

CJ Technical Updates

**Bulletin on:**

Cabaran Merekabentuk Jalan Di Kawasan Berbukit Tinggi

Theme of the month:

ROAD DESIGN

Issue No.

1

1/2017

JKR 20400-0108-17

Website: <http://www.jkr.gov.my>

ISSN 2231-7988

PENGENALAN

Proses rekabentuk jalan di lokasi yang berbukit adalah satu proses yang mencabar kerana kesukaran dalam kerja-kerja rekabentuk jika dibandingkan dengan rekabentuk jalan di kawasan yang datar. Keselesaan dan keselamatan pengguna jalanraya perlu ditekankan dengan lebih mendalam dan kadang-kadang agak sukar dicapai melalui proses rekabentuk yang dijalankan seperti kebiasaannya.

Sekiranya isu-isu keselesaan dan keselamatan tidak dititikberatkan semasa proses rekabentuk, jalan yang akan dibina kelak akan menjadi lokasi kemalangan serta akan mengakibatkan kos senggaraan jalan menjadi tinggi. Bahkan langkah-langkah baikpulih pula perlu diambil selepas jalan siap kerana kekerapan berlakunya kemalangan.

Di samping itu, kos pembinaan juga kebiasaannya agak tinggi kerana kesukaran dalam pembinaan dan juga melibatkan kerja-kerja tanah yang banyak.

CABARAN DALAM REKABENTUK JALAN

Secara amnya, rekabentuk jalan di kawasan berbukit adalah berlainan berbanding rekabentuk jalan di kawasan yang mendatar. Rekabentuk di kawasan yang mendatar kebiasaannya tidak menghadapi masalah yang rumit semasa rekabentuk jajaran ufuk dan jajaran pugak yang mana secara amnya mencukupi dengan pematuhan kepada keperluan Arahan Teknik Jalan (ATJ). Bagi kawasan yang berbukit, jalanraya akan melalui selekoh dan juga gradian yang agak tinggi kerana mengambilkira geografi mukabumi kawasan berbukit dan rekabentuk juga perlu mengambil kira kerja-kerja pemotongan tanah di mana pemotongan yang tinggi perlu dielakkan kerana dikhuatiri akan menyebabkan ketidakstabilan cerun. Oleh itu, bagi memastikan keselesaan pemanduan, perekabentuk perlu mempunyai pemahaman yang tinggi dalam asas rekabentuk dan kesesuaian penggunaan ATJ kepada keadaan kawasan terlibat. Ini supaya produk

rekabentuk jalanraya yang dihasilkan bukan sahaja selamat dan selesa kepada pengguna, malah direkabentuk dengan kos yang optimum.

Dari segi keselamatan, rekabentuk jajaran pugak dan jajaran ufuk perlu dilihat bersekali (*combination of horizontal dan vertical alignment*) supaya tidak mendatangkan bahaya disebabkan jarak penglihatan (*sight distance*) yang tidak mencukupi atau penggunaan gradian yang tinggi dan terlalu panjang. Keadaan ini sekiranya tidak diambil perhatian semasa rekabentuk boleh mendatangkan bahaya kerana brek kenderaan akan menjadi panas sekiranya gradian menurun terlalu panjang dan pemandu perlu menggunakan brek lebih kerap semasa memandu turun bukit. Ini boleh menyebabkan kenderaan tersebut terbabas disebabkan kelajuan yang tidak boleh dikawal akibat kegagalan brek.

Di kawasan berbukit, pemotongan cerun perlu diambilkira supaya tidak terlalu tinggi yang akan mendatangkan masalah dari cerun runtuh kerana ketidakstabilan cerun apabila bukit dipotong terlalu tinggi. Ini juga melibatkan keselamatan pengguna jalanraya serta kos senggaraan yang tinggi.

MASALAH GRADIAN DALAM REKABENTUK JALAN

Di dalam keadaan-keadaan tertentu, penggunaan gradian yang curam iaitu melebihi gradian maksimum boleh dipertimbangkan sekiranya:

- i. Gradian yang curam dan agak singkat yang boleh membawa kepada penjimatan kos yang ketara;
- ii. Kawasan yang sukar di mana gradian di bawah gradian maksimum tidak praktikal;
- iii. Jumlah kenderaan berat yang rendah;
- iv. Jalan raya tempatan yang kurang penting di mana mempunyai kekangan kos untuk mencapai piawaian yang lebih tinggi.

(*Road Planning and Design Manual*, 2002)

Walau bagaimanapun, prestasi kelajuan kenderaan berat ketika mendaki adalah sangat sensitif kepada gradian. Oleh itu, sekiranya sesuatu gradian yang curam terpaksa disediakan, maka panjang jajaran hendaklah pada tahap minimum bagi memastikan prestasi kelajuan kenderaan berat tidak terjejas. Ini kerana, penurunan kelajuan kenderaan turut memberikan implikasi buruk ke atas pengguna jalan tersebut. Perkara ini dijelaskan seperti berikut:

i. Kesan Kepada Kelajuan Kenderaan

Kelajuan kenderaan akan menurun sekiranya melebihi jarak pendakian kritikal (*critical grade length*, CGL) iaitu panjang maksima lorong mendaki yang mana sesuatu kenderaan bermuatan berat boleh beroperasi tanpa mengalami penurunan kelajuan yang ketara (Manual Fasiliti Keselamatan Jalan, 2014). CGL ini adalah berdasarkan kepada piawaian jalan dan sekiranya panjang jalan ini melebihi had kritikal yang ditetapkan secara berterusan, kelajuan kenderaan akan mengalami pengurangan melebihi 50% sehingga kepada *crawling speed*.

ii. Keselamatan Pengguna Jalan Raya

Kesan pengurangan kelajuan sehingga mencapai *crawling speed* pula adalah di mana kenderaan-kenderaan yang sedang mengekori akan terjejas pergerakannya dan boleh membuat pemandu yang sedang mengekori berasa tertekan dan terdorong untuk memotong secara berbahaya dan meningkatkan risiko berlakunya kemalangan.

Sebagai contoh, pemandu memotong di kawasan di mana jarak penglihatan untuk memotong tidak mencukupi atau geometrik jalan tersebut melalui kawasan yang curam bersebelahan jalan. Ini berkemungkinan boleh menyebabkan berlakunya situasi-situasi berikut:

- a. Kemalangan langgar secara berhadapan (*head-on collision*) disebabkan pertembungan kenderaan arah bertentangan dengan kenderaan yang tidak sempat memotong; atau
- b. Kemalangan disebabkan terbabas kerana cuba mengelak daripada berlaku pertembungan dengan kenderaan dari arah bertentangan. Kemalangan ini boleh menyebabkan kenderaan tersebut jatuh ke curam bersebelahan jalan.

iii. Kesan Kepada Kegagalan Fungsi Brek Kenderaan

Kenderaan menuruni jalan dengan gradian yang curam dan jarak yang panjang akan menggunakan brek secara berterusan. Sewaktu membrek, hampir kesemua tenaga kinetik ditukarkan kepada tenaga haba dan meningkatkan suhu cakera brek yang boleh menjadi punca kegagalan fungsi brek kenderaan tersebut. Ini boleh

menyebabkan kenderaan bergerak laju yang membahayakan pemandu kenderaan tersebut dan juga kenderaan di hadapan. Kenderaan juga boleh terbabas kerana hilang kawalan disebabkan kelajuan kenderaan yang menghadapi kegagalan brek.

PERKARA-PERKARA YANG PERLU DIAMBILKIRA SEMASA REKABENTUK JALAN:

i. Jajaran Ufuk (*Horizontal Alignment*)

Kaedah yang boleh diambil semasa rekabentuk jajaran ufuk di mana jarak penglihatan memotong tidak dapat dicapai ialah dengan penyediaan lorong memotong dan lorong mendaki atau pembinaan struktur seperti *viaduct*.

Umumnya lorong mendaki boleh dianggap sebagai sejenis lorong memotong tetapi tidak semesti sebaliknya. Terdapat juga anggapan bahawa penyediaan lorong mendaki adalah sama seperti lorong memotong dan pendapat ini adalah kurang tepat kerana lorong memotong disediakan untuk kenderaan bergerak laju manakala lorong mendaki adalah lorong khusus untuk kenderaan berat atau kenderaan yang bergerak perlahan. Walaupun konsep penyediaannya adalah sama tetapi lorong mendaki mempunyai fungsi yang berlainan daripada lorong memotong (Manual Fasiliti Keselamatan Jalan, 2014)

a. Lorong Memotong

Penyediaan lorong memotong yang berkala dengan panjang yang mencukupi, kebisaannya 1 km setiap 5 km jalan akan memberi peluang kenderaan yang mengikuti kenderaan yang perlahan untuk memotong di tempat-tempat tertentu di mana lorong memotong disediakan. Sekiranya kemudahan ini disediakan di jarak yang tertentu, kenderaan yang selalu mengikuti jalan ini akan menunggu hingga tiba ke kawasan ini untuk memotong kenderaan yang perlahan. Tetapi lorong memotong ini agak sukar untuk disediakan di kawasan yang berbukit kerana rupa mukabumi yang mempunyai banyak selekoh dan ruang yang terhad. Pembinaannya akan meningkatkan kos pembinaan jalan tersebut.

b. Lorong Mendaki

Apabila sesebuah kenderaan mengikuti kenderaan yang perlahan dihadapan terlalu lama, kesabaran pemandu berkenaan akan menurun dan pemandu akan

mengambil risiko untuk memotong kendaraan yang perlahan tersebut. Ini boleh mendatangkan bahaya di mana kemalangan langgar hadapan boleh berlaku dengan kerap.

Bagi rekabentuk jalan baru, bagi menentukan keperluan penyediaan lorong mendaki ialah apabila panjang pendakian melebihi CGL. Dengan adanya lorong mendaki ianya membolehkan kendaraan-kendaraan lain yang sedang mengekori untuk bergerak dengan lancar tanpa berlaku kesesakan atau kelengahan (delay) (Manual Fasilitas Keselamatan Jalan, 2014)

Dengan penyediaan lorong memotong atau lorong mendaki di kawasan berbukit, kemalangan langgar depan atau terbabas kerana memotong boleh di kurangkan. Tetapi kemalangan oleh kegagalan brek tidak dapat diatasi selagi geometrik secara pугak jalan tidak dibaiki. Penyediaan lorong memotong atau mendaki hanya memberi kemudahan untuk kendaraan-kendaraan lain memotong apabila melalui jarak kritikal. Pembinaan lorong memotong atau mendaki ini juga akan memberi implikasi kepada kos yang agak tinggi kerana perlu kepada kerja tanah yang tinggi sekiranya pembinaan lorong memotong dibina ke arah kawasan yang berbukit dan bercuram. Selain itu, kerja pembinaan struktur juga diperlukan sekiranya lorong memotong atau mendaki dibina di kawasan yang bercuram.

c. Struktur *viaduct*

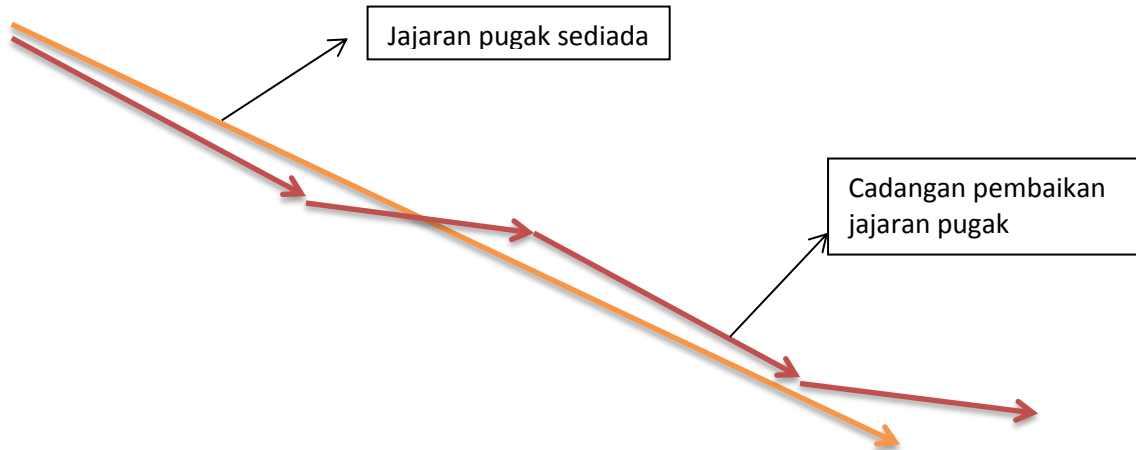
Pembinaan struktur *viaduct* melibatkan kos yang tinggi, tetapi pembinaannya di kawasan yang berbukit boleh mengatasi masalah jarak penglihatan yang tidak mencukupi kerana terdapatnya banyak selekoh yang mempunyai jejari (*radius*) yang kecil dan juga gradian curam yang panjang.

Walaupun *initial* kos projek adalah tinggi tetapi sekiranya dikira kos jangka panjang dari segi senggaraan cerun dan kehilangan nyawa disebabkan kemalangan, kos keseluruhan projek ini akan mengatasi *benefit over cost ratio*.

ii. Jajaran Pугak (*Horizontal Alignment*)

Untuk rekabentuk jajaran pугak jalan di kawasan gradian yang curam dan panjang, ketinggian gradian ini boleh dipecahkan kepada beberapa peringkat panjang jalan

dengan menyediakan gradian yang landai supaya kenderaan yang mendaki boleh mencapai semula kelajuan sebelum mencecah *crawling speed*. Penyediaan geometrik ini boleh direkabentuk di beberapa peringkat seperti ditunjukkan di rajah di bawah:



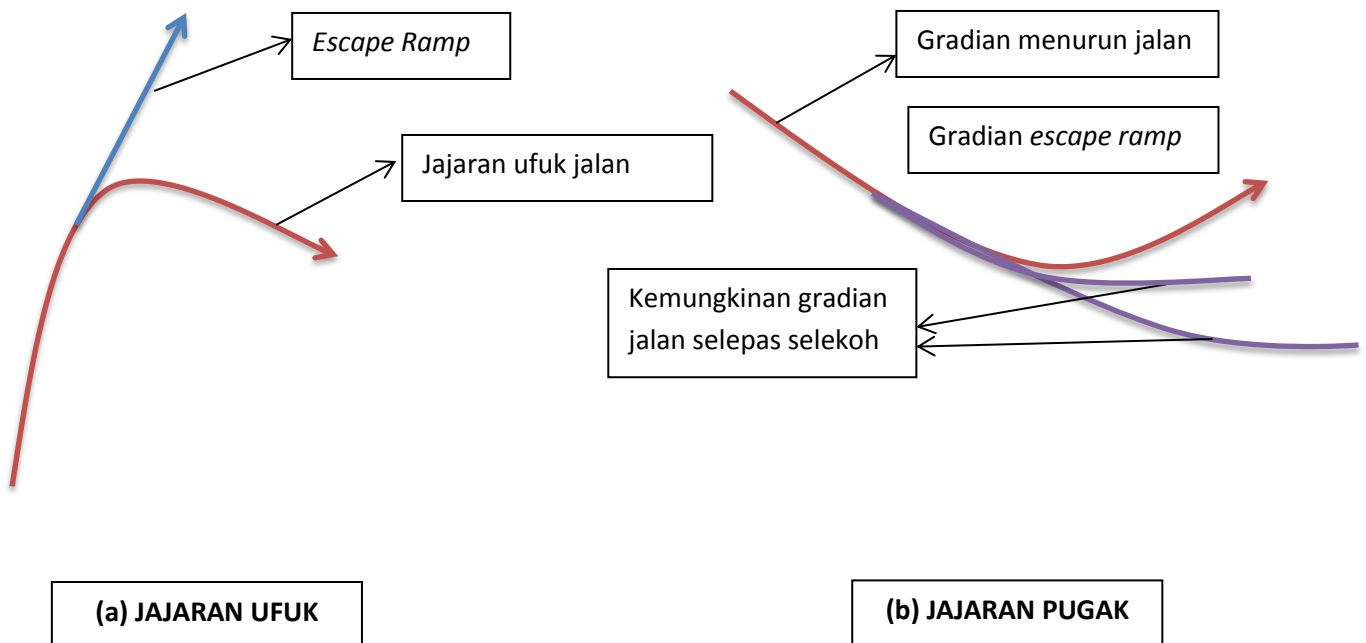
Rajah 1: Rekabentuk pecahan gradian perperingkat di jajaran pugak

iii. Koordinasi Rekabentuk Jajaran Ufuk Dan Pugak

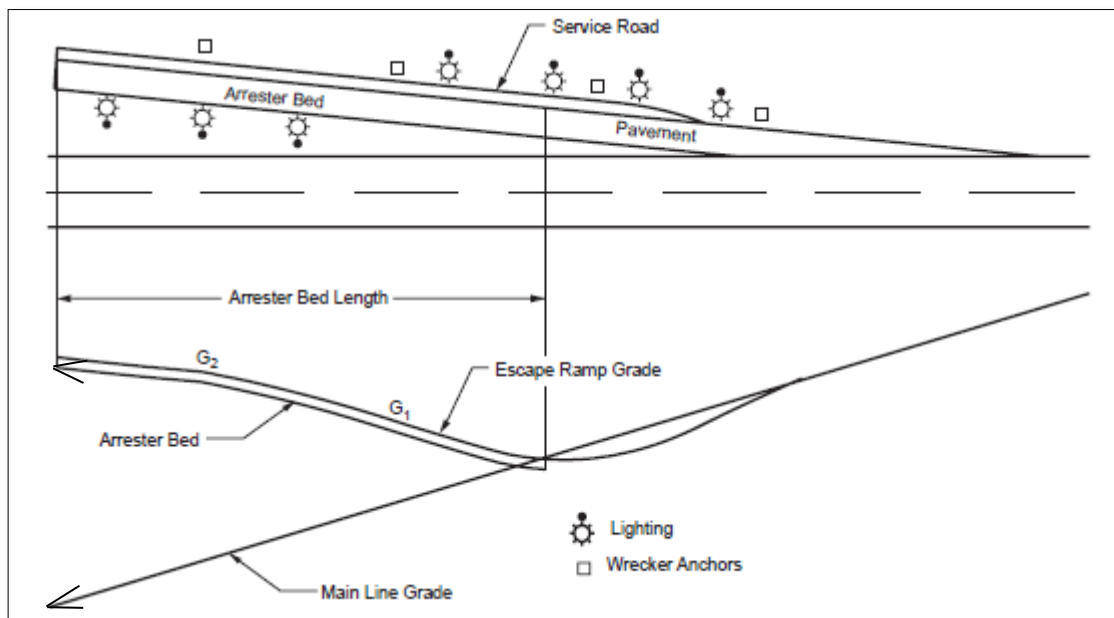
Koordinasi rekabentuk jajaran ufuk dan pugak memainkan peranan yang penting semasa rekabentuk jalan di kawasan berbukit. Sekiranya rekabentuk kedua ini tidak dilihat bersekali, ianya boleh mendatangkan situasi di mana kemalangan kenderaan terbabas boleh kerap berlaku.

Penyediaan *escape ramp* adalah *mitigation measure* yang kebiasaannya disediakan di jalan sediaada yang mempunyai masalah kenderaan terbabas apabila menuruni bukit yang mempunyai geometrik ufuk yang bertukar arah iaitu di kawasan selekoh rekabentuk jajaran mendatar tidak dapat memberi jarak penglihatan yang mencukupi. *Mitigation measure* ini bagi mengurangkan kecederaan kepada pengguna kenderaan dan kerosakan yang teruk kepada kenderaan yang terbabas. *Escape ramp* ini direkabentuk dengan cerun yang menaik dan bahan pavemen yang digunakan adalah yang boleh mengurangkan kelajuan kenderaan yang terbabas dengan cepat dan seterusnya kenderaan akan berhenti. Kebiasaannya bahan yang digunakan adalah *loose gravel*.

Bagi jalan baru, penyediaan *escape ramp* ini disediakan hanya sekiranya langkah-langkah dari segi rekabentuk jajaran datar dan jajaran pugak yang paling *ideal* tidak dapat disediakan disebabkan oleh kekangan ruang dan kos.



Rajah 2: Lokasi penyediaan *escape ramp* di jajaran ufuk dan pugak jalan



Rajah 3: Typical Emergency Escape Ramp (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2011 -6th Edition)

iv. Pembinaan Terowong

Satu lagi cadangan rekabentuk yang boleh dipertimbangkan di kawasan berbukit yang tinggi adalah pembinaan terowong. Dengan pembinaan terowong masalah jalan yang mempunyai gradian yang tinggi dari segi dasar rekabentuk geometrik dan keselamatan boleh di atasi. Ia juga boleh memendekkan masa perjalanan disamping memberi keselesaan pemanduan. Tambahan pula, rekabentuk ini mengambilkira persekitaran (environment) muka bumi di kawasan tersebut di mana pemotongan tanah dapat dikurangkan dan masalah cerun disebabkan pemotongan boleh dielakkan.

Walaupun, kos pembinaan terowong ini adalah tinggi. Kajian dari segi kebolehan (constructability) untuk membina terowong di kawasan ini dan juga beberapa aspek lain termasuk geologi dan ekonomi kos perlu dijalankan.

RUMUSAN

Cabaran dalam kerja-kerja merekabentuk jalan di kawasan berbukit dengan gradian yang tinggi adalah dari segi pematuhan kepada geometri jajaran pugak dan ufuk. Isu keselamatan dan keselesaan pengguna jalanraya memainkan peranan yang penting semasa proses rekabentuk dan kaedah untuk memberi rekabentuk yang bersesuaian adalah berkemungkinan agak berlainan sedikit dengan kaedah rekabentuk di kawasan yang mendatar.

Rekabentuk jalan di kawasan seperti ini berlu mengambilkira persekitaran rupabumi agar tidak memberi impak yang besar kepada kestabilan cerun dan lanskap sediaada. Secara amnya, penyediaan cadangan seperti lorong memotong, lorong mendaki, struktur *viaduct* dan terowong adalah sebahagian kaedah yang boleh digunakan untuk rekabentuk jajaran di kawasan berbukit. Kaedah-kaedah ini memberi implikasi kos yang tinggi bagi *initial* kos pembinaan projek tetapi sekiranya dibandingkan dengan fungsi jalan yang dibina, pematuhan kepada keperluan geometri pugak dan ufuk bagi memastikan keselamatan dan keselesaan pengguna jalanraya berada di tahap yang maksima serta kos senggaraan jalan jangka panjang, kaedah-kaedah ini berkemungkinan merupakan satu pelaburan jangka panjang yang *worth value for money*. Walaupun, *benefit over cost ratio* perlu dikira bagi memilih kaedah rekabentuk yang bersesuaian dan ekonomik.

RUJUKAN:

1. *A Guide on Geometric Design Roads, ATJ 8/86 (Pindaan 2015)*
2. *Manual Fasilitas Keselamatan Jalan, 2014*
3. *Douglas, Robert A, Low-Volume Road Engineering – Design, Construction, and Maintenance*
4. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2011 (6th Edition)*

Disediakan oleh:

Bahagian Rekabentuk Jalan Zon Tengah (Kejuruteraan Geometri)
Pakar Kejuruteraan Jalan & Jambatan
Cawangan Jalan