	550-725
70	58-70	2.5	212.7-256.7	0.28	400.5-583.3	613.1-840.0	625-850

^aDifferent values for the same speed result from using unequal coefficients of friction.

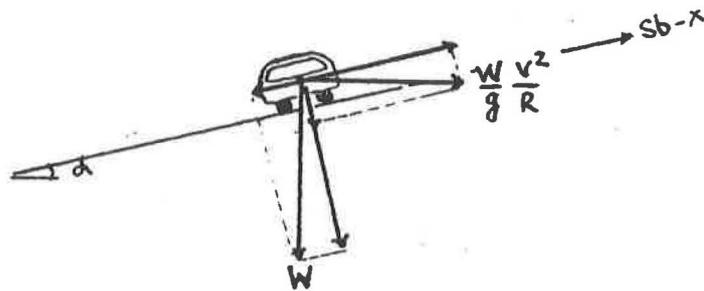
Tabel 3.2. Decision Sight Distance Pada Daerah Persimpangan

Design Speed (mph)	Time(s)					
	Premaneuver			Decision Sight Distance (ft)		
	Detection & Recognition	Decision & Response Initiation	Maneuver (Lane Change)	Summation	Computed	Rounded for Design
30	1.5-3.0	4.2-6.5	4.5	10.2-14.0	449- 616	450- 625
40	1.5-3.0	4.2-6.5	4.5	10.2-14.0	598- 821	600- 825
50	1.5-3.0	4.2-6.5	4.5	10.2-14.0	748-1,027	750-1,025
60	2.0-3.0	4.7-7.0	4.5	11.2-14.5	986-1,276	1,000-1,275
70	2.0-3.0	4.7-7.0	4.0	10.7-14.0	1,098-1,437	1,100-1,450

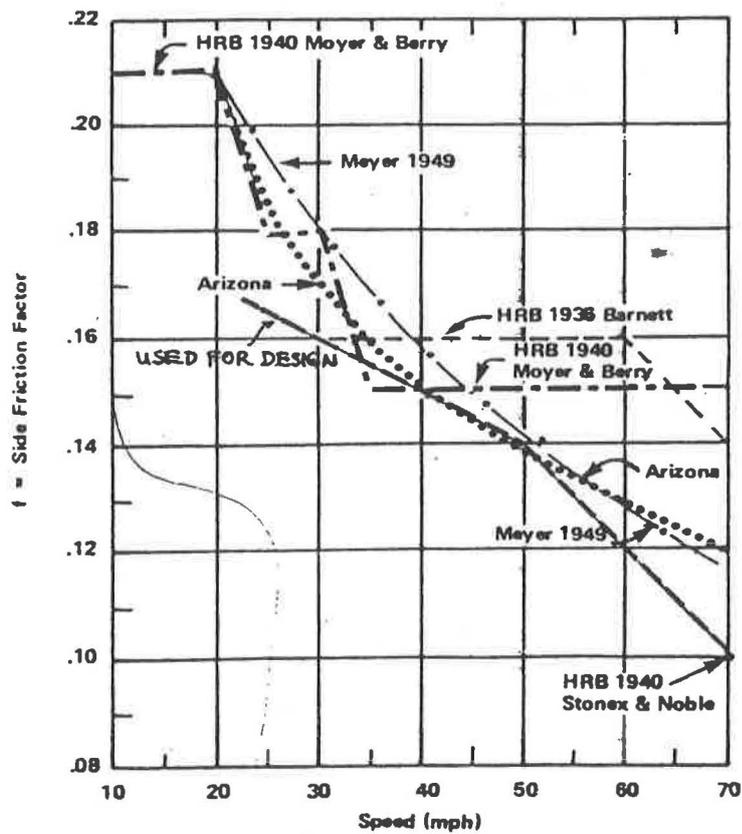
Tabel 3.3. Unsur-unsur Jarak Pandang Menyusul Menurut Penelitian Prisk

Speed Group (mph)	30-40	40-50	50-60	60-70
Average Passing Speed (mph)	34.9	43.8	52.6	62.0
Initial maneuver:				
a = average acceleration (mph/sec) ^a	1.40	1.43	1.47	1.50
t ₁ = time (sec) ^a	3.6	4.0	4.3	4.5
d ₁ = distance traveled (ft)	145	215	290	370
Occupation of left lane:				
t ₂ = time (sec) ^a	9.3	10.0	10.7	11.3
d ₂ = distance traveled (ft)	475	640	825	1,030
Clearance length:				
d ₃ = distance traveled (ft) ^a	100	180	250	300
Opposing vehicle:				
d ₄ = distance traveled (ft)	315	425	550	680
Total distance, d ₁ + d ₂ + d ₃ + d ₄ (ft)	1,035	1,460	1,915	2,380

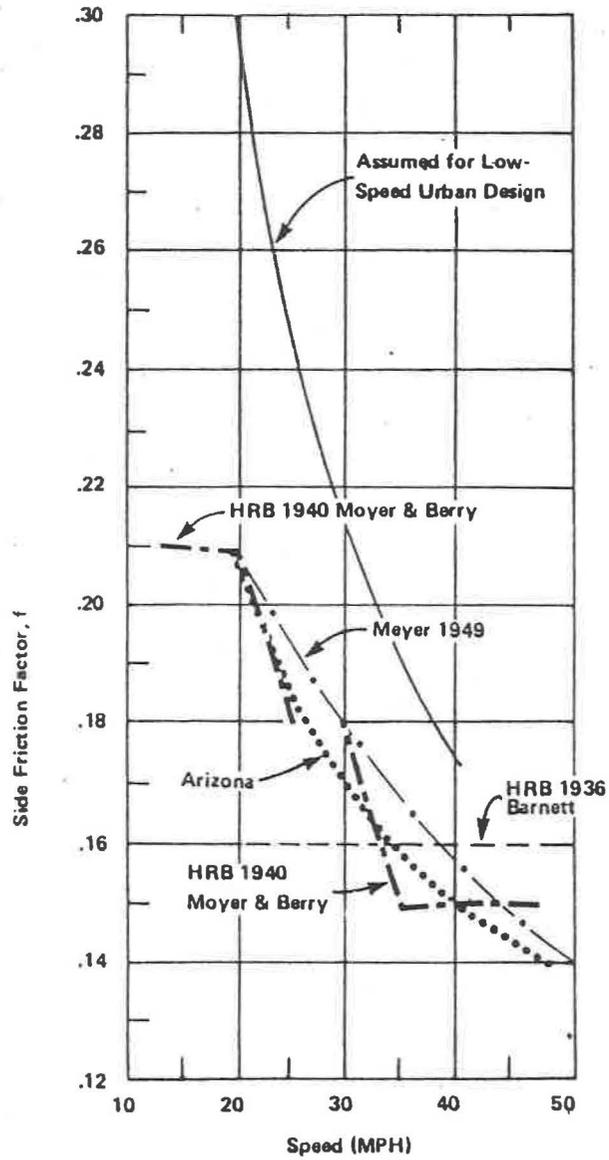
^aFor consistent speed relation, observed values adjusted slightly.



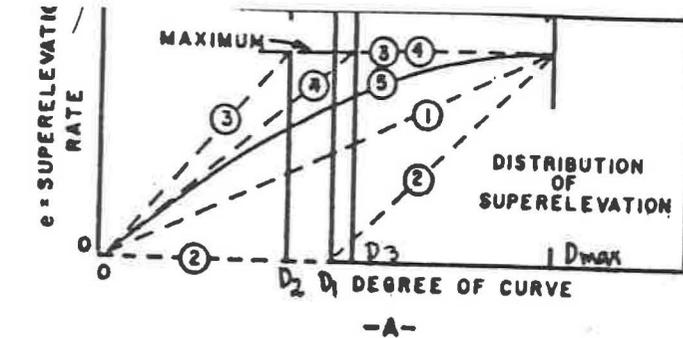
Gambar 4.1. Gaya-gaya yang Terjadi Ketika Kendaraan Menikung



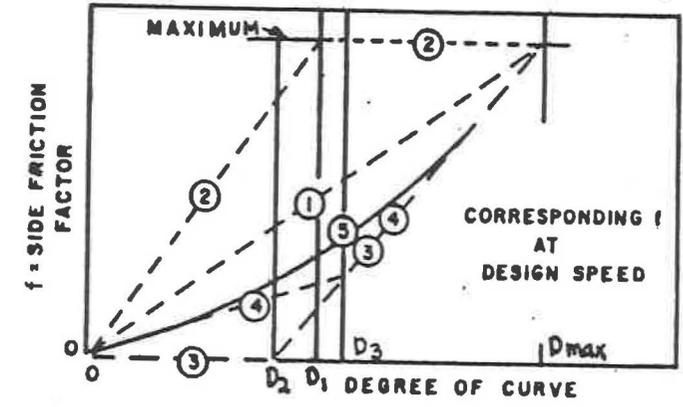
Gambar 4.2. Koefisien Gesek Kesamping Untuk Daerah Rural



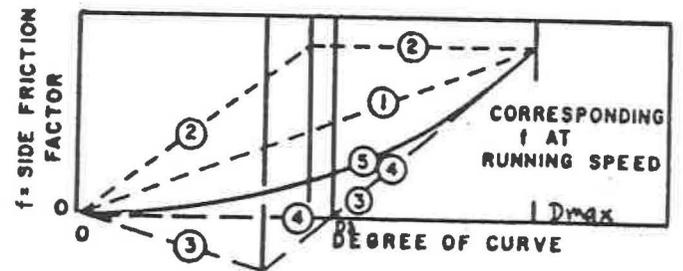
Gambar 4.3. Koefisien Gesek Kesamping Untuk Kecepatan Rendah dan Daerah Urban



-A-



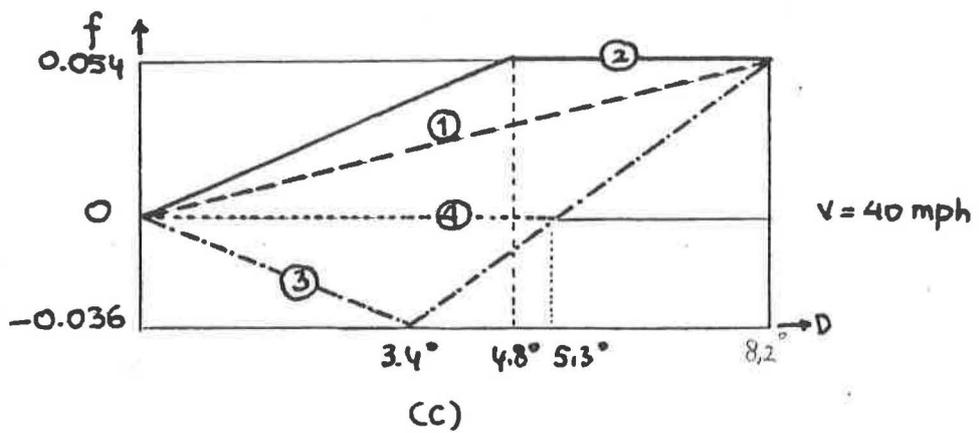
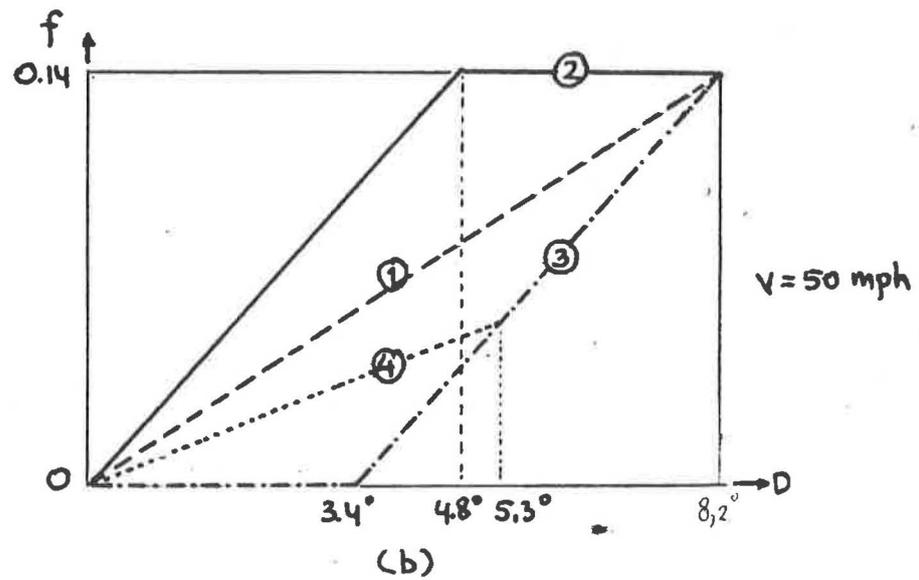
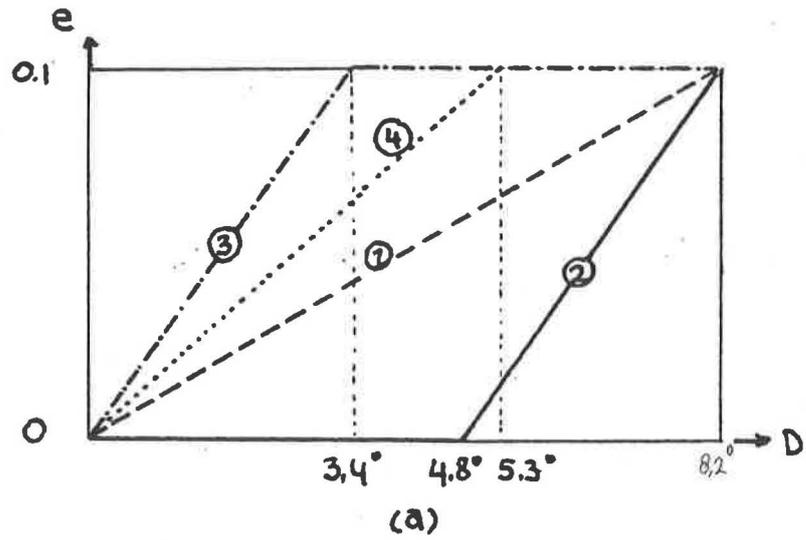
-B-



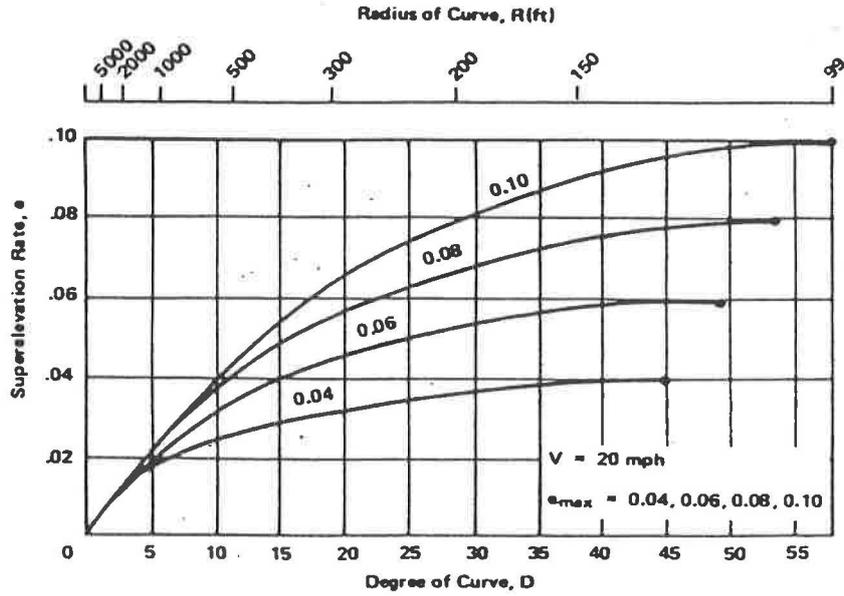
-C-

KEY: 0 = METHOD OF DISTRIBUTING e AND f , REFER TO TEXT FOR EXPLANATION.

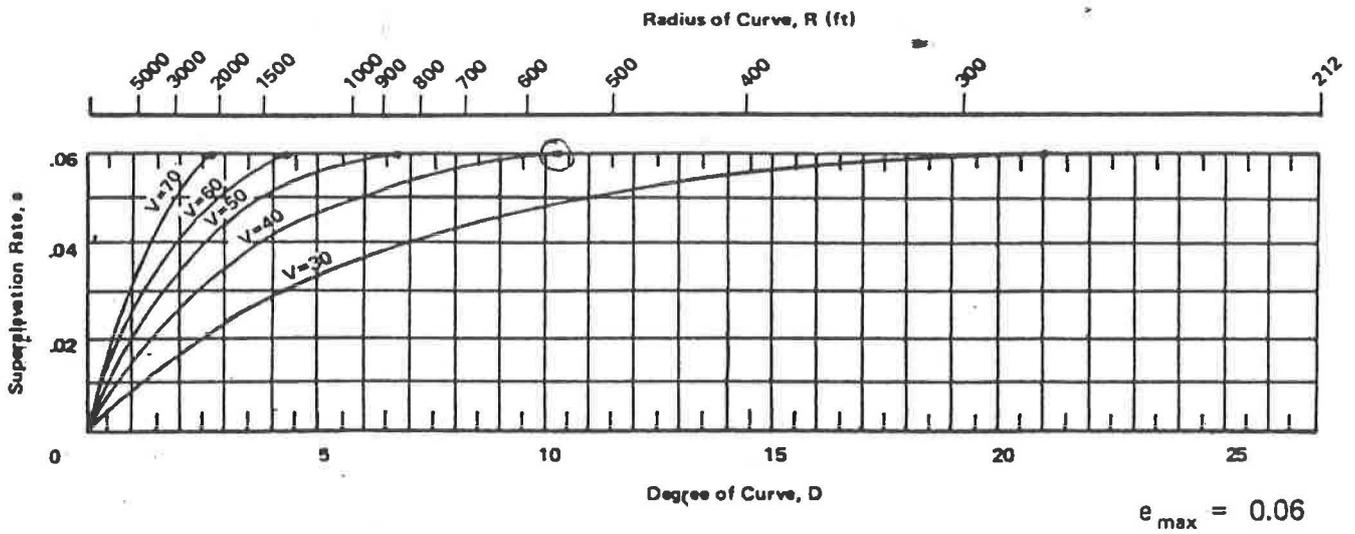
Gambar 4.4. Lima Macam Metode Distribusi e dan f



Gambar 4.5. Distribusi e dan f Berdasarkan Hasil Perhitungan



Gambar 4.6. Distribusi e Pada Kecepatan 20 mph



Gambar 4.7. Distribusi e untuk $e_{max} = 0,06$

Tabel 4.1. Kelandaian Relatif Maksimum Pada Jalan 2 Lajur

Design Speed V_D (mph)	Maximum Relative Gradients (and Equivalent Maximum Relative Slopes) for Profiles Between the Edge of Two-Lane Pavement and the Centerline (percent)
20	0.75 (1:133)
30	.67 (1:150)
40	.58 (1:175)
50	.50 (1:200)
60	.45 (1:222)
65	.41 (1:244)
70	.40 (1:250)

Tabel 4.2. Panjang Superelevation Runoff Pada Jalan 2 Lajur

Superelevation Rate, e	L—Length of Runoff (ft) for Design Speed (mph) of:						
	20	30	40	50	60	65	70
12-ft lanes							
.02	30	35	40	50	55	60	60
.04	60	70	85	95	110	115	120
.06	95	110	125	145	160	170	180
.08	125	145	170	190	215	230	240
.10	160	180	210	240	270	290	300
10-ft lanes							
.02	25	30	35	40	45	50	50
.04	50	60	70	80	90	95	100
.06	80	90	105	120	135	145	150
.08	105	120	140	160	180	190	200
.10	130	150	175	200	225	240	250
Design minimum length regardless of superelevation	50	100	125	150	175	190	200

Tabel 4.3. Penentuan e dan Panjang Superelevation Runoff Pada Kecepatan 20 mph

D	R (ft)	$e_{max} = 0.04$ V = 20 mph		$e_{max} = 0.06$ V = 20 mph		$e_{max} = 0.08$ V = 20 mph		$e_{max} = 0.10$ V = 20 mph	
		L (ft)		L (ft)		L (ft)		L (ft)	
		Two Lanes	Two Lanes						
1°00'	5,730	NC	0	NC	0	NC	0	NC	0
2°00'	2,885	NC	0	NC	0	NC	0	NC	0
3°00'	1,910	NC	0	NC	50	NC	50	NC	50
4°00'	1,432	NC	50	RC	50	RC	50	RC	50
5°00'	1,148	RC	50	020	50	021	50	022	50
6°00'	956	020	50	023	50	025	50	026	50
7°00'	819	022	50	026	50	028	50	029	50
8°00'	716	023	50	029	50	031	50	033	50
9°00'	637	024	50	031	50	035	50	036	60
10°00'	573	025	50	033	50	037	60	040	60
12°00'	477	027	50	037	60	043	60	046	70
14°00'	408	028	50	038	60	047	70	052	70
16°00'	358	030	50	041	60	051	70	057	80
18°00'	318	031	50	044	70	054	80	062	90
20°00'	286	032	50	046	70	057	90	066	100
24°00'	239	035	60	049	70	062	100	073	110
28°00'	205	036	60	052	80	067	100	079	120
32°00'	179	038	60	056	80	070	110	084	130
36°00'	159	039	60	057	90	074	110	089	140
40°00'	143	040	60	058	90	078	120	092	140
44°00'	130	040	60	060	90	078	120	095	150
48°00'	119	$D_{max} = 45°00'$		060	90	079	120	098	150
52°00'	110			$D_{max} = 49°15'$		080	120	099	150
56°00'	102					$D_{max} = 53°30'$		100	150
								$D_{max} = 58°00'$	

$e_{max} = 0.04, 0.06, 0.08, 0.10$
 D = degree of curve
 R = radius of curve
 V = assumed design speed
 e = rate of superelevation
 L = minimum length of runoff
 NC = normal crown section
 RC = reverse adverse crown, superelevate at normal crown slope

NOTES: Spirals seldom used above heavy line.
 In recognition of safety considerations, use of $e_{max} = 0.04$ should be limited to urban conditions.

Tabel 4.4. Penentuan e dan Panjang Superelevation Runoff Pada $e_{max} = 0,06$

D	R (ft)	V = 30 mph		V = 40 mph		V = 50 mph		V = 60 mph		V = 65 mph		V = 70 mph	
		L (ft)		L (ft)		L (ft)		L (ft)		L (ft)		L (ft)	
		Two Lanes	Four Lanes	Two Lanes	Four Lanes	Two Lanes	Four Lanes	Two Lanes	Four Lanes	Two Lanes	Four Lanes	Two Lanes	Four Lanes
0°15'	22,918	NC	0	NC	0	NC	0	NC	0	NC	0	NC	0
0°30'	11,459	NC	0	NC	0	NC	0	NC	175	RC	190	RC	200
0°45'	7,639	NC	0	NC	0	NC	0	021	175	024	190	026	200
1°00'	5,730	NC	0	NC	125	020	150	022	175	030	190	033	200
1°30'	3,820	NC	100	025	125	026	150	037	175	041	190	046	200
2°00'	2,885	RC	100	025	125	036	150	046	178	050	190	056	200
2°30'	2,282	020	100	030	125	040	150	051	178	056	190	062	200
3°00'	1,910	023	100	034	125	045	150	055	178	058	190	064	200
3°30'	1,637	028	100	038	125	049	150	058	178	060	190	066	200
4°00'	1,432	029	100	041	125	052	150	060	178	062	190	068	200
4°30'	1,148	034	100	046	125	056	150	062	178	064	190	070	200
5°00'	956	038	100	050	125	059	150	$D_{max} = 4°15'$		$D_{max} = 4°15'$		$D_{max} = 3°30'$	
6°00'	819	041	100	053	125	061	150	$D_{max} = 6°45'$					
7°00'	716	043	100	056	125	063	150						
8°00'	637	046	100	058	125	064	150						
9°00'	573	048	100	059	125	065	150						
10°00'	521	050	100	060	130	066	150						
11°00'	477	052	100	061	130	067	150						
12°00'	441	054	100	062	140	068	150						
13°00'	408	055	100	063	140	069	150						
14°00'	358	058	100	064	140	070	150						
16°00'	318	058	110	065	140	071	150						
18°00'	286	058	110	066	140	072	150						
20°00'	273	060	110	067	140	073	150						
21°00'		$D_{max} = 21°00'$											

D = degree of curve
 R = radius of curve
 V = assumed design speed
 e = rate of superelevation
 L = minimum length of runoff
 NC = normal crown section
 RC = remove adverse crown, superelevate at normal crown slope

NOTES: Spirals seldom used above heavy line.
 Lengths rounded in multiples of 25 or 50 ft permit simpler calculations.

Tabel 4.5. Dimensi Berbagai Kendaraan

Design-Vehicle Type	Symbol	Dimension (ft)									
		Overall			Overhang		WB ₁	WB ₂	S	T	WB ₃
		Height	Width	Length	Front	Rear					
Passenger car	P	4.25	7	19	3	5	11				
Single unit truck	SU	13.5	8.5	30	4	6	20				
Single unit bus	BUS	13.5	8.5	40	7	8	25				
Articulated bus	A-BUS	10.5	8.5	60	8.5	9.5	18		4 ^a	20 ^a	
Combination trucks											
Intermediate semitrailer	WB-40	13.5	8.5	50	4	6	13	27			
Large semitrailer	WB-50	13.5	8.5	55	3	2	20	30			
"Double Bottom" semi-trailer—full-trailer	WB-60	13.5	8.5	65	2	3	9.7	20	4 ^b	5.4 ^b	20.9
Recreation vehicles											
Motor home	MH		8	30	4	6	20				
Car and camper trailer	P/T		8	49	3	10	11	5	18		
Car and boat trailer	P/B		8	42	3	8	11	5	15		

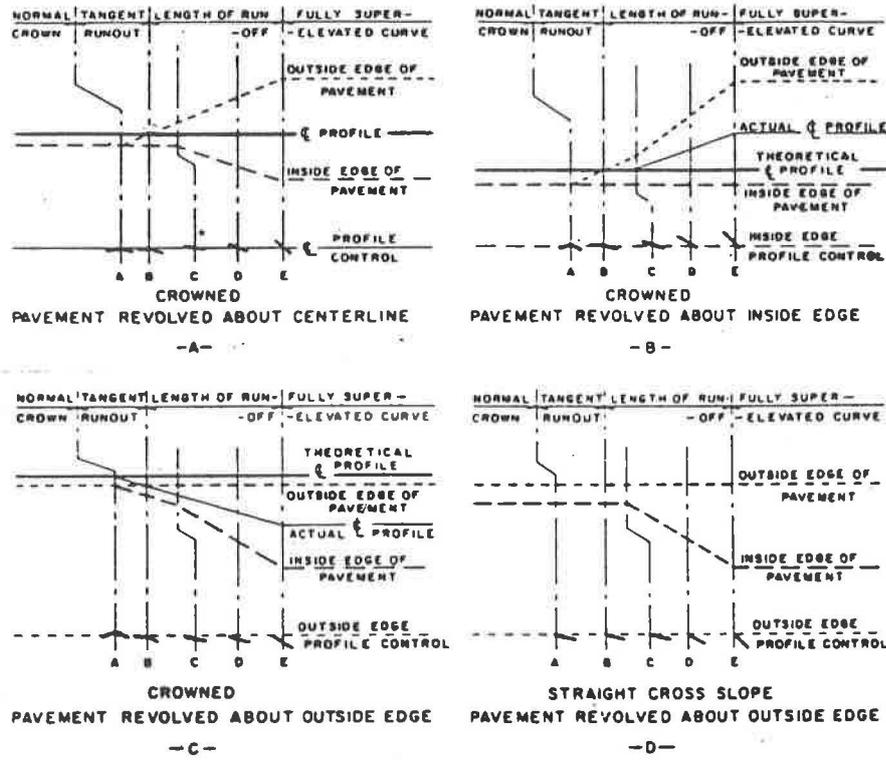
a = Combined dimension 24, split is estimated.

b = Combined dimension 9, 4, split is estimated.

WB₁, WB₂, WB₃, are effective vehicle wheelbases.

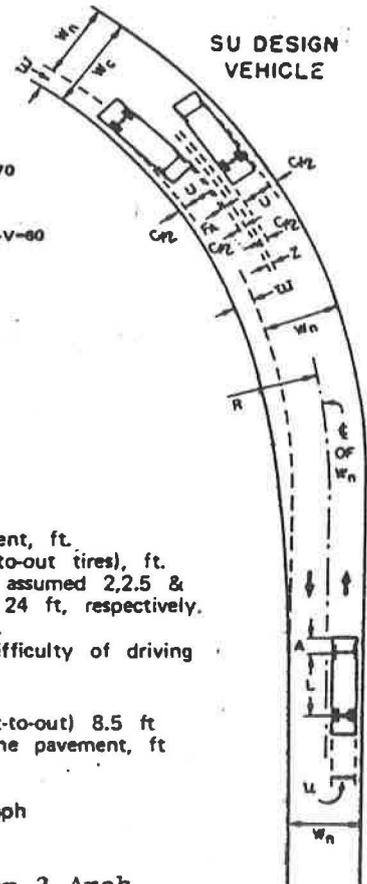
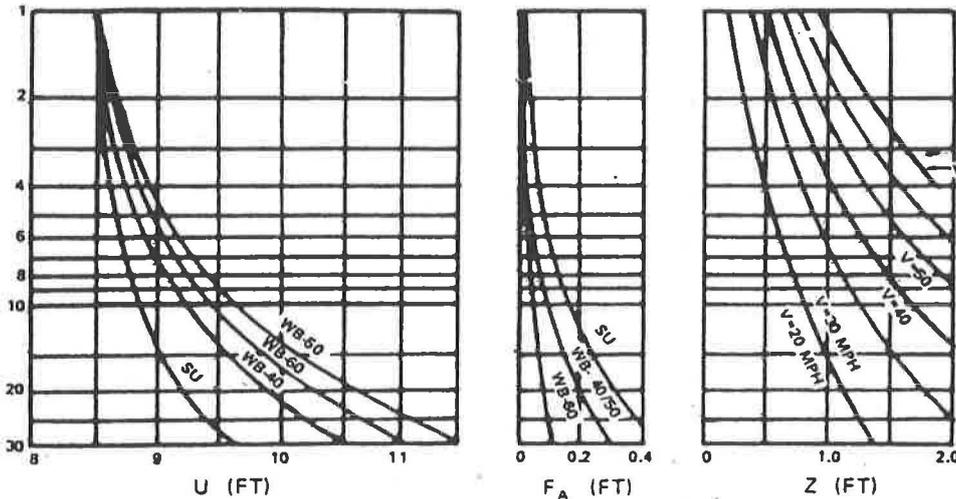
S is the distance from the rear effective axel to the hitch point.

T is the distance from the hitch point to the lead effective axel of the following unit.



Gambar 4.8. Metode Pencapaian Superelevasi

Elements of Pavement Widening



(1) $w = W_c - W_n$
 (2) $W_c = N(U+C) + (N-1)F_A + Z$

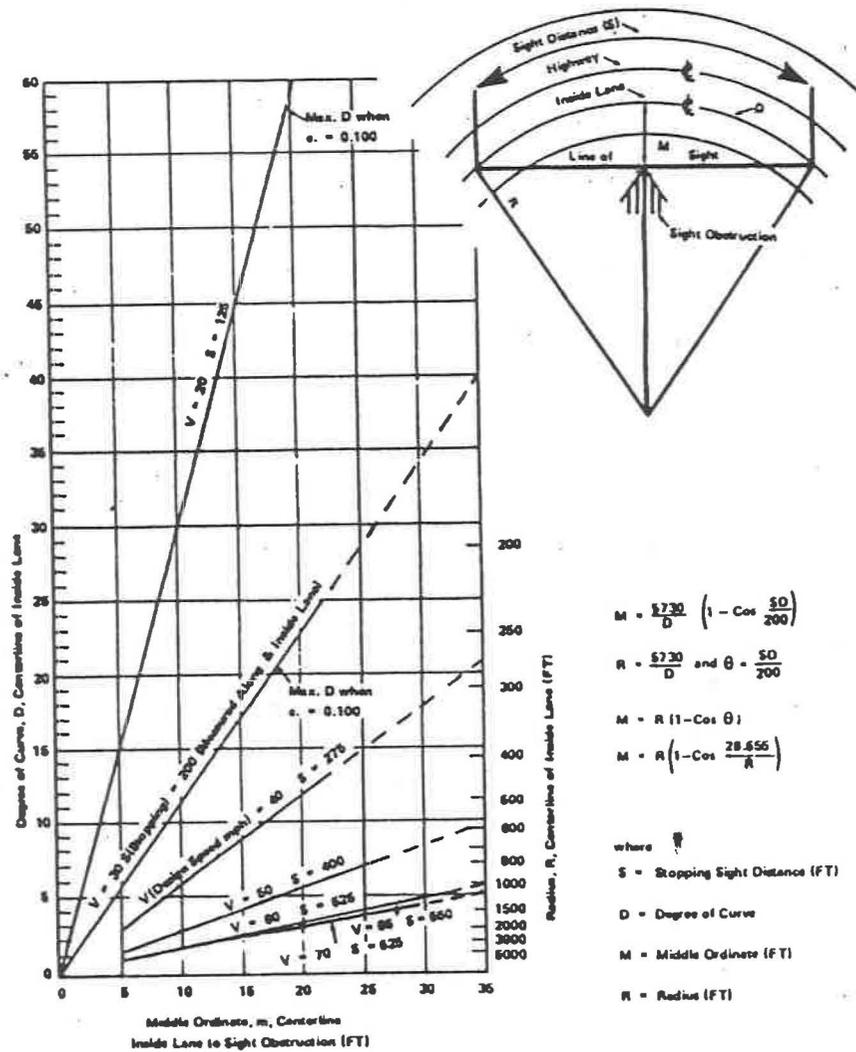
N = Number of lanes
 w = widening for pavement on curve, ft.
 W_c = width of pavement on curve, ft.

(3) $U = u + R - \sqrt{R^2 - L^2}$
 (4) $F_A = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R$
 (5) $Z = V / \sqrt{R}$

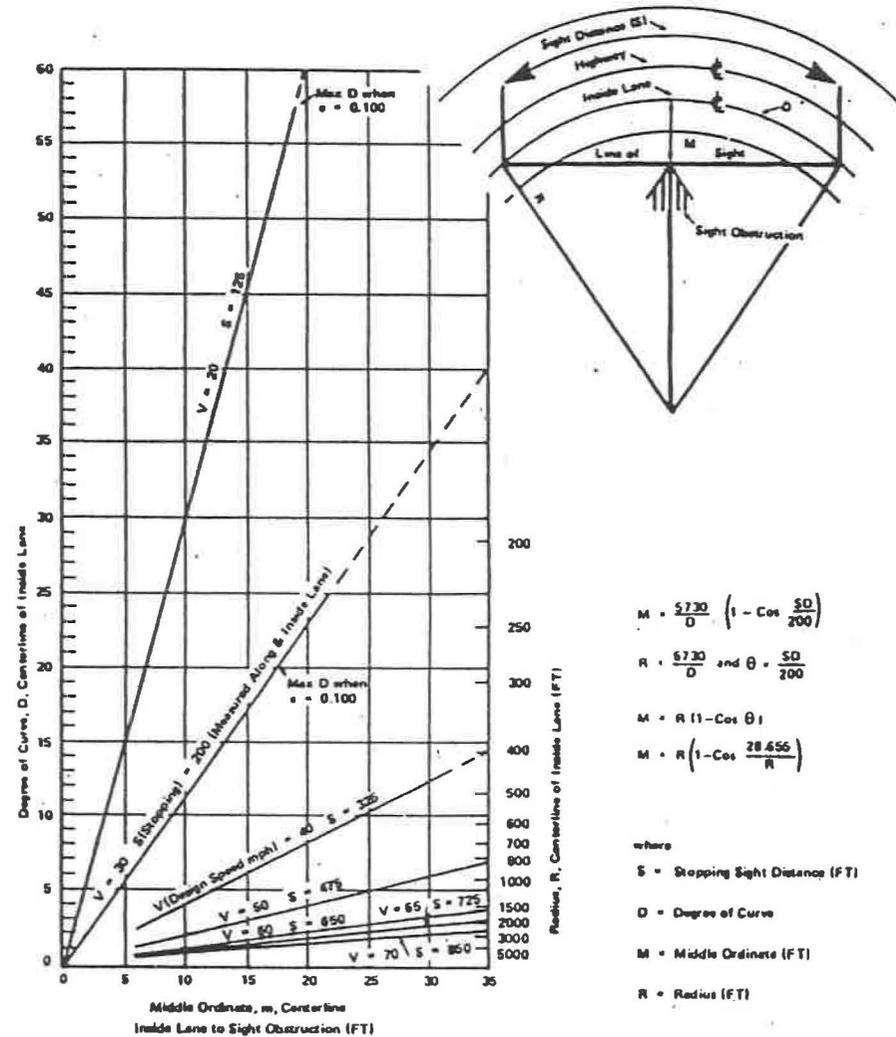
W_n = width of pavement on tangent, ft.
 U = track width of vehicle (out-to-out tires), ft.
 C = lateral clearance per vehicle; assumed 2.25 & 3 ft for W_n of 20, 22 & 24 ft, respectively.
 F_A = width of front overhang, ft.
 Z = extra width allowance for difficulty of driving on curves, ft.

u = track width on tangent (out-to-out) 8.5 ft
 R = radius on centerline of 2-lane pavement, ft
 L = wheelbase
 A = front overhang
 V = design speed of highway, mph

Gambar 4.9. Pelebaran di Tikungan Pada Jalan 2 Lajur 2 Arah

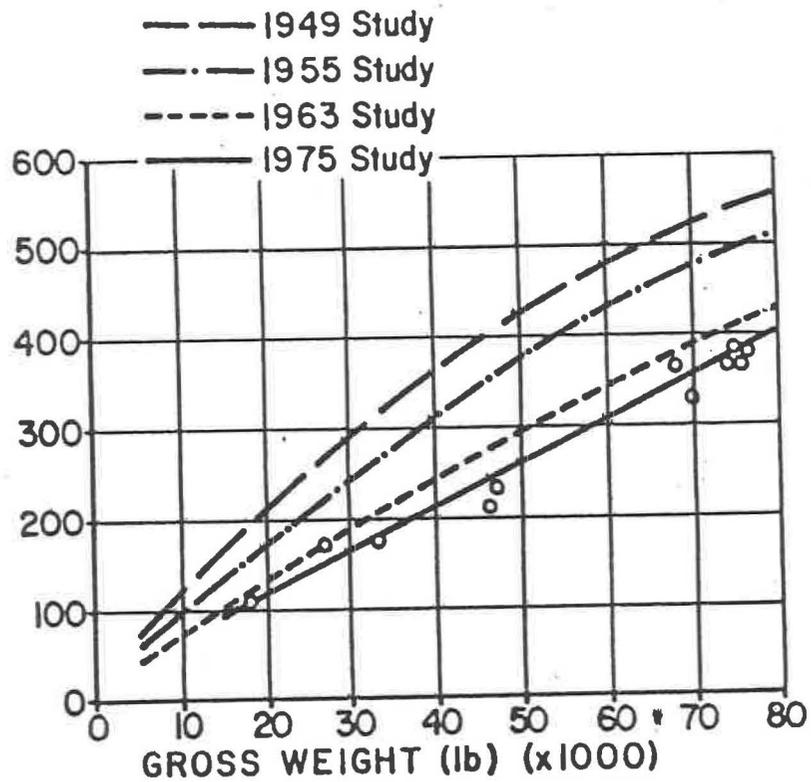


Gambar 4.10. Kebebasan Samping Berdasarkan
Batas Bawah Jarak Pandang Henti



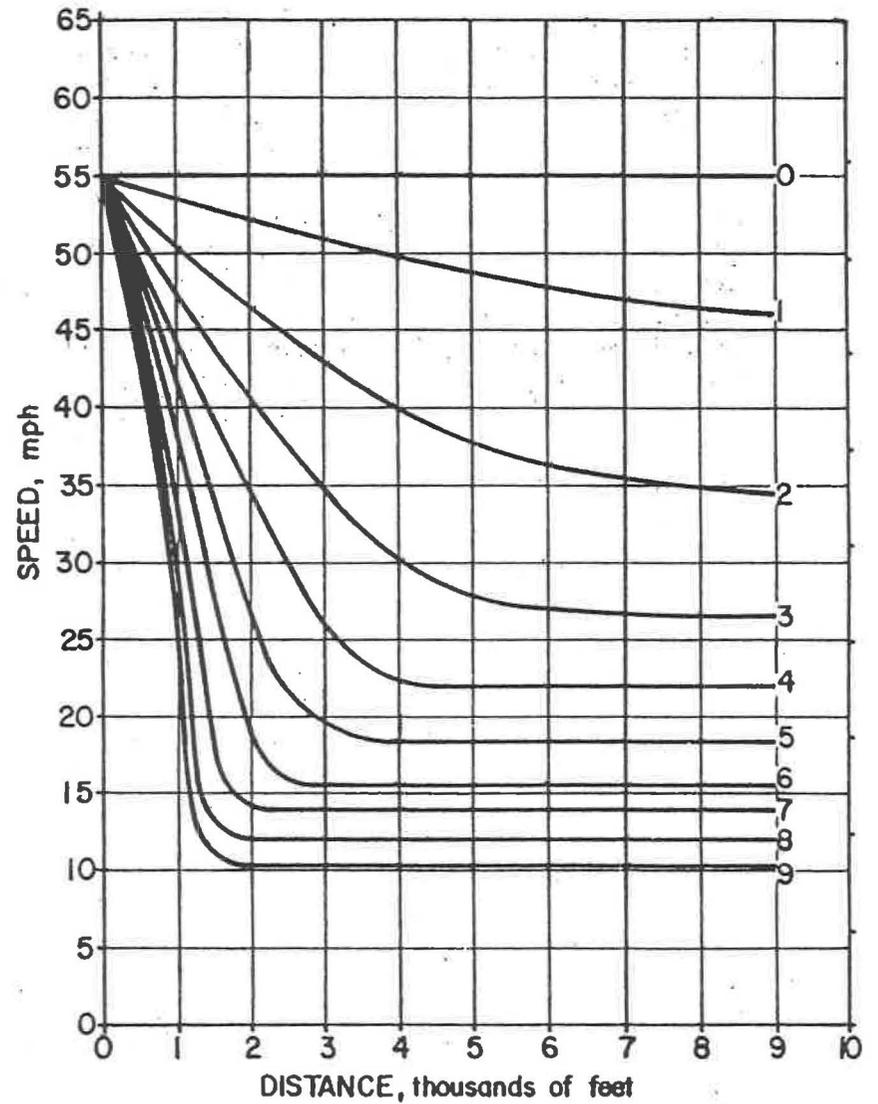
Gambar 4.11. Kebebasan Samping Berdasarkan
Batas Atas Jarak Pandang Henti

WEIGHT/HORSEPOWER RATIO (lb/hp)



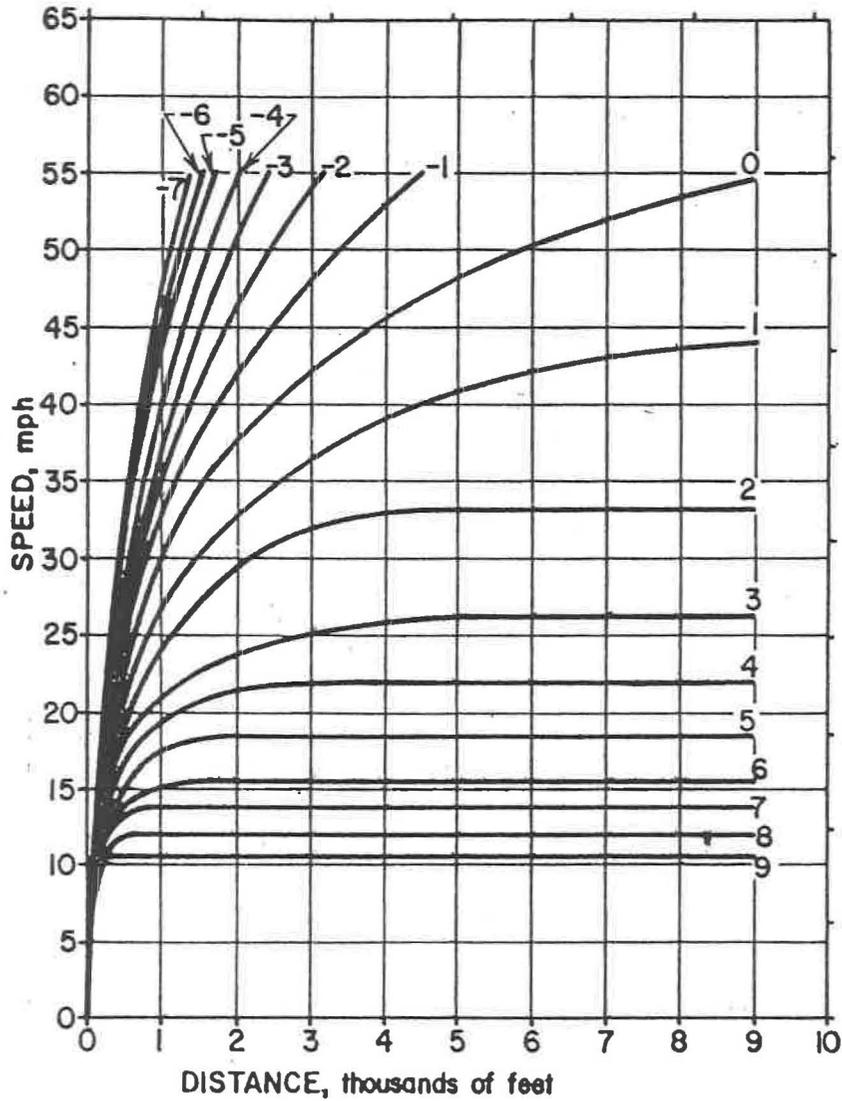
Gambar 5.1. Perkembangan Weight/Horsepower Ratio Kendaraan

Deceleration (on Percent Upgrades Indicated)

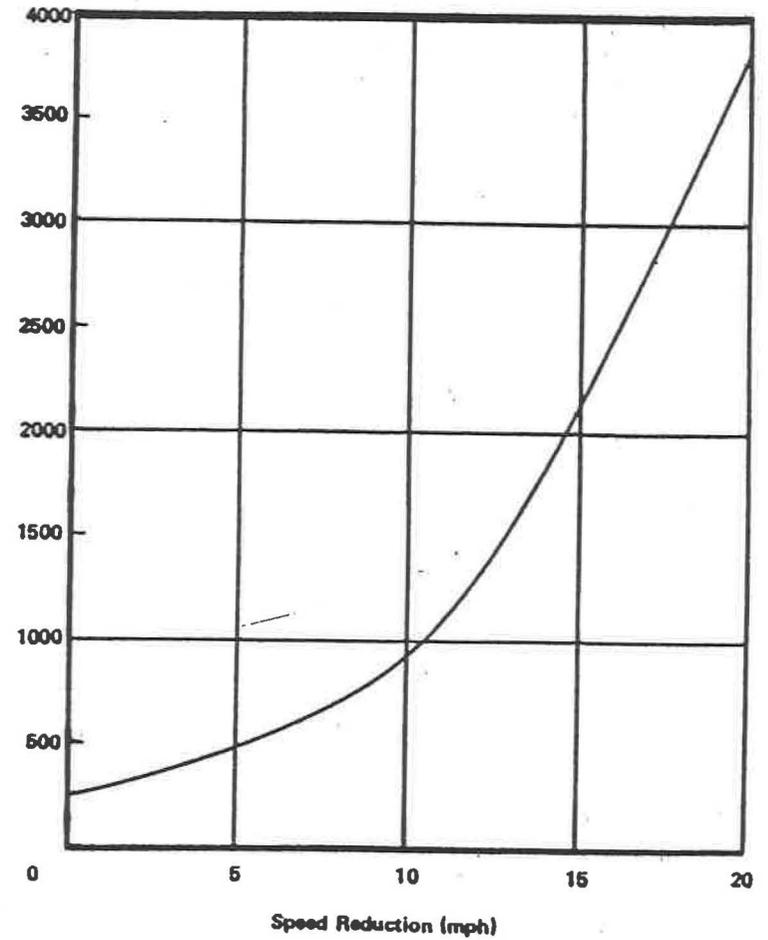


Gambar 5.2. Penurunan Kecepatan Kendaraan Standar Pada Pendakian

Acceleration (on Percent Grades Up and Down Indicated)



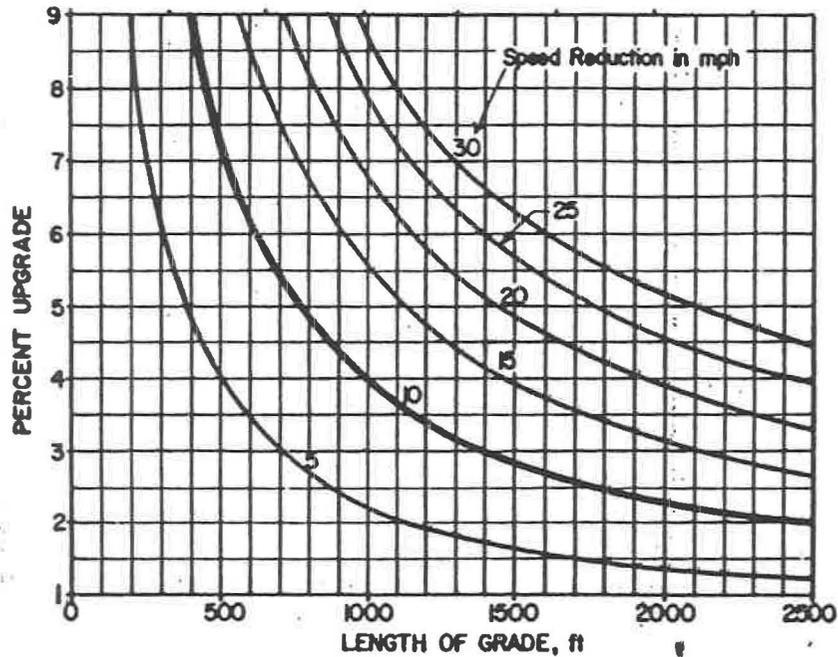
Involvement Rate
(Number of 4-or-more Axle Trucks Involved in Accidents)
Per 100 Million Vehicle Miles of Travel



Gambar 5.4. Kejadian Kecelakaan Pada Penurunan Kecepatan Rata-rata

09

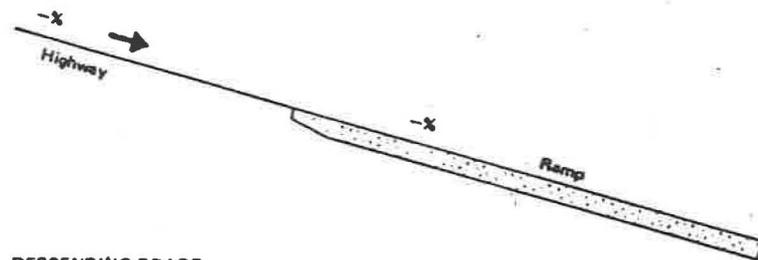
Gambar 5.3. Peningkatan Kecepatan Kendaraan Standar Pada Penurunan



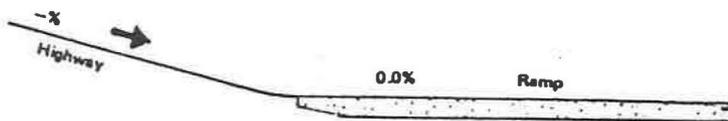
Gambar 5.5. Pengurangan Kecepatan Kendaraan Standar Pada Kecepatan Awal 55 mph



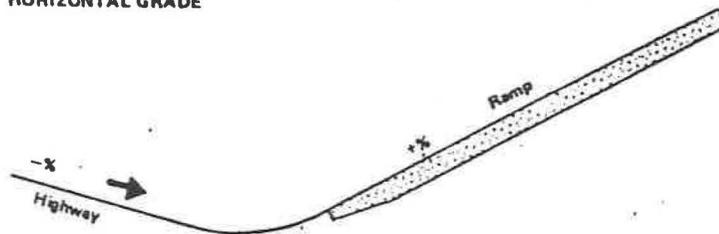
A. SANDPILE



B. DESCENDING GRADE



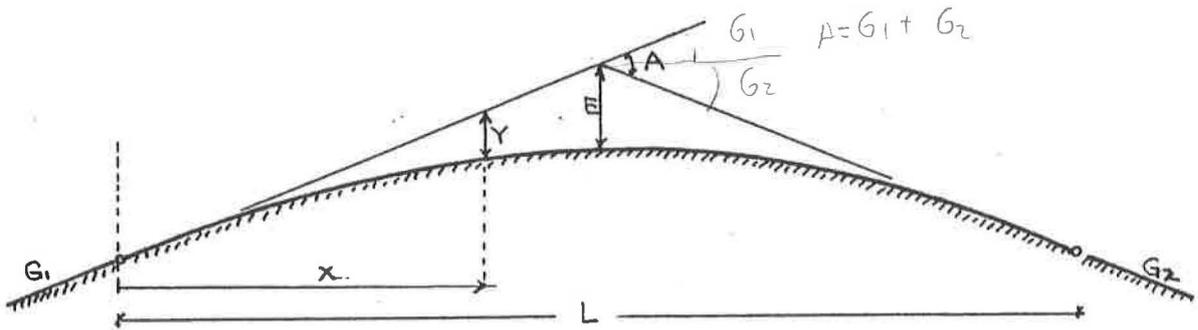
C. HORIZONTAL GRADE



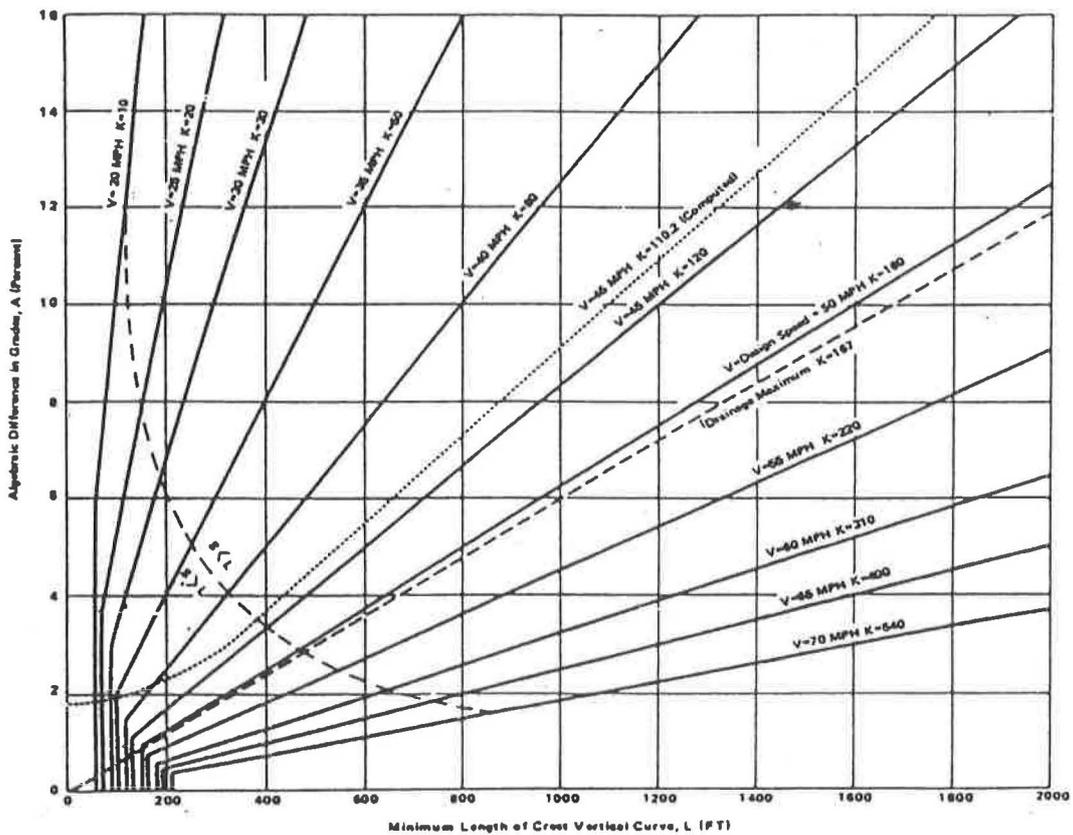
D. ASCENDING GRADE

Note: Profile is along the baseline of the ramp

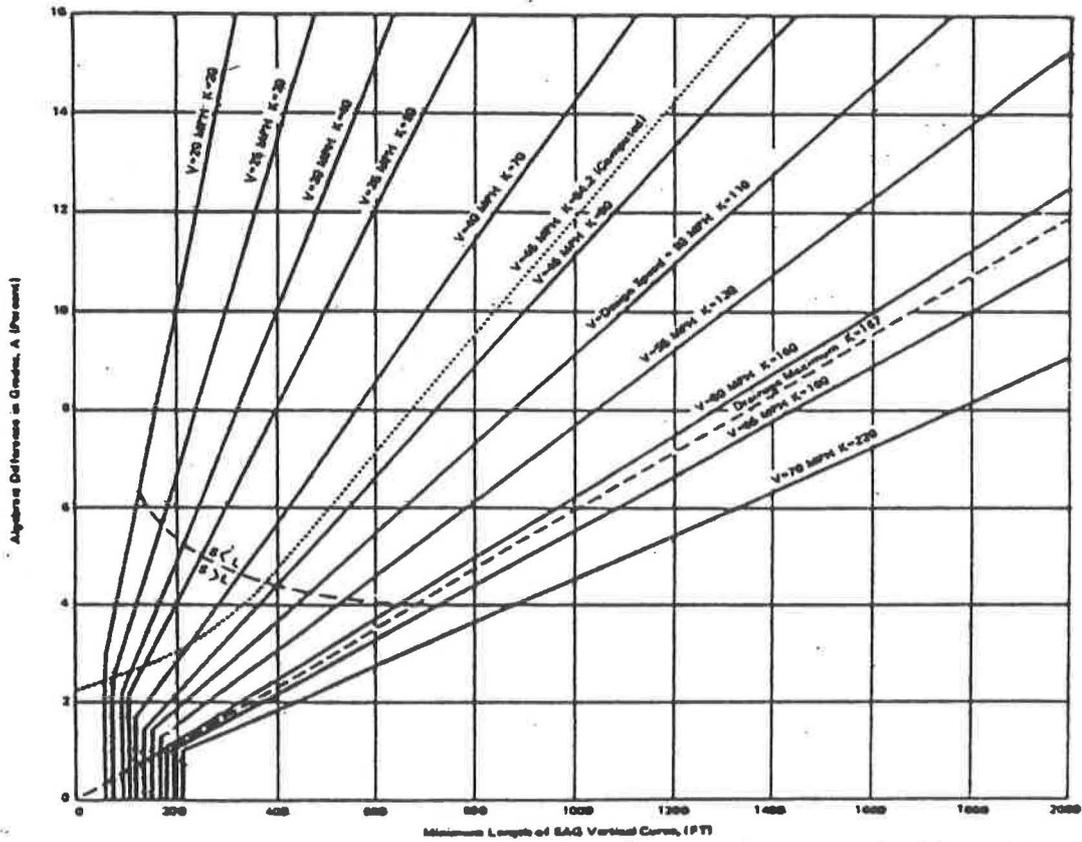
Gambar 5.6. Macam-macam Bentuk Jalur Darurat



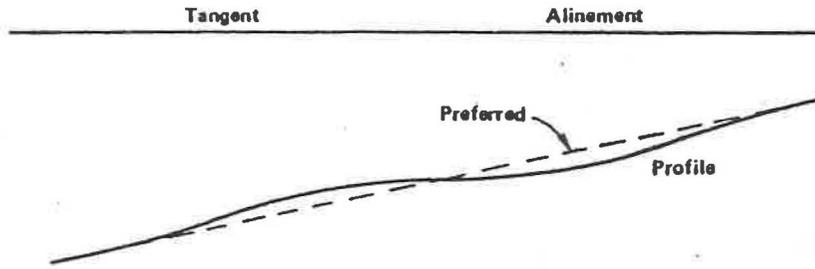
Gambar 5.7. Bentuk Lengkung Cembung



Gambar 5.8. Panjang Tali Busur Minimum Pada Lengkung Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti

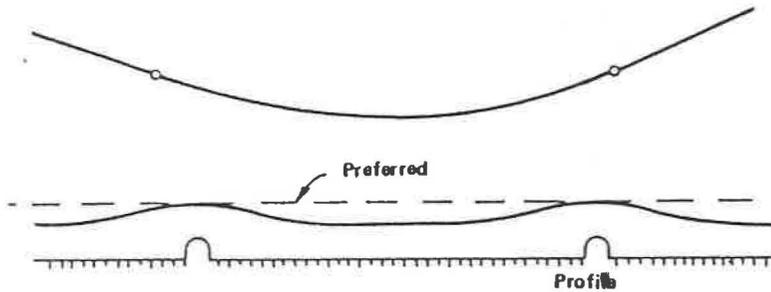


Gambar 5.9. Panjang Tali Busur Minimum Pada Lengkung Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti



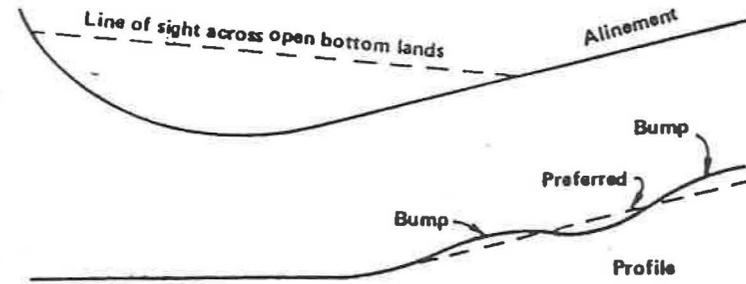
A. Profile with Tangent Alinement

Note: Avoid designing little local dips in an otherwise long, uniform grade. These usually result from zeal to balance cut and fill exactly and reduce overhaul.



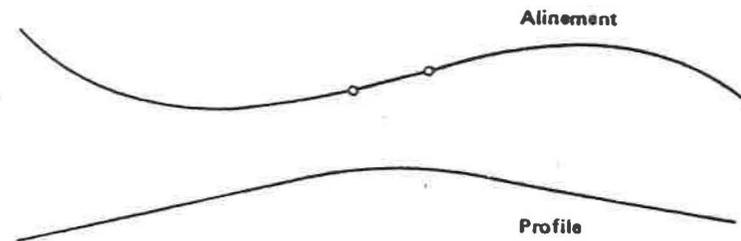
B. Profile with Curve Alinement

Note: Short humps in the grade should be avoided.



C. Distant View Showing Bumps in Profile Grade Line

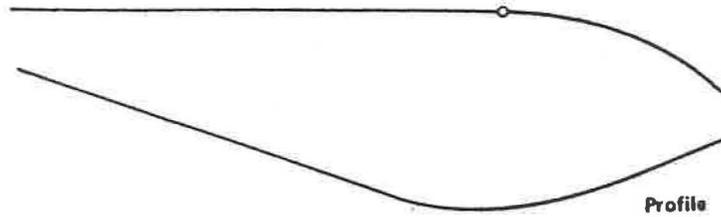
Note: A distant side view of a long grade on tangent will reveal every bump on it.



D. Short Tangent on a Crest Between Two Horizontal Curves

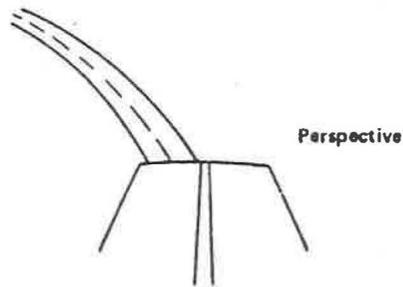
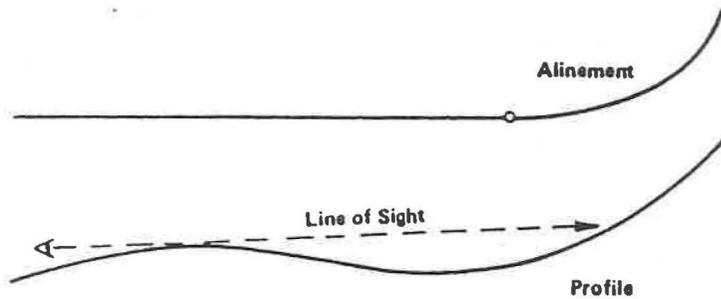
Note: This combination is deficient for two reasons. The tangent between the curve is too short, and the reserve occurs on a crest.

Gambar 6.1. Koordinasi Alinemen Horizontal dan Vertikal



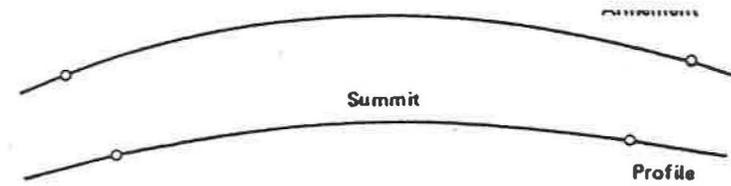
E. Sharp Angle Appearance

Note: This combination presents a poor appearance—the horizontal curve looks like a sharp angle.



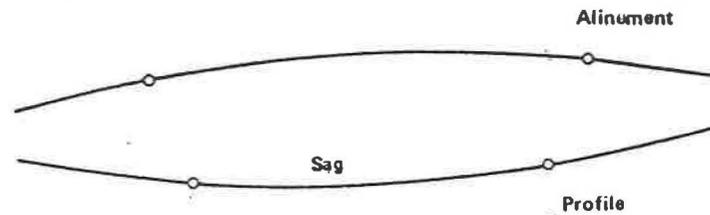
F. Disjointed Effect

Note: A disjointed effect occurs when the beginning of a horizontal curve is hidden from the driver by an intervening crest while the continuation of the curve is visible in the distance beyond the intervening crest.



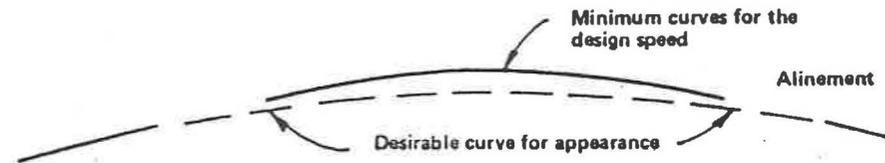
G. Coinciding Curves in Horizontal and Vertical Dimensions

Note: When horizontal and vertical curves coincide, a very satisfactory appearance results.



H. Opposing Curves in Horizontal and Vertical Dimensions

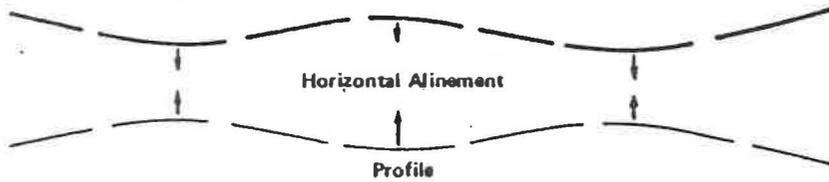
Note: When horizontal and vertical curves oppose; a very satisfactory appearance results.



I. Flat Curves Appropriate for Horizontal with Small Central Angles Regardless of Profile.

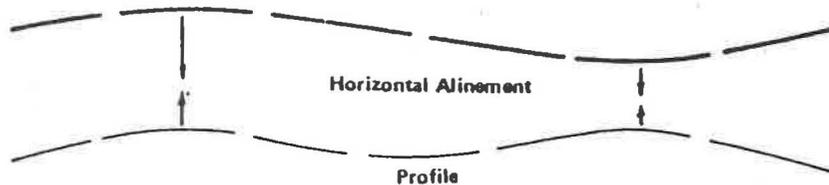
Note: Very long flat curves, even where not required by the design speed, also have a pleasing appearance when the central angle is very small.

Gambar 6.1. Koordinasi Alinemen Horizontal dan Vertikal (lanjutan)



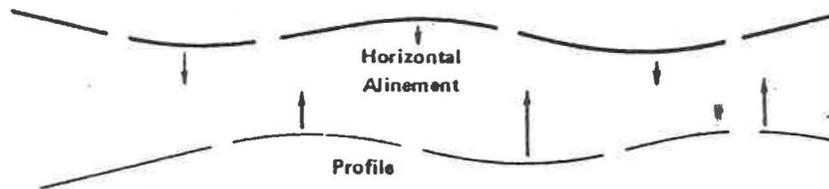
J. Coinciding Vertices in Horizontal and Vertical Dimensions

Note: The classic case of coordination between horizontal and vertical alinement in which the vertices of horizontal and vertical alinement coincide, creating a rich effect of three-dimensional S-curves, composed of convex and concave helixes.



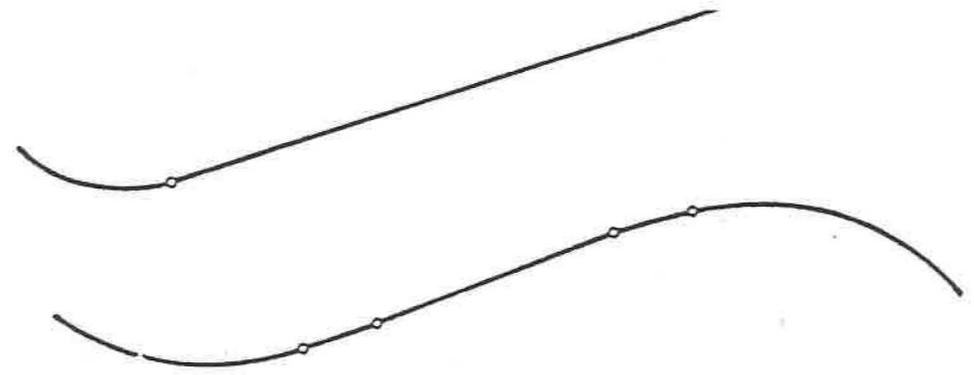
K. Coinciding Vertices with Single-Phase Skip

Note: A legitimate case of coordination: one phase is skipped in the horizontal plane, but vertices still coincide. The long tangent in plan is softened by vertical curvature.



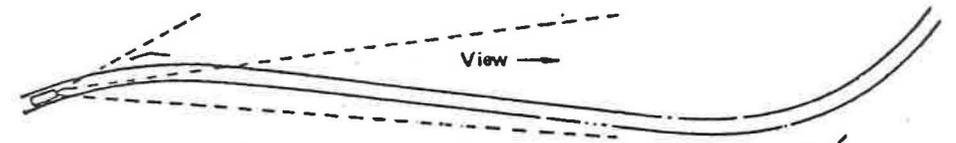
L. Weak Coordination of Horizontal and Vertical Alinements

Note: A case with weak coordination where the vertical alinement is shifted half a phase with respect to horizontal alinement so the vertices coincide with points of inflection. The superelevation in this case occurs on grade, while crests and sags have normal crowned sections; in the first case, superelevation occurs on crests and sags, while grades have normal crowned sections.

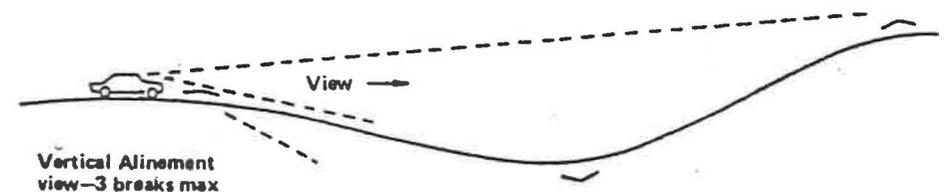


M. Horizontal Alinement Should Be Balanced

Note: The upper line is an example of poor design because the alinement consists of a long tangent with short curves, whereas the balance between the curves and tangents in the lower alinement is the preferred design.



Horizontal Alinement view—2 breaks max

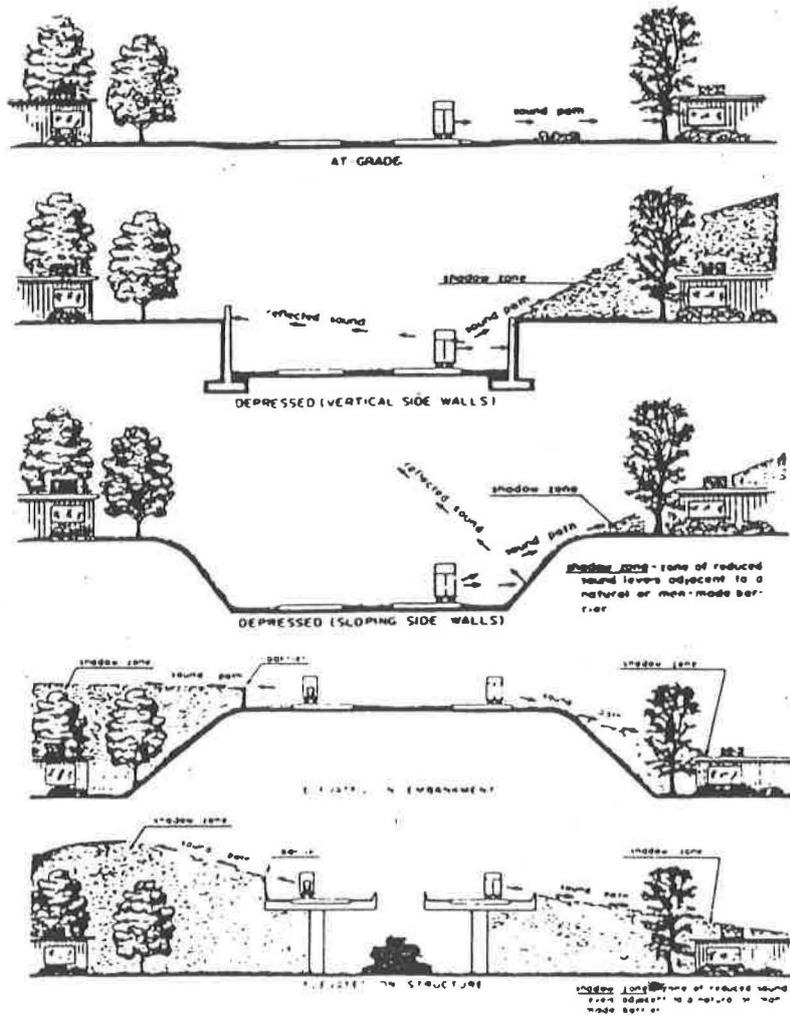


Vertical Alinement view—3 breaks max

N. Good Coordination of Horizontal and Vertical Alinements

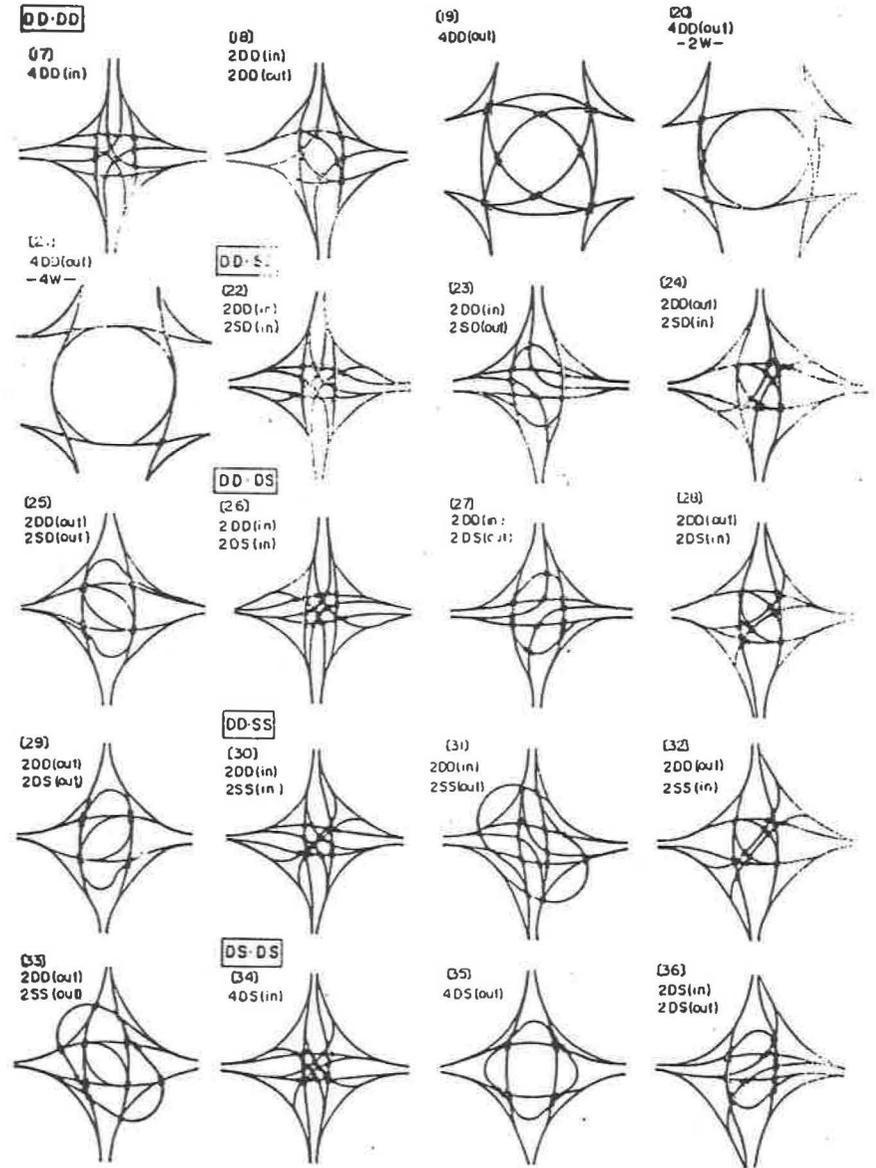
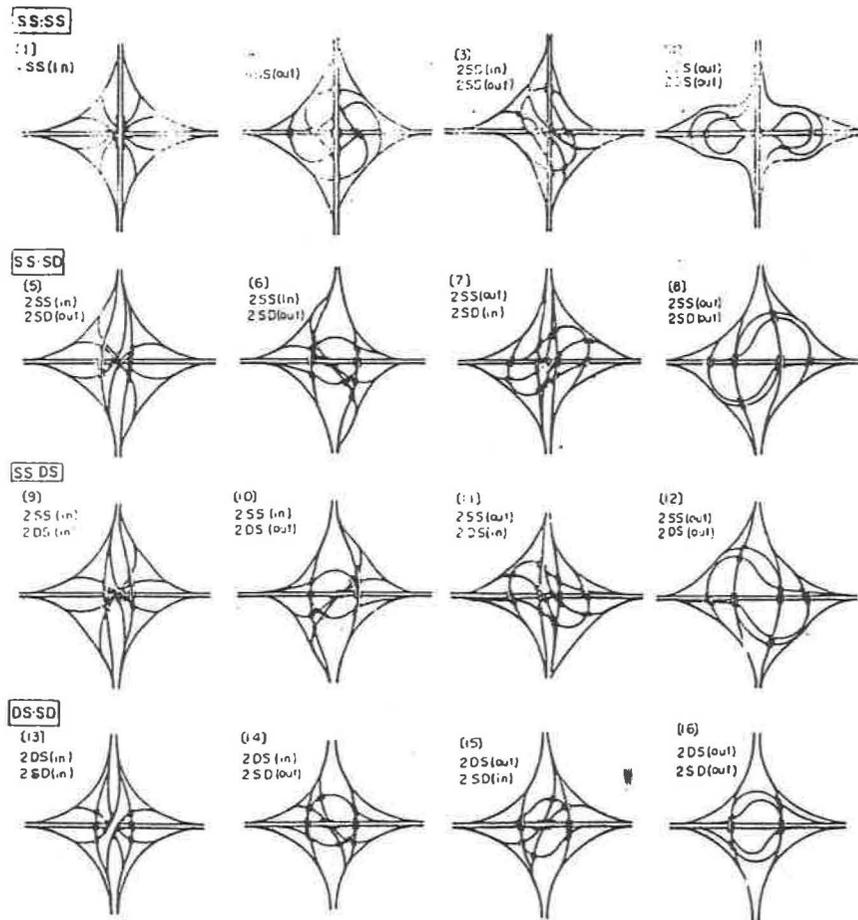
Note: Guideline to be used for coordination of horizontal and vertical alinement.

Gambar 6.1. Koordinasi Alinemen Horizontal dan Vertikal (lanjutan)

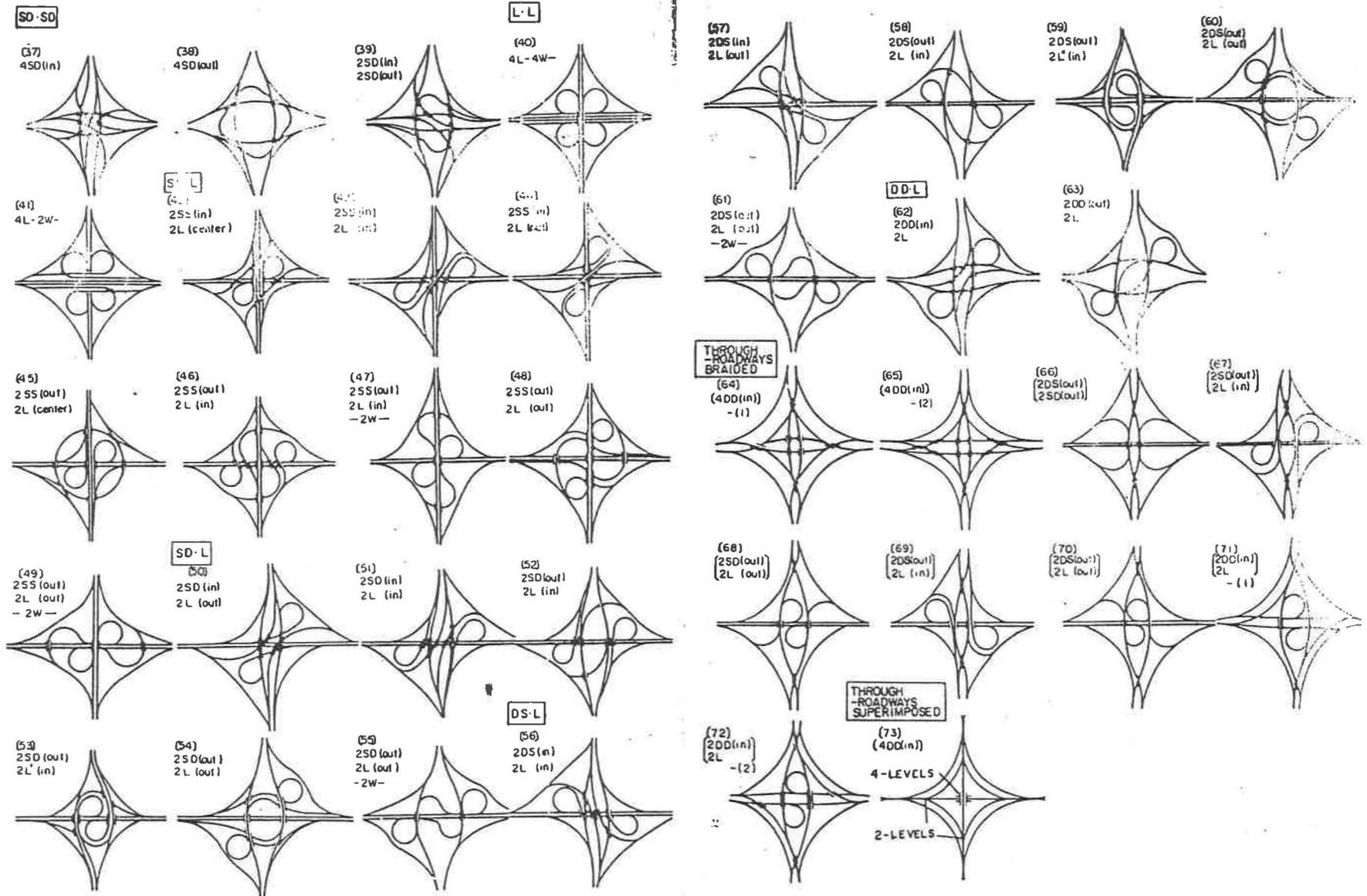


Gambar 6.2. Berbagai Pengaruh Elevasi Jalan Terhadap Elevasi Pemukiman

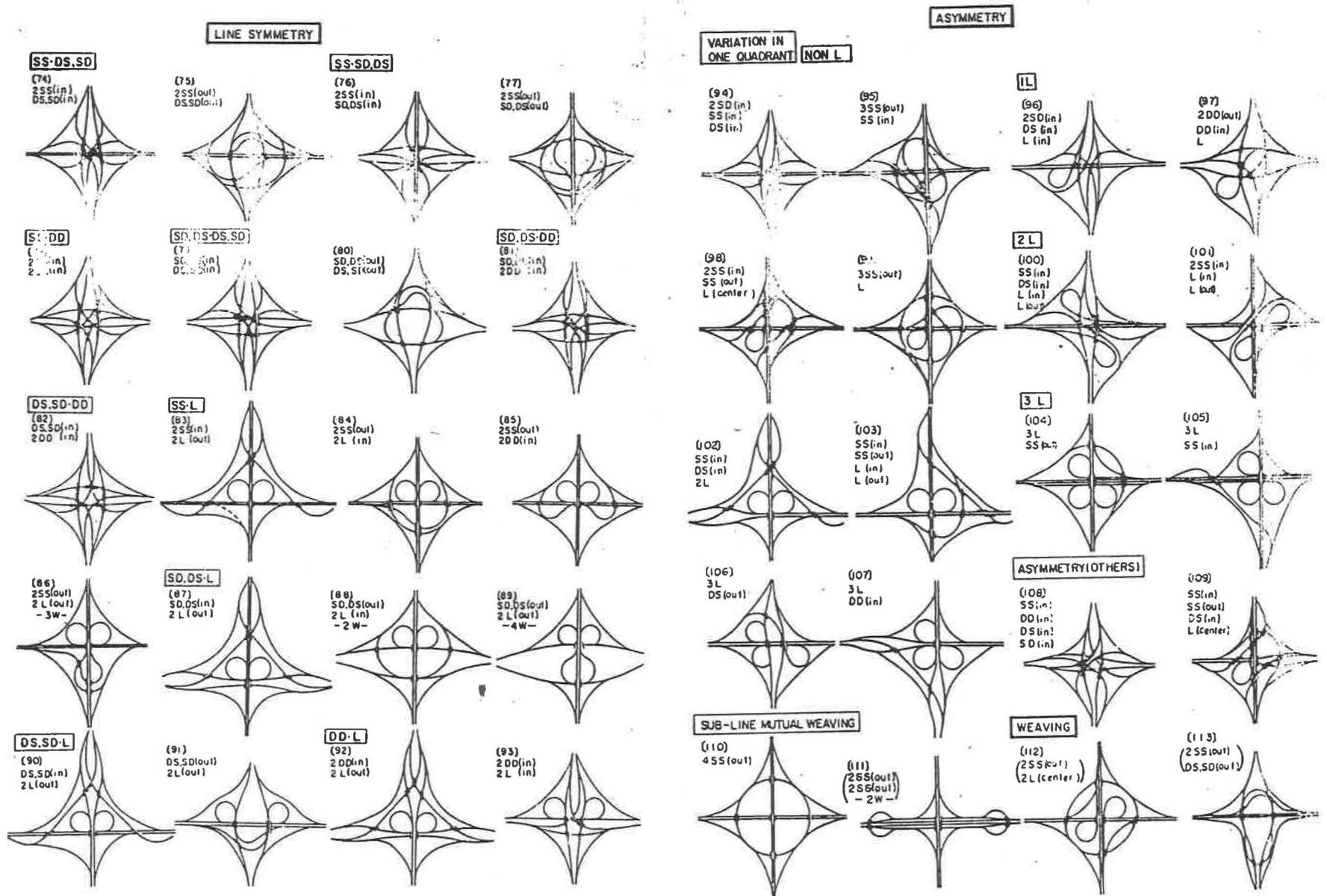
POINT SYMMETRY



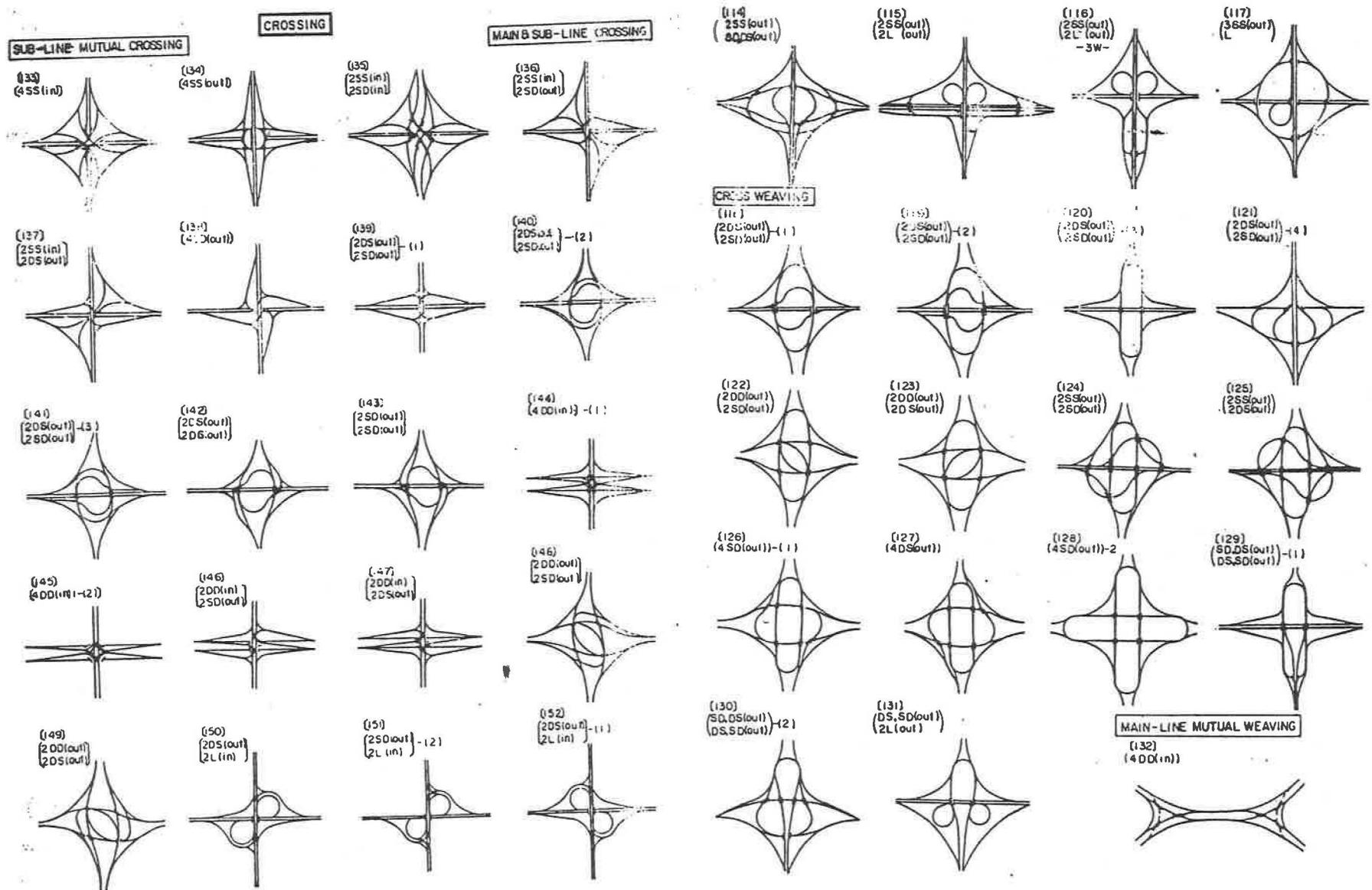
Gambar 7.1. Kombinasi Simpang Susun



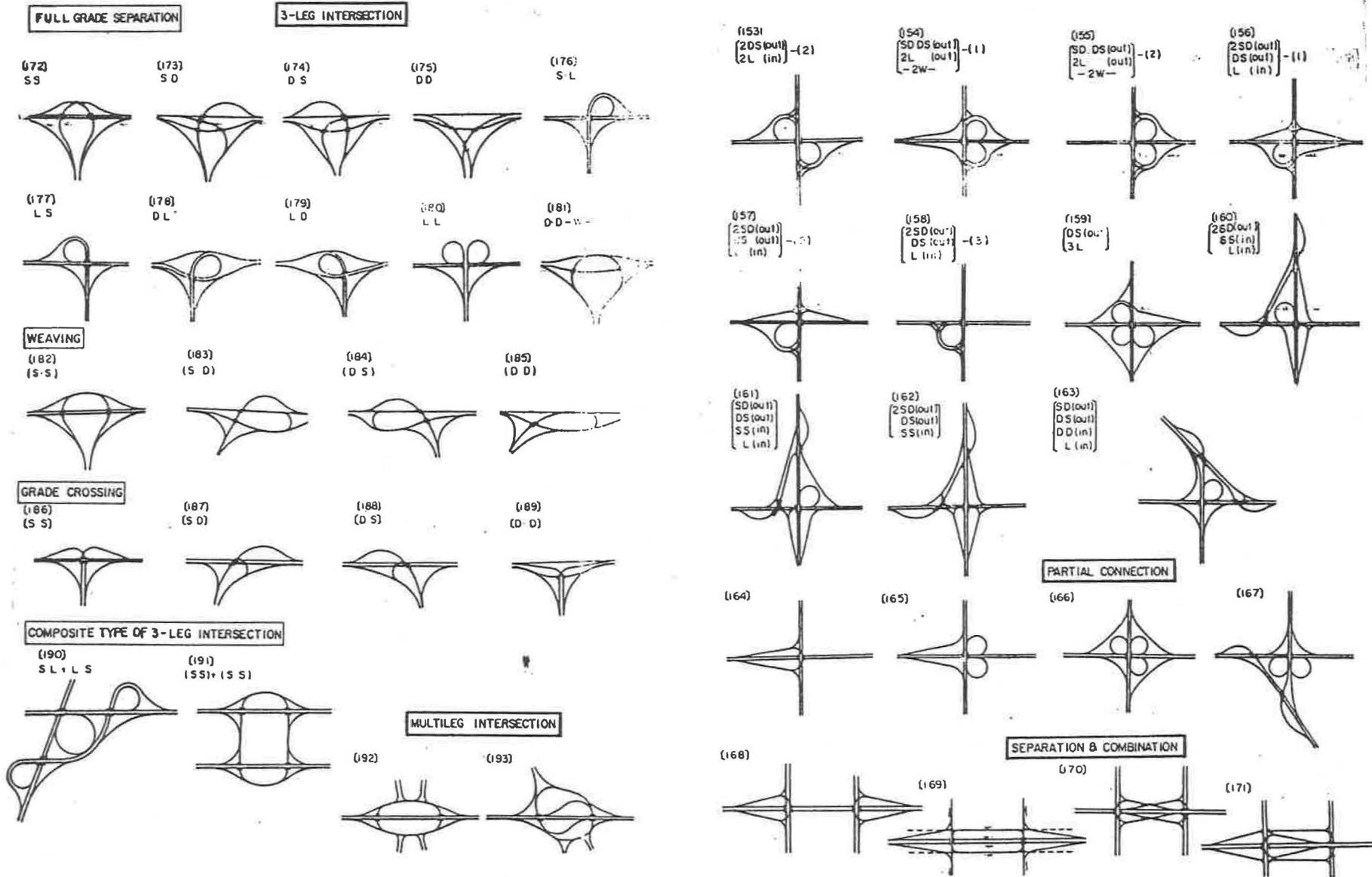
Gambar 7.1. Kombinasi Simpang Susun (lanjutan)



Gambar 7.1. Kombinasi Simpang Susun (lanjutan)



Gambar 7.1. Kombinasi Sempang Susun (lanjutan)



Gambar 7.1. Kombinasi Simpang Susun (lanjutan)

Tabel 8.1. Nilai k^* dan p^* Sebagai Fungsi θ_s

θ_s	x	y	k^*	p^*	θ_s	x	y	k^*	p^*
0°00'	1.000000	.000000	.500000	.000000	30°00'	.972930	.171145	.495465	.043208
Diff. 1'	0.000001	.000097	.000000	.000024	Diff. 1'	.000030	.000091	.000005	.000023
1°00'	0.999969	.005818	.499995	.001454	31°00'	.971120	.176614	.495160	.044619
Diff. 1'	0.000002	.000097	.000000	.000024	Diff. 1'	.000031	.000091	.000005	.000023
2°00'	0.999878	.011634	.499980	.002909	32°00'	.969254	.182061	.494846	.046027
Diff. 1'	0.000003	.000097	.000000	.000024	Diff. 1'	.000032	.000090	.000005	.000023
3°00'	0.999726	.017450	.499954	.004363	33°00'	.967333	.187485	.494522	.047432
Diff. 1'	0.000004	.000097	.000001	.000024	Diff. 1'	.000033	.000090	.000006	.000023
4°00'	0.999513	.023263	.499919	.005817	34°00'	.965356	.192884	.494188	.048834
Diff. 1'	0.000005	.000097	.000001	.000024	Diff. 1'	.000034	.000090	.000006	.000023
5°00'	0.999239	.029073	.499873	.007270	35°00'	.963323	.198258	.493845	.050232
Diff. 1'	0.000006	.000097	.000001	.000024	Diff. 1'	.000035	.000089	.000006	.000023
6°00'	0.998904	.034879	.499817	.008723	36°00'	.961237	.203607	.493492	.051628
Diff. 1'	0.000007	.000097	.000001	.000024	Diff. 1'	.000036	.000089	.000006	.000023
7°00'	0.998508	.040681	.499751	.010176	37°00'	.959095	.208930	.493130	.053020
Diff. 1'	0.000008	.000097	.000001	.000024	Diff. 1'	.000037	.000088	.000006	.000023
8°00'	0.998052	.046477	.499675	.011627	38°00'	.956900	.214225	.492758	.054409
Diff. 1'	0.000009	.000096	.000001	.000024	Diff. 1'	.000037	.000088	.000006	.000023
9°00'	0.997535	.052268	.499589	.013078	39°00'	.954651	.219494	.492377	.055794
Diff. 1'	0.000010	.000096	.000002	.000024	Diff. 1'	.000038	.000087	.000006	.000023
10°00'	0.996958	.058051	.499493	.014529	40°00'	.952349	.224734	.491986	.057175
Diff. 1'	0.000011	.000096	.000002	.000024	Diff. 1'	.000039	.000087	.000007	.000023
11°00'	0.996320	.063827	.499386	.015978	41°00'	.949993	.229945	.491586	.058553
Diff. 1'	0.000012	.000096	.000002	.000024	Diff. 1'	.000040	.000086	.000007	.000023
12°00'	0.995622	.069595	.499270	.017426	42°00'	.947586	.235126	.491177	.059927
Diff. 1'	0.000013	.000096	.000002	.000024	Diff. 1'	.000041	.000086	.000007	.000023
13°00'	0.994864	.075353	.499143	.018873	43°00'	.945126	.240278	.490758	.061298
Diff. 1'	0.000014	.000096	.000002	.000024	Diff. 1'	.000042	.000085	.000007	.000023
14°00'	0.994046	.081102	.499007	.020319	44°00'	.942614	.245399	.490330	.062664
Diff. 1'	0.000015	.000096	.000002	.000024	Diff. 1'	.000043	.000085	.000007	.000023
15°00'	0.993168	.086840	.498860	.021763	45°00'	.940052	.250488	.489893	.064028
Diff. 1'	0.000016	.000095	.000003	.000024	Diff. 1'	.000044	.000084	.000007	.000023
16°00'	0.992230	.092567	.498703	.023206	46°00'	.937438	.255546	.489447	.065385
Diff. 1'	0.000017	.000095	.000003	.000024	Diff. 1'	.000044	.000084	.000008	.000023
17°00'	0.991232	.098282	.498536	.024648	47°00'	.934774	.260571	.488992	.066739
Diff. 1'	0.000018	.000095	.000003	.000024	Diff. 1'	.000045	.000083	.000008	.000022
18°00'	0.990175	.103984	.498360	.026088	48°00'	.932060	.265562	.488528	.068089
Diff. 1'	0.000019	.000095	.000003	.000024	Diff. 1'	.000046	.000083	.000008	.000022
19°00'	0.989059	.109672	.498173	.027526	49°00'	.929296	.270520	.488055	.069435
Diff. 1'	0.000020	.000095	.000003	.000024	Diff. 1'	.000047	.000082	.000008	.000022
20°00'	0.987884	.115346	.497976	.028963	50°00'	.926484	.275443	.487573	.070776
Diff. 1'	0.000021	.000094	.000003	.000024	Diff. 1'	.000048	.000081	.000008	.000022
21°00'	0.986650	.121006	.497769	.030397	51°00'	.923623	.280332	.487082	.072112
Diff. 1'	0.000021	.000094	.000004	.000024	Diff. 1'	.000048	.000081	.000008	.000022
22°00'	0.985357	.126649	.497553	.031830	52°00'	.920713	.285185	.486582	.073444
Diff. 1'	0.000022	.000094	.000004	.000024	Diff. 1'	.000049	.000080	.000008	.000022
23°00'	0.984005	.132276	.497326	.033261	53°00'	.917756	.290001	.486073	.074772
Diff. 1'	0.000023	.000093	.000004	.000024	Diff. 1'	.000050	.000080	.000009	.000022
24°00'	0.982596	.137886	.497090	.034689	54°00'	.914752	.294781	.485556	.076095
Diff. 1'	0.000024	.000093	.000004	.000024	Diff. 1'	.000051	.000079	.000009	.000022
25°00'	0.981128	.143478	.496844	.036115	55°00'	.911702	.299524	.485029	.077412
Diff. 1'	0.000025	.000093	.000004	.000024	Diff. 1'	.000052	.000078	.000009	.000022
26°00'	0.979603	.149051	.496587	.037539	56°00'	.908605	.304229	.484495	.078725
Diff. 1'	0.000026	.000093	.000004	.000024	Diff. 1'	.000052	.000078	.000009	.000022
27°00'	0.978020	.154606	.496322	.038960	57°00'	.905462	.308895	.483951	.080033
Diff. 1'	0.000027	.000092	.000005	.000024	Diff. 1'	.000053	.000077	.000009	.000022
28°00'	0.976381	.160140	.496046	.040379	58°00'	.902275	.313523	.483399	.081336
Diff. 1'	0.000028	.000092	.000005	.000024	Diff. 1'	.000054	.000076	.000009	.000022
29°00'	0.974684	.165653	.495760	.041795	59°00'	.899043	.318111	.482839	.082634
Diff. 1'	0.000029	.000091	.000005	.000024	Diff. 1'	.000055	.000076	.000009	.000021

Tabel 8.1. Nilai k^* dan p^* Sebagai Fungsi θ_s (lanjutan)

θ_s	τ	y	k^*	p^*	θ_s	τ	y	k^*	p^*
60°00'	.895766	.322659	.482270	.083927	90°00'	.779893	.438259	.461583	.119949
Diff. 1'	.000055	.000075	.000010	.000021	Diff. 1'	.000072	.000052	.000013	.000018
61°00'	.892447	.327167	.481692	.085214	91°00'	.775548	.441354	.460784	.121048
Diff. 1'	.000056	.000074	.000010	.000021	Diff. 1'	.000073	.000051	.000013	.000018
62°00'	.889084	.331634	.481107	.086496	92°00'	.771179	.444396	.459979	.122139
Diff. 1'	.000057	.000074	.000010	.000021	Diff. 1'	.000073	.000050	.000013	.000018
63°00'	.885679	.336059	.480513	.087773	93°00'	.766787	.447386	.459167	.123223
Diff. 1'	.000057	.000073	.000010	.000021	Diff. 1'	.000074	.000049	.000014	.000018
64°00'	.882232	.340442	.479911	.089044	94°00'	.762372	.450324	.458349	.124299
Diff. 1'	.000058	.000072	.000010	.000021	Diff. 1'	.000074	.000048	.000014	.000018
65°00'	.878744	.344783	.479301	.090310	95°00'	.757935	.453208	.457525	.125369
Diff. 1'	.000059	.000072	.000010	.000021	Diff. 1'	.000074	.000047	.000014	.000018
66°00'	.875215	.349081	.478682	.091570	96°00'	.753476	.456039	.456696	.126431
Diff. 1'	.000059	.000071	.000010	.000021	Diff. 1'	.000075	.000046	.000014	.000018
67°00'	.871646	.353336	.478056	.092824	97°00'	.748997	.458817	.455860	.127485
Diff. 1'	.000060	.000070	.000011	.000021	Diff. 1'	.000075	.000045	.000014	.000017
68°00'	.868037	.357546	.477422	.094073	98°00'	.744499	.461541	.455018	.128532
Diff. 1'	.000061	.000069	.000011	.000021	Diff. 1'	.000075	.000044	.000014	.000017
69°00'	.864390	.361712	.476779	.095315	99°00'	.739981	.464212	.454171	.129572
Diff. 1'	.000061	.000069	.000011	.000021	Diff. 1'	.000076	.000044	.000014	.000017
70°00'	.860704	.365834	.476129	.096552	100°00'	.735444	.466829	.453317	.130604
Diff. 1'	.000062	.000068	.000011	.000020	Diff. 1'	.000076	.000043	.000014	.000017
71°00'	.856980	.369910	.475471	.097783	101°00'	.730890	.469392	.452459	.131628
Diff. 1'	.000063	.000067	.000011	.000020	Diff. 1'	.000076	.000042	.000014	.000017
72°00'	.853219	.373941	.474806	.099088	102°00'	.726319	.471901	.451594	.132645
Diff. 1'	.000063	.000066	.000011	.000020	Diff. 1'	.000076	.000041	.000014	.000017
73°00'	.849422	.377926	.474133	.100226	103°00'	.721731	.474355	.450725	.133654
Diff. 1'	.000064	.000066	.000011	.000020	Diff. 1'	.000077	.000040	.000015	.000017
74°00'	.845589	.381864	.473452	.101439	104°00'	.717128	.476755	.449850	.134655
Diff. 1'	.000064	.000065	.000011	.000020	Diff. 1'	.000077	.000039	.000015	.000017
75°00'	.841720	.385755	.472764	.102645	105°00'	.712510	.479101	.448969	.135648
Diff. 1'	.000065	.000064	.000012	.000020	Diff. 1'	.000077	.000038	.000015	.000016
76°00'	.837817	.389599	.472068	.103845	106°00'	.707877	.481392	.448084	.136634
Diff. 1'	.000066	.000063	.000012	.000020	Diff. 1'	.000077	.000037	.000015	.000016
77°00'	.833880	.393396	.471365	.105038	107°00'	.703231	.483628	.447193	.137612
Diff. 1'	.000066	.000062	.000012	.000020	Diff. 1'	.000078	.000036	.000015	.000016
78°00'	.839909	.397144	.470654	.106226	108°00'	.698573	.485809	.446297	.138581
Diff. 1'	.000067	.000062	.000012	.000020	Diff. 1'	.000078	.000035	.000015	.000016
79°00'	.825905	.400844	.469937	.107406	109°00'	.693902	.487935	.445396	.139543
Diff. 1'	.000067	.000061	.000012	.000020	Diff. 1'	.000078	.000034	.000015	.000016
80°00'	.821870	.404496	.469212	.108580	110°00'	.689220	.490007	.444491	.140498
Diff. 1'	.000068	.000060	.000012	.000020	Diff. 1'	.000078	.000034	.000015	.000016
81°00'	.817803	.408098	.468480	.109748	111°00'	.684527	.492024	.443580	.141444
Diff. 1'	.000068	.000059	.000012	.000019	Diff. 1'	.000078	.000033	.000015	.000016
82°00'	.813705	.411651	.467741	.110909	112°00'	.679825	.493985	.442665	.142382
Diff. 1'	.000069	.000058	.000012	.000019	Diff. 1'	.000078	.000032	.000015	.000015
83°00'	.809577	.415154	.466995	.112063	113°00'	.675113	.495891	.441746	.143312
Diff. 1'	.000069	.000058	.000012	.000019	Diff. 1'	.000079	.000031	.000015	.000015
84°00'	.805420	.418608	.466242	.113210	114°00'	.670393	.497713	.440821	.144234
Diff. 1'	.000070	.000057	.000013	.000019	Diff. 1'	.000079	.000030	.000015	.000015
85°00'	.801233	.422010	.465482	.114351	115°00'	.665665	.499539	.439893	.145147
Diff. 1'	.000070	.000056	.000013	.000019	Diff. 1'	.000079	.000029	.000016	.000015
86°00'	.797019	.425363	.464715	.115485	116°00'	.660930	.501230	.438959	.146053
Diff. 1'	.000071	.000055	.000013	.000019	Diff. 1'	.000079	.000028	.000016	.000015
87°00'	.792777	.428664	.463942	.116611	117°00'	.656188	.502966	.438022	.146951
Diff. 1'	.000071	.000054	.000013	.000019	Diff. 1'	.000079	.000027	.000016	.000015
88°00'	.788508	.431914	.463163	.117731	118°00'	.651441	.504596	.437080	.147840
Diff. 1'	.000072	.000053	.000013	.000018	Diff. 1'	.000079	.000026	.000016	.000015
89°00'	.784214	.435112	.462376	.118844	119°00'	.646689	.506172	.436135	.148721
Diff. 1'	.000072	.000052	.000013	.000018	Diff. 1'	.000079	.000025	.000016	.000014