

**Bulletin on:**

**KAJIAN PERBANDINGAN KETEBALAN  
DAN KOS BAGI REKABENTUK LAPISAN  
STRUKTUR JALAN BERDASARKAN  
KAEDAH KATALOG DAN NOMOGRAF**

**THEME OF THE MONTH:  
STRUKTUR LAPISAN JALAN**

**Issue No.**

**1**

**1/2021**

**JKR 20400-0248-21**

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

**ISSN 2231-7988**

## **1.0 PENDAHULUAN**

Kertas teknikal ini disediakan bertujuan untuk membuat perbandingan analisis teknikal antara rekabentuk ketebalan lapisan struktur jalan dengan menggunakan katalog di dalam Arahan Teknik Jalan, ATJ 5/85 (Pindaan 2013) dan rekabentuk menggunakan nomograph dalam Arahan Teknik Jalan, ATJ 5/85. Ini adalah kerana terdapat beberapa perkara yang dikenalpasti perlu diambil perhatian dalam rekabentuk ketebalan lapisan struktur jalan ini. Dengan kertas teknikal ini dapat membuat perbandingan antara ketebalan lapisan struktur jalan supaya mencapai rekabentuk yang optimum terutama dari aspek kos.

## **2.0 LATAR BELAKANG**

Arahan Teknik Jalan, ATJ 5/85 (Pindaan 2013) : *Manual For The Structural Design of Flexible Pavement* telah dikeluarkan pada tahun 2013 sebagai penambahbaikan terhadap Arahan Teknik Jalan, ATJ 5/85 (*Manual on Pavement Design*) bagi rekabentuk ketebalan lapisan struktur jalan. Antara penambahbaikan yang telah dibuat adalah *Catalogue of Pavement Structures* yang telah diperkenalkan untuk beberapa kategori *Sub-Grade* bagi kategori trafik seperti Jadual 2.1.

**Jadual 2.1** : Kategori Trafik berdasarkan *Equivalent Standard Axle Load* (ESAL)

<b>Kategori Trafik</b>	<b><i>Equivalent Standard Axle Load</i> (ESAL)</b>	<b>CBR minimum (%)</b>
<b>T1</b>	<1.0 million	5%
<b>T2</b>	1.0 – 2.0 million	5%
<b>T3</b>	2.0 – 10.0 million	5%
<b>T4</b>	10.0 – 30.0 million	12%
<b>T5</b>	> 30.0 million	12%

Penyediaan katalog di dalam ATJ 5/85 (Pindaan 2013) ini telah memudahkan perekabentuk dalam mendapatkan ketebalan setiap lapisan struktur jalan mengikut kategori beban trafik jalan tanpa perlu menggunakan rumus pengiraan ketebalan seperti dalam ATJ terdahulu. Namun, berdasarkan maklumbalas dan ulasan daripada perekabentuk/pengguna ATJ 5/85 (Pindaan 2013) terdapat beberapa perkara yang boleh dibuat penambahbaikan pada katalog tersebut. Antaranya julat kategori trafik berdasarkan *Equivalent Standard Axle Load* (ESAL) terlalu besar. Elemen ini boleh mempengaruhi rekabentuk dari aspek kos terutamanya.

Selain itu, bagi kategori T4 dan T5, CBR yang diperuntukan dalam katalog hanya bermula dari 12%. Terdapat cadangan daripada perekabentuk/pengguna ATJ 5/85 (Pindaan 2013) untuk memperuntukkan juga kategori CBR bagi 5% supaya boleh digunakan sekiranya terdapat kekangan di tapak bagi mencapai CBR 12%.

Atas asas-asas tersebut, nota teknikal ini dibangunkan bagi mengkaji dan mencadangkan penambahbaikan dengan membandingkan kedua-dua kaedah yang digunakan dalam ATJ 5/85 (Pindaan 2013) berdasarkan katalog dan dengan pengiraan manual menggunakan Nomograph seperti dalam ATJ terdahulu. Perbandingan ini adalah untuk mendapatkan perbezaan ketebalan lapisan struktur jalan dan kos di antara bagi kedua-dua kaedah tersebut. Ini bertujuan memperkukuhkan lagi cadangan penambahbaikan ATJ 5/85 (Pindaan 2013) dan boleh diselaraskan penggunaannya agar rekabentuk struktur lapisan jalan lebih optimum dan ekonomi diperoleh.

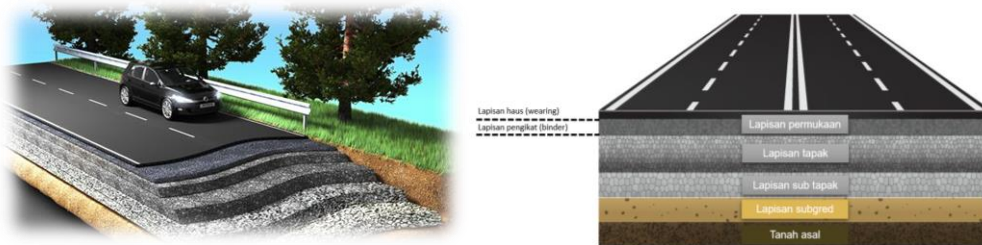
### 3.0 OBJEKTIF

Berdasarkan latar belakang dan pernyataan masalah pada Bahagian 2.0, beberapa objektif kajian telah ditetapkan seperti berikut :

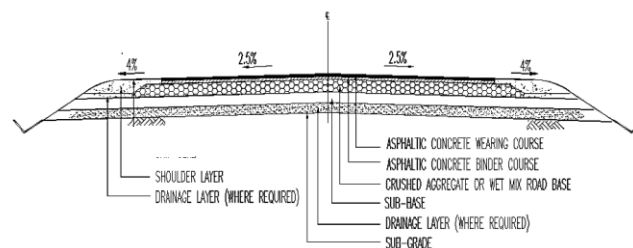
- i. Membuat perbandingan ketebalan lapisan struktur jalan bagi kaedah katalog dan nomograph berdasarkan setiap kategori trafik merujuk kepada nilai *Equivalent Standard Axle Load (ESAL)*.
- ii. Membuat perbandingan kos bagi kaedah katalog dan nomograph berdasarkan setiap kategori trafik merujuk kepada nilai *Equivalent Standard Axle Load (ESAL)*.
- iii. Mencadangkan penambahbaikan bagi rekabentuk optimum berdasarkan hasil kajian.

### 4.0 FUNGSI LAPISAN STRUKTUR JALAN

Secara teori, struktur turapan jalan mengandungi empat lapisan utama iaitu lapisan permukaan, lapisan tapak (*road base*), lapisan sub tapak dan lapisan subgred (lapisan asas) seperti dalam Rajah 4.1. Lapisan permukaan terdiri daripada dua jenis lapisan iaitu lapisan pengikat (*binder COURSE*) dan lapisan haus (*wearing COURSE*). Lakaran keratan rentas lapisan struktur jalan turapan anjal adalah seperti Rajah 4.2.



**Rajah 4.1 : Lapisan Struktur Jalan**



**Rajah 4.2 : Lakaran Keratan Rentas Lapisan Struktur Jalan Turapan Anjal**

#### 4.1 **Lapisan Subgred**

Lapisan asas (*sub-grade*) merupakan lapisan tanah semula jadi atau *rock formation* yang dipadatkan untuk membentuk asas kepada struktur turapan. Permukaan atas lapisan asas dikenali sebagai *formation level*. Lapisan asas direkabentuk dengan fungsi kekakuan elastic (*elastic stiffness*) dan daya galas (*bearing capacity*) berdasarkan tekanan dan tegasan yang dikenakan kepada struktur turapan. Lapisan asas yang lemah perlu digantikan dengan bahan tertentu supaya dapat membentuk *platform* dan asas yang sesuai untuk turapan. Gambaran kerja-kerja bagi lapisan subgred adalah seperti Rajah 4.3.



**Rajah 4.3** : Gambaran kerja-kerja bagi lapisan subgred

#### 4.2 **Lapisan Subtapak**

Lapisan subtapak (*sub-base*) merupakan lapisan di antara lapis asas dan tapak. Lapisan ini kebiasaannya mengandungi pasir atau pecahan batu sebagai satu lapisan saluran air. Lapisan ini juga disediakan bagi menampung *sub-gred* daripada kerosakan semasa fasa pembinaan dan kegagalan disebabkan kesan iklim. Ia turut bertindak sebagai lapisan penghalang untuk mengelakkan pencampuran bahan lapisan *road base* dan *sub-grade*. Lapisan ini mampu mengekalkan lapisan tapak jalan dan mengagihkan beban trafik. Gambaran kerja-kerja bagi lapisan subtapak dan *granular material* atau pasir yang biasa digunakan adalah seperti Rajah 4.4.



**Rajah 4.4** : Gambaran kerja-kerja bagi lapisan subtapak dan *granular material* atau pasir yang biasa digunakan.

### 4.3 Lapisan Tapak

Lapisan tapak (*road base*) merupakan lapisan struktur utama turapan. Fungsi utamanya adalah untuk menguraikan dan mengagihkan beban trafik ke lapisan bawah dengan selamat supaya *sub-base* dan *sub-grade* tidak mendapat tekanan (*stress*) dan tegasan (*strain*) yang berlebihan. Lapisan ini cukup kuat untuk menanggung beban tanpa kegagalan ricih. Gambaran kerja-kerja bagi lapisan tapak dan *crushed aggregate* atau batu baur yang biasa digunakan adalah seperti dalam Rajah 4.5.



**Rajah 4.5 :** Gambaran kerja-kerja bagi lapisan tapak dan *crushed aggregate* atau batu baur yang biasa digunakan.

### 4.4 Lapisan Permukaan

Lapisan permukaan terbahagi kepada dua lapisan utama iaitu lapisan pengikat (*binder COURSE*) dan lapisan haus (*wearing COURSE*). Rajah 4.6 menunjukkan gambar *asphaltic concrete* dan bitumen bagi lapisan permukaan.



**Rajah 4.6 :** Gambar *asphaltic concrete* dan bitumen bagi lapisan permukaan.

**Lapisan pengikat (*binder COURSE*)** merupakan satu lapisan yang diletakkan di atas lapisan tapak dengan fungsi untuk menyediakan permukaan yang rata dan dikategorikan sebagai bahagian lapisan permukaan turapan. Lapisan ini juga berfungsi untuk mengagihkan beban trafik ke lapisan bawah bagi mengelakkan tanah mendapat tegasan berlebihan.

**Lapisan haus (*wearing COURSE*)** merupakan lapisan teratas dalam struktur jalan dengan fungsi utama kepada keselamatan pengguna jalan raya. Antara lain fungsi lapisan haus adalah seperti berikut:

- i. Memberi rintangan terhadap tekanan (*stresses*) dan tegasan (*strains*) daripada trafik
- ii. Menyediakan rintangan gelinciran (*slippage*)
- iii. Mengekalkan lelasan (*abrasion*) daripada trafik
- iv. Memberi rintangan geseran (*friction*) kepada trafik
- v. Melindungi permukaan jalan daripada faktor iklim
- vi. Menyediakan permukaan jalan yang selamat dan selesa kepada pengguna
- vii. Sebagai sistem saliran dengan menyediakan permukaan kalis air bagi air larian permukaan
- viii. Menyekat pengaliran air ke lapisan bawah

## 5.0 PERBANDINGAN KETEBALAN LAPISAN STRUKTUR JALAN

### 5.1 Kaedah Perbandingan

Bagi kaedah perbandingan ketebalan lapisan struktur jalan, terdapat dua kaedah digunakan iaitu :

- i. Kaedah Katalog : Arahan Teknik Jalan, ATJ 5/85 (Pindaan 2013) : *Manual For The Structural Design Of Flexible Pavement*
- ii. Kaedah Nomograph : Arahan Teknik Jalan, ATJ 5/85 : *Manual On Pavement Design*

Kategori trafik yang digunakan adalah merujuk kepada nilai *Equivalent Standard Axle Load* (ESAL) di mana hanya ESAL yang melebihi 0.5 million sahaja diambilkira iaitu di dalam kategori trafik T1 hingga T5 seperti Jadual 2.1. Nilai ESAL yang kurang daripada 0.5 million tidak diambilkira di dalam analisis kajian ini kerana nilai tersebut dikategorikan dalam isipadu trafik yang rendah.

Analisis kajian ini hanya menyentuh struktur lapisan jalan yang menggunakan konvensional *asphaltic concrete* sahaja yang terdiri daripada lapisan permukaan (*asphaltic concrete AC14 & AC28*), *roadbase (crushed aggregate)* dan *subbase (granular material/sand)* seperti dalam katalog bagi kesemua kategori trafik daripada T1 hingga T5. Kajian ini juga menggunakan nilai CBR terendah yang telah ditetapkan bagi setiap kategori trafik iaitu CBR 5% bagi T1, T2 dan T3, manakala CBR 12% bagi T4 dan T5 seperti dalam Jadual 2.1.

Data trafik harian tahunan (ADT), *design years*, *traffic growth*, *commercial vehicle*, *Load Equivalent Factor* (LEF), *terrain* dan *distribution lane* adalah parameter yang dikawal supaya dapat menghasilkan ESAL bagi 10 atau 20 tahun jangka hayat seperti katalog. Jadual 5.1 menunjukkan bahan dan *coefficient* bahan yang diambilkira dalam kaedah rekabentuk ketebalan lapisan struktur jalan menggunakan nomograph. Hasil rekabentuk menggunakan kedua-dua kaedah ini dibanding.

**Jadual 5.1** : Bahan dan *Coefficient* Bahan yang Digunakan

<b>Lapisan Struktur</b>	<b>Bahan</b>	<b>Coefficient</b>
<i>Wearing course</i>	<i>Asphaltic concrete (AC14)</i>	1.0
<i>Binder course</i>	<i>Asphaltic concrete (AC28)</i>	1.0
<i>Roadbase</i>	<i>Crushed aggregate</i>	0.32
<i>Subbase</i>	<i>Granular sand</i>	0.23

## 5.2 Hasil Analisis

Hasil rekabentuk menggunakan kedua-dua kaedah tersebut diringkaskan di dalam Jadual 5.2(a) – Jadual 5.2(e).

**Jadual 5.2(a) : Ketebalan Lapisan Struktur Jalan Kategori T1**

<b>T1 : ESAL &lt;1.0 million</b>			
T1 <sub>minimum</sub> , ESAL = 0.5 million CBR subgrade = 5%			
<b>Lapisan Struktur</b>	<b>Katalog</b>	<b>Nomograph</b>	<b>Bahan</b>
		TA' <sub>required</sub> = 18.0 cm TA' <sub>provided</sub> = 18.7 cm	
<i>Wearing course</i>	- nil -	40 mm	<i>Asphaltic concrete (AC14)</i>
<i>Binder course</i>	50 mm	60 mm	<i>Asphaltic concrete (AC28)</i>
<i>Roadbase</i>	250 mm	200 mm	<i>Crushed aggregate</i>
<i>Subbase</i>	150 mm	100 mm	<i>Granular sand</i>
<i>Subgrade</i>	CBR 5%		
T1 <sub>maksimum</sub> , ESAL = 0.99 million CBR subgrade = 5%			
	<b>Katalog</b>	<b>Nomograph</b>	<b>Bahan</b>
		TA' <sub>required</sub> = 20.0 cm TA' <sub>provided</sub> = 20.30 cm	
<i>Wearing course</i>	- nil -	40 mm	<i>Asphaltic concrete (AC14)</i>
<i>Binder course</i>	50 mm	60 mm	<i>Asphaltic concrete (AC28)</i>
<i>Roadbase</i>	250 mm	250 mm	<i>Crushed aggregate</i>
<i>Subbase</i>	150 mm	100 mm	<i>Granular sand</i>
<i>Subgrade</i>	CBR 5%		



**Jadual 5.2(b): Ketebalan Lapisan Struktur Jalan Kategori T2**

<b>T2 : 1.0 – 2.0 million</b>			
T2 <sub>minimum</sub> , ESAL = 1.0 million CBR subgrade = 5%			
<b>Lapisan Struktur</b>	<b>Katalog</b>	<b>Nomograph</b>	<b>Bahan</b>
		TA' <sub>required</sub> = 21.0 cm TA' <sub>provided</sub> = 21.45 cm	
<i>Wearing course</i>	- nil -	40 mm	<i>Asphaltic concrete (AC14)</i>
<i>Binder course</i>	140 mm	60 mm	<i>Asphaltic concrete (AC28)</i>
<i>Roadbase</i>	200 mm	250 mm	<i>Crushed aggregate</i>
<i>Subbase</i>	150 mm	150 mm	<i>Granular sand</i>
<i>Subgrade</i>	CBR 5%		
T2 <sub>maksimum</sub> , ESAL = 2.0 million CBR subgrade = 5%			
<b>Lapisan Struktur</b>	<b>Katalog</b>	<b>Nomograph</b>	<b>Bahan</b>
		TA' <sub>required</sub> = 22.5 cm TA' <sub>provided</sub> = 23.05 cm	
<i>Wearing course</i>	- nil -	40 mm	<i>Asphaltic concrete (AC14)</i>
<i>Binder course</i>	140 mm	60 mm	<i>Asphaltic concrete (AC28)</i>
<i>Roadbase</i>	200 mm	300 mm	<i>Crushed aggregate</i>
<i>Subbase</i>	150 mm	150 mm	<i>Granular sand</i>
<i>Subgrade</i>	CBR 5%		

**Jadual 5.2(c): Ketebalan Lapisan Struktur Jalan Kategori T3**

<b>T3 : 2.0 – 10.0 million</b>			
T3 <sub>minimum</sub> , ESAL = 2.1 million CBR subgrade = 5%			
<b>Lapisan Struktur</b>	<b>Katalog</b>	<b>Nomograph</b>	<b>Bahan</b>
		TA' <i>required</i> = 23.0 cm TA' <i>provided</i> = 23.7 cm	
<i>Wearing course</i>	50 mm	50 mm	<i>Asphaltic concrete (AC14)</i>
<i>Binder course</i>	130 mm	100 mm	<i>Asphaltic concrete (AC28)</i>
<i>Roadbase</i>	200 mm	200 mm	<i>Crushed aggregate</i>
<i>Subbase</i>	200 mm	100 mm	<i>Granular sand</i>
<i>Subgrade</i>	CBR 5%		
T3 <sub>maksimum</sub> , ESAL = 10.0 million CBR subgrade = 5%			
<b>Lapisan Struktur</b>	<b>Katalog</b>	<b>Nomograph</b>	<b>Bahan</b>
		TA' <i>required</i> = 29.0 cm TA' <i>provided</i> = 29.20 cm	
<i>Wearing course</i>	50 mm	50 mm	<i>Asphaltic concrete (AC14)</i>
<i>Binder course</i>	130 mm	100 mm	<i>Asphaltic concrete (AC28)</i>
<i>Roadbase</i>	200 mm	300 mm	<i>Crushed aggregate</i>
<i>Subbase</i>	200 mm	200 mm	<i>Granular sand</i>
<i>Subgrade</i>	CBR 5%		

**Jadual 5.2(d) : Ketebalan Lapisan Struktur Jalan Kategori T4**

<b>T4 : 10.0-30.0 million</b>			
T4 <sub>minimum</sub> , ESAL = 10.1 million CBR subgrade = 12%			
<b>Lapisan Struktur</b>	<b>Katalog</b>	<b>Nomograph</b>	<b>Bahan</b>
		TA' <i>required</i> = 24.5 cm TA' <i>provided</i> = 24.85cm	
<i>Wearing course</i>	50 mm	50 mm	<i>Asphaltic concrete (AC14)</i>
<i>Binder course</i>	150 mm	100 mm	<i>Asphaltic concrete (AC28)</i>
<i>Roadbase</i>	200 mm	200 mm	<i>Crushed aggregate</i>
<i>Subbase</i>	200 mm	150 mm	<i>Granular sand</i>
<i>Subgrade</i>	CBR 12%		
T4 <sub>maksimum</sub> , ESAL = 30.0 million CBR subgrade = 12%			
<b>Lapisan Struktur</b>	<b>Katalog</b>	<b>Nomograph</b>	<b>Bahan</b>
		TA' <i>required</i> = 28.0 cm TA' <i>provided</i> = 29.2 cm	
<i>Wearing course</i>	50 mm	50 mm	<i>Asphaltic concrete (AC14)</i>
<i>Binder course</i>	150 mm	100 mm	<i>Asphaltic concrete (AC28)</i>
<i>Roadbase</i>	200 mm	300 mm	<i>Crushed aggregate</i>
<i>Subbase</i>	200 mm	200 mm	<i>Granular sand</i>
<i>Subgrade</i>	CBR 12%		

**Jadual 5.2(e) : Ketebalan Lapisan Struktur Jalan Kategori T5**

<b>T5 : &gt; 30.0 million</b>			
T5 <sub>minimum</sub> , ESAL = 30.1 million			
CBR subgrade = 12%			
<b>Lapisan Struktur</b>	<b>Katalog</b>	<b>Nomograph</b>	<b>Bahan</b>
		TA' <i>required</i> = 28.50cm TA' <i>provided</i> = 29.20cm	
<i>Wearing course</i>	50 mm	50 mm	<i>Asphaltic concrete (AC14)</i>
<i>Binder course</i>	190 mm	100 mm	<i>Asphaltic concrete (AC28)</i>
<i>Roadbase</i>	200 mm	300 mm	<i>Crushed aggregate</i>
<i>Subbase</i>	200 mm	200 mm	<i>Granular sand</i>
<i>Subgrade</i>	CBR 12%		

### 5.3 Ringkasan Hasil Analisis

Berdasarkan hasil rekabentuk bagi kedua-dua kaedah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 5.2(a) hingga 5.2(e), Jadual 5.3 meringkaskan ketebalan bagi setiap struktur lapisan jalan tersebut.

**Jadual 5.3 : Ringkasan Perbandingan Ketebalan Lapisan Struktur Jalan**

	<b>Katalog</b>	<b>Nomograph</b>	
		<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>
<b>T1</b>			
<i>Wearing course</i>	- nil -	40 mm	40 mm
<i>Binder course</i>	50 mm	60 mm	60 mm
<i>Roadbase</i>	250 mm	200 mm	250 mm
<i>Subbase</i>	150 mm	100 mm	100 mm
<b>Jumlah ketebalan lapisan</b>	<b>450mm</b>	<b>400 mm</b>	<b>450 mm</b>
<b>T2</b>			
<i>Wearing course</i>	- nil -	40 mm	40 mm
<i>Binder course</i>	140 mm	60 mm	60 mm
<i>Roadbase</i>	200 mm	250 mm	300 mm
<i>Subbase</i>	150 mm	150 mm	150 mm
<b>Jumlah ketebalan lapisan</b>	<b>490 mm</b>	<b>500 mm</b>	<b>550 mm</b>
<b>T3</b>			
<i>Wearing course</i>	50 mm	50 mm	50 mm
<i>Binder course</i>	130 mm	100 mm	100 mm

<i>Roadbase</i>	200 mm	200 mm	300 mm
<i>Subbase</i>	200 mm	100 mm	200 mm
<b>Jumlah ketebalan lapisan</b>	<b>580 mm</b>	<b>450 mm</b>	<b>650 mm</b>
T4		<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>
<i>Wearing course</i>	50 mm	50 mm	50 mm
<i>Binder course</i>	150 mm	100 mm	100 mm
<i>Roadbase</i>	200 mm	200 mm	300 mm
<i>Subbase</i>	200 mm	150 mm	200 mm
<b>Jumlah ketebalan lapisan</b>	<b>600 mm</b>	<b>500 mm</b>	<b>650 mm</b>
T5		<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>
<i>Wearing course</i>	50 mm	50 mm	-
<i>Binder course</i>	190 mm	100 mm	-
<i>Roadbase</i>	200 mm	300 mm	-
<i>Subbase</i>	200 mm	200 mm	-
<b>Jumlah ketebalan lapisan</b>	<b>640 mm</b>	<b>650 mm</b>	

Berikut adalah dapatan daripada perbandingan :

- i. Bagi kategori trafik T1, ketebalan bagi rekabentuk menggunakan katalog adalah lebih nipis berbanding nomograph pada lapisan *asphaltic concrete*. Manakala bagi kategori T2 – T5, ketebalan bagi rekabentuk menggunakan katalog adalah lebih tebal berbanding nomograph pada lapisan *asphaltic concrete*.
- ii. Berdasarkan pemerhatian, kaedah katalog menetapkan ketebalan bagi lapisan *roadbase* untuk kategori T1 iaitu 250 mm, manakala bagi T2 - T5 adalah 200mm.
- iii. Bagi kaedah nomograph, ketebalan lapisan *roadbase* untuk nilai ESAL yang maksimum dalam setiap kategori trafik didapati lebih tebal berbanding katalog.
- iv. Bagi kaedah nomograph, ketetapan ketebalan lapisan *asphaltic concrete* adalah berdasarkan spesifikasi jalan iaitu *wearing COURSE* minimum 40 mm, *binder COURSE* minimum 50 mm, manakala bagi lapisan *roadbase* dan *subbase* minimum adalah 100 mm.
- v. Secara keseluruhannya, ketebalan lapisan bagi kaedah katalog adalah lebih nipis berbanding kaedah nomograph.

## 6.0 PERBANDINGAN ANGGARAN KOS

### 6.1 Kaedah Perbandingan Anggaran Kos

Bahagian ini menjelaskan dengan lebih terperinci kos bagi struktur jalan yang diperolehi untuk setiap kategori kedua-dua kaedah rekabentuk. Harga semasa diambil daripada dua buah projek terkini iaitu:

- i. Projek Menaiktaraf Jambatan FT001/724/5 Merentasi Sungai Kerian Dan Membina Jejambat Merentasi Persimpangan Jalan Persekutuan Ke Jalan Transkrian FT001/FT283, Seberang Perai Selatan, Pulau Pinang - Anggaran daripada Perunding Juruukur Bahan.
- ii. Projek menggantikan jambatan sedia ada di FT007/1/30 Kota Setar (Jambatan Manjalara) - Anggaran daripada Juruukur Bahan JKR.

Selain itu, pejabat ini juga menggunakan kos semasa daripada Industri. Berdasarkan ketiga-tiga kos tersebut, kadar harga purata diperolehi untuk menentukan kos semasa setiap lapisan jalan. Kadar purata harga semasa bahan seperti diringkaskan dalam Jadual 6.1.

**Jadual 6.1 : Kadar Purata Harga Semasa Bahan**

Bahan	Unit	Ketebalan (mm)	Kadar (Harga 1) RM/m <sup>2</sup>	Kadar (Harga 2) RM/m <sup>2</sup>	Kadar (Harga 3) RM/m <sup>2</sup>	Purata Harga RM/m <sup>2</sup>
<i>Wearing Course (AC14), PG60/70</i>	m <sup>2</sup>	50	32.00	26.20	20.50	<b>26.23</b>
<i>Tack coat to be applied (two layers) at a rate of 0.25-0.55 litre/m<sup>2</sup></i>	m <sup>2</sup>	-	3.60	3.60	3.60	<b>3.60</b>
<i>Binder Course (AC28) PG60/70</i>	m <sup>2</sup>	150	88.00	76.75	51.00	<b>71.92</b>
<i>Prime coat to be applied at a rate of 0.5-1.0 litre/m<sup>2</sup></i>	m <sup>2</sup>	-	2.40	2.40	2.40	<b>2.40</b>
<i>Roadbase : Crushed aggregates with CBR &gt;80%</i>	m <sup>2</sup>	200	20.90	14.40	15.33	<b>16.88</b>
<i>Subbase : Granular material with CBR &gt;30%</i>	m <sup>2</sup>	200	18.40	15.30	14.00	<b>15.90</b>
<i>Subgrade CBR 12%</i>	m <sup>2</sup>	300	10.80	10.80	10.80	<b>10.80</b>
<i>Subgrade CBR 5%</i>	m <sup>2</sup>	300	-	-	3.60	<b>3.60</b>

## 6.2 Hasil Analisis Perbandingan Anggaran Kos

Jadual 6.2(a) hingga 6.2(e) menunjukkan harga bagi setiap lapisan struktur jalan untuk kategori trafik daripada T1 hingga T5.

**Jadual 6.2(a):** Harga bagi Lapisan Struktur Jalan Kategori T1

T1 : ESAL <1.0 million				
T1 <sub>minimum</sub> , ESAL = 0.5 million				
Lapisan Struktur	Katalog	RM/m <sup>2</sup>	Nomograph	RM/m <sup>2</sup>
<i>Wearing course</i>	-	-	40 mm	20.99
<i>Tack coat</i>	-	-	<i>Single layer</i>	1.80
<i>Binder course</i>	50 mm	23.97	60 mm	28.77
<i>Prime coat</i>	<i>Single layer</i>	2.40	<i>Single layer</i>	2.40
<i>Roadbase</i>	250 mm	21.10	200 mm	16.88
<i>Subbase</i>	150 mm	11.93	100 mm	7.95
<i>Subgrade (CBR 5%)</i>	300 mm	3.60	300 mm	3.60
		<b>62.99</b>		<b>82.38</b>

\* Peratus perbezaan harga antara katalog berbanding nomograph adalah -30.78%.

T1 <sub>maksimum</sub> , ESAL = 0.99 million				
Lapisan Struktur	Katalog	RM/m <sup>2</sup>	Nomograph	RM/m <sup>2</sup>
<i>Wearing course</i>	-	-	40 mm	20.99
<i>Tack coat</i>	-	-	<i>Single layer</i>	1.80
<i>Binder course</i>	50 mm	23.97	60 mm	28.77
<i>Prime coat</i>	<i>Single layer</i>	2.40	<i>Single layer</i>	2.40
<i>Roadbase</i>	250 mm	21.10	250 mm	21.10
<i>Subbase</i>	150 mm	11.93	100 mm	7.95
<i>Subgrade (CBR 5%)</i>	300 mm	3.60	300 mm	3.60
		<b>62.99</b>		<b>86.60</b>

\* Peratus perbezaan harga antara katalog berbanding nomograph adalah -37.48%.

**Jadual 6.2(b): Harga bagi Lapisan Struktur Jalan Kategori T2**

<b>T2 : 1.0 – 2.0 million</b>				
T2 <sub>minimum</sub> , ESAL = 1.0 million				
<b>Lapisan Struktur</b>	<b>Katalog</b>	<b>RM/m<sup>2</sup></b>	<b>Nomograph</b>	<b>RM/m<sup>2</sup></b>
<i>Wearing course</i>	-	-	40 mm	20.99
<i>Tack coat</i>	<i>Single layer</i>	1.80	<i>Single layer</i>	1.80
<i>Binder course</i>	140 mm	67.12	60 mm	28.77
<i>Prime coat</i>	<i>Single layer</i>	2.40	<i>Single layer</i>	2.40
<i>Roadbase</i>	200 mm	16.88	250 mm	21.10
<i>Subbase</i>	150 mm	11.93	150 mm	11.93
<i>Subgrade (CBR 5%)</i>	300 mm	3.60	300 mm	3.60
		<b>103.72</b>		<b>90.57</b>

\* Peratus perbezaan harga antara katalog berbanding nomograph adalah 12.67%.

T2 <sub>maksimum</sub> , ESAL = 2.0 million				
<b>Lapisan Struktur</b>	<b>Katalog</b>	<b>RM/m<sup>2</sup></b>	<b>Nomograph</b>	<b>RM/m<sup>2</sup></b>
<i>Wearing course</i>	-	-	40 mm	20.99
<i>Tack coat</i>	<i>Single layer</i>	1.80	<i>Single layer</i>	1.80
<i>Binder course</i>	140 mm	67.12	60 mm	28.77
<i>Prime coat</i>	<i>Single layer</i>	2.40	<i>Single layer</i>	2.40
<i>Roadbase</i>	200 mm	16.88	300 mm	25.32
<i>Subbase</i>	150 mm	11.93	150 mm	11.93
<i>Subgrade (CBR 5%)</i>	300 mm	3.60	300 mm	3.60
		<b>103.72</b>		<b>94.79</b>

\* Peratus perbezaan harga antara katalog berbanding nomograph adalah 8.6%.



**Jadual 6.2(c) : Harga bagi Lapisan Struktur Jalan Kategori T3**

<b>T3 : 2.0 – 10.0 million</b>				
T3 <sub>minimum</sub> , ESAL = 2.1 million				
<b>Lapisan Struktur</b>	<b>Katalog</b>	<b>RM/m<sup>2</sup></b>	<b>Nomograph</b>	<b>RM/m<sup>2</sup></b>
<i>Wearing course</i>	50 mm	26.23	50 mm	26.23
<i>Tack coat</i>	<i>Two layers</i>	3.60	<i>Single layer</i>	1.80
<i>Binder course</i>	130 mm	62.33	100 mm	47.94
<i>Prime coat</i>	<i>Single layer</i>	2.40	<i>Single layer</i>	2.40
<i>Roadbase</i>	200 mm	16.88	200 mm	16.88
<i>Subbase</i>	200 mm	15.90	100 mm	7.95
<i>Subgrade (CBR 5%)</i>	300 mm	3.60	300 mm	3.60
		<b>130.94</b>		<b>106.80</b>

\* Peratus perbezaan harga antara katalog berbanding nomograph adalah 18.44%.

T3 <sub>maksimum</sub> , ESAL = 10.0 million				
<b>Lapisan Struktur</b>	<b>Katalog</b>	<b>RM/m<sup>2</sup></b>	<b>Nomograph</b>	<b>RM/m<sup>2</sup></b>
<i>Wearing course</i>	50 mm	26.23	50 mm	26.23
<i>Tack coat</i>	<i>Two layers</i>	3.60	<i>Single layer</i>	1.80
<i>Binder course</i>	130 mm	62.33	100 mm	47.94
<i>Prime coat</i>	<i>Single layer</i>	2.40	<i>Single layer</i>	2.40
<i>Roadbase</i>	200 mm	16.88	300 mm	25.32
<i>Subbase</i>	200 mm	15.90	200 mm	15.90
<i>Subgrade (CBR 5%)</i>	300 mm	3.60	300 mm	3.60
		<b>130.94</b>		<b>123.19</b>

\* Peratus perbezaan harga antara katalog berbanding nomograph adalah 5.92%.

**Jadual 6.2(d) : Harga bagi Lapisan Struktur Jalan Kategori T4**

<b>T4 : 10.0-30.0 million</b>				
T4 <sub>minimum</sub> , ESAL = 10.1 million				
Lapisan Struktur	Katalog	RM/m <sup>2</sup>	Nomograph	RM/m <sup>2</sup>
<i>Wearing course</i>	50 mm	26.23	50 mm	26.23
<i>Tack coat</i>	<i>Two layers</i>	3.60	<i>Single layer</i>	1.80
<i>Binder course</i>	150 mm	71.92	100 mm	47.94
<i>Prime coat</i>	<i>Single layer</i>	2.40	<i>Single layer</i>	2.40
<i>Roadbase</i>	200 mm	16.88	200 mm	16.88
<i>Subbase</i>	200 mm	15.90	150 mm	11.93
<i>Subgrade (CBR 12%)</i>	300 mm	10.80	300 mm	10.80
		<b>147.73</b>		<b>117.98</b>

\* Peratus perbezaan harga antara katalog berbanding nomograph adalah 20.14%.

<b>T4<sub>maksimum</sub>, ESAL = 30.0 million</b>				
Lapisan Struktur	Katalog	RM/m <sup>2</sup>	Nomograph	RM/m <sup>2</sup>
<i>Wearing course</i>	50 mm	26.23	50 mm	26.23
<i>Tack coat</i>	<i>Two layers</i>	3.60	<i>Single layer</i>	1.80
<i>Binder course</i>	150 mm	71.92	100 mm	47.94
<i>Prime coat</i>	<i>Single layer</i>	2.40	<i>Single layer</i>	2.40
<i>Roadbase</i>	200 mm	16.88	300 mm	25.32
<i>Subbase</i>	200 mm	15.90	200 mm	15.90
<i>Subgrade (CBR 12%)</i>	300 mm	10.80	300 mm	10.80
		<b>147.73</b>		<b>130.39</b>

\* Peratus perbezaan harga antara katalog berbanding nomograph adalah 11.74%.

**Jadual 6.2(e) : Harga bagi Lapisan Struktur Jalan Kategori T5**

<b>T5 : &gt; 30.0 million</b>				
T5 <sub>minimum</sub> , ESAL = 30.1 million				
Lapisan Struktur	Katalog	RM/m <sup>2</sup>	Nomograph	RM/m <sup>2</sup>
<i>Wearing course</i>	50 mm	26.23	50 mm	26.23
<i>Tack coat</i>	<i>Two layers</i>	3.60	<i>Single layer</i>	1.80
<i>Binder course</i>	190 mm	91.09	100 mm	47.94
<i>Prime coat</i>	<i>Single layer</i>	2.40	<i>Single layer</i>	2.40
<i>Roadbase</i>	200 mm	16.88	300 mm	25.32
<i>Subbase</i>	200 mm	15.90	200 mm	15.90
<i>Subgrade (CBR 12%)</i>	300mm	10.80	300mm	10.80
		<b>166.90</b>		<b>130.39</b>

\* Peratus perbezaan harga antara katalog berbanding nomograph adalah 21.88%.

### 6.3 Ringkasan Perbandingan Anggaran Kos

Berdasarkan hasil analisis harga bagi kedua-dua kaedah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 6.2(a) hingga 6.2(e), Jadual 6.3 meringkaskan anggaran kos bagi setiap kategori trafik.

**Jadual 6.3** : Ringkasan Perbandingan Harga bagi Setiap Kategori

Kategori	Kaedah Had Trafik	Katalog	Nomograph	Perbezaan
		Harga (RM/m <sup>2</sup> )		%
T1	Minimum	62.99	82.38	-30.78
	Maksimum	62.99	86.60	-37.48
T2	Minimum	103.72	90.57	12.67
	Maksimum	103.72	94.79	8.60
T3	Minimum	130.94	106.80	18.44
	Maksimum	130.94	123.19	5.92
T4	Minimum	147.73	117.98	20.14
	Maksimum	147.73	130.39	11.74
T5	Minimum	166.90	130.39	21.88

Berikut adalah dapatan daripada perbandingan :

- i. Bagi kategori trafik T1, anggaran kos bagi rekabentuk menggunakan katalog adalah lebih murah berbanding nomograph iaitu sebanyak 30.78 hingga 37.48% lebih murah. Manakala bagi kategori T2 – T5, anggaran kos bagi rekabentuk menggunakan katalog adalah lebih mahal berbanding nomograph antara 5.92% hingga 21.88%.
- ii. Walaupun ketebalan keseluruhan lapisan struktur jalan menggunakan kaedah rekabentuk nomograph lebih tebal berbanding katalog, namun harga keseluruhan adalah lebih rendah berbanding katalog kecuali bagi kategori trafik T1.
- iii. Berdasarkan analisis harga yang dilaksanakan, merujuk kaedah nomograph, terdapat julat harga bagi setiap kategori trafik T1 – T5 berbanding katalog di mana kos yang diperolehi berubah berdasarkan rekabentuk ketebalan mengikut jumlah ESAL yang sebenar. Oleh itu, kos yang diperolehi adalah lebih realistik.

## 7.0 KESIMPULAN

Hasil kajian mendapati :

- i. Ketebalan rekabentuk dalam katalog adalah berdasarkan kepada nilai ESAL maksimum dalam kategori trafik (T1 - T5) tersebut. Perkara ini dikhuatiri rekabentuk ketebalan lapisan struktur jalan yang optimum mengikut keperluan rekabentuk ESAL sebenar tidak diperolehi.
- ii. Ketebalan *asphaltic concrete* dalam katalog adalah lebih tebal berbanding ketebalan yang diperlukan menggunakan kaedah nomograph, secara langsung mengakibatkan anggaran kos bagi struktur turapan jalan lebih mahal.
- iii. Ketebalan rekabentuk menggunakan nomograph memberi peluang kepada perekabentuk untuk menentukan ketebalan bagi setiap lapisan jalan berdasarkan aspek teknikal dan kos.
- iv. Bagi kategori trafik T1, ketebalan *asphaltic concrete* adalah kurang daripada 100 mm di mana tidak mematuhi keperluan penyenggaraan menggunakan peruntukan MARRIS seperti dalam Garis Panduan Tatacara Pengurusan Pemberian Penyenggaraan Jalan Negeri 2.0.

## 8.0 CADANGAN PENAMBAHBAIKAN

Berdasarkan kesimpulan tersebut, beberapa cadangan penambahbaikan telah dirangka:

- i. Cadangan penambahbaikan agar katalog divariasikan dan diperincikan bagi pelbagai nilai ESAL dengan julat yang lebih kecil.
- ii. Cadangan mempelbagaikan kaedah rekabentuk sebagai panduan dan ruang kepada perekabentuk untuk—merekabentuk ketebalan struktur turapan jalan berdasarkan kesesuaian sama ada dari aspek teknikal, keselamatan, peruntukan dan kekangan di tapak.

## 9.0 RUJUKAN

- i. Cawangan Jalan, Jabatan Kerja Raya (1985). *Manual on Pavement Design*. Arahan Teknik Jalan 5/85, Jabatan Kerja Raya, Malaysia.
- ii. Cawangan Jalan, Jabatan Kerja Raya (Pindaan 2013) (2013). *Manual on Pavement Design*. Arahan Teknik Jalan 5/85, Jabatan Kerja Raya, Malaysia.
- iii. Cawangan Jalan, Jabatan Kerja Raya (2008). JKR Standard Specification for Road Works. SPJ Section 4: Flexible Pavement.
- iv. Road Engineering Association Malaysia (2002). *A Guide to the Structural Design of New Flexible Pavement REAM GL15/2013*. Malaysia.
- v. Harga semasa bagi Projek Menaiktaraf Jambatan FT001/724/5 Merentasi Sungai Kerian Dan Membina Jejambat Merentasi Persimpangan Jalan Persekutuan Ke Jalan Transkrian FT001/FT283, Seberang Perai Selatan, Pulau Pinang – Anggaran daripada Perunding Juruukur Bahan.
- vi. Harga semasa bagi Projek menggantikan jambatan sedia ada di FT007/1/30 Kota Setar (Jambatan Manjalara) - Anggaran daripada Juruukur Bahan JKR
- vii. Harga semasa daripada Industri.