

**PENGUNAAN BAHAN PENSTABIL TANAH  
(SOIL STABILISER) DALAM PEMBINAAN JALANRAYA**

CHE ROMOH BINTI CHE WIL

Hak Milik MARA

Laporan Projek ini Dikemukakan  
Sebagai Memenuhi Sebahagian Daripada Syarat  
Penganugerahan Ijazah Sarjana Muda  
Bangunan

Fakulti Alam Bina  
Universiti Teknologi Malaysia

**HAK MILIK  
PERPUSTAKAAN  
IBU PEJABAT MARA**

1309
R 690 Rom

1999

“Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri  
kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya  
telah saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan :  \_\_\_\_\_

Nama Penulis : CHE ROMOH BINTI CHE WIL

Tarikh : 31 March 1999

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

KHAS BUAT,

*Ayahanda dan Bondaku,*  
Allahyarham Hj. Che Wil Bin Che Dollah  
Aishah Binti Yusof

*Ibu Mertuaku,*  
Bakiah Binti Omar

*Suami tercinta,*  
Mohd Azam Bin Mohd Saleh

*Anak-anak tersayang,*  
Mohd Azri Bin Mohd Azam  
Noor Azni Binti Mohd Azam

*Adinda-adindaku,*  
Che Haris  
Che Mahadi  
Norma  
Nor Ashikin

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

PENGHARGAAN

(DENGAN NAMA ALLAH YANG MAHA PEMURAH LAGI MAHA PENGASIHANI)

Syukur ke hadrat Allah Azza Wa Jalla yang telah memberi rahmatnya sehingga penulis dapat menyiapkan kertas projek ini dengan jayanya. Setiap apa yang telah penulis lakukan adalah semuanya di atas kehendaknya jua. Segala yang baik itu semua darinya dan yang buruk itu adalah kelemahan penulis sendiri.

Setinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada pensyarah pembimbing Puan Zubaidah Ramli yang telah banyak memberi bimbingan dan tunjuk ajar dalam menyiapkan kertas projek ini. Juga tidak ketinggalan kepada semua responden yang telah membantu penulis di dalam kerja-kerja analisis yang telah dijalankan.

Ucapan terima kasih dan penghargaan ini juga ditujukan kepada pensyarah-pensyarah, rakan-rakan sekuliah penulis dan pihak-pihak yang telah terlibat secara langsung ataupun tidak langsung.

Akhir sekali penulis merakamkan rasa terharu yang tidak terhingga kepada suami tercinta, anak-anak tersayang serta keluarga yang telah banyak berkorban serta mendoakan kejayaan penulis. Semoga kita semua diberkati Allah sentiasa.

## ABSTRAK

Pembangunan sesebuah negara berkait rapat dengan kemudahan sistem pengangkutan yang disediakan kerana sistem pengangkutan yang sempurna, cekap lagi berkesan menjadi pra syarat untuk merangsangkan pertumbuhan sosio-ekonomi dan perindustrian sesebuah negara. Disebabkan oleh permintaan yang mendadak untuk perkembangan pembangunan infrastruktur yang begitu pesat telah menyebabkan tidak semua pembinaan jalanraya itu dapat dibuat di atas tapak yang kukuh dan stabil. Banyak daripada kerja-kerja pembinaan jalanraya ini terpaksa dibina di atas kawasan yang tanah asalnya lemah dan geologinya buruk seperti tanah paya, tanah gambut dan sebagainya. Tanah tanih ini tidak mampu untuk menanggung beban lalulintas yang besar dan secara logiknya, tapak pembinaan jalanraya ini boleh dipindahkan ke tapak yang lain. Walau bagaimanapun adalah tidak praktikal kerana ia masih terpaksa melalui kawasan tanah tanih jenis ini yang banyak terdapat di Semenanjung Malaysia terutamanya di Negeri Johor. Berasaskan kepada persoalan bagaimana hendak mengatasi masalah enapan dan ketidakstabilan jalanraya yang sering berlaku ini, satu kajian tentang penggunaan bahan penstabil tanah yang bersesuaian dengan sifat-sifat tanah gambut telah dibuat. Selain dapat mempercepatkan masa pembinaan, penggunaan bahan penstabil tanah juga dapat menjimatkan kos pembinaan dan menjadikan hayat jalanraya tersebut juga akan tahan lebih lama lagi. Ianya juga dapat membantu negara mengurangkan defisit ekonomi yang melanda pada masa ini, kerana semua produk bahan penstabil tanah ini adalah buatan tempatan.

## ABSTRACT

Roadworks are required where there is a need to facilitate infrastructure developments to regulate the flow of the country's sosio-economic and industries. Due to the tremendous growth and developments achieved, demand for usable lands to facilitate the roadworks construction has increased. Many of the road construction have to be constructed on the soft and weak soils such as swamps or peat soils area. These soils have a very low load bearing capacity and it is unsuitable for heavy traffic usage. Logically, the project site can be moved to another place. However, it is unpracticable because the construction will still be constructed on the soft and peat soils area which can be found throughout Peninsular of Malaysia especially in the State of Johor. Considering the issues on how to overcome the deformations in roadworks construction, a study of the use of appropriate soil stabiliser has been organised. By using these soil stabiliser, the construction of the road infrastructure can be substantially reduced, the construction costs is also reduced by up to 80 % and also the life of the road is extended. And since the product is manufactured locally, using locally available chemicals, it will assist in reducing the economic deficit of the country.

## KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKASURAT</b>
	Pengesahan Status Tesis	
	Pengesahan Kelayakan	ii
	Halaman Judul	iii
	Halaman Pengakuan	iv
	Halaman Dedikasi	v
	Halaman Penghargaan	vi
	Abstrak	vii
	Abstract	viii
	Jadual Kandungan	ix
	Senarai Rajah	xiii
	Senarai Gambarfoto	xiv
	Senarai Jadual	xv
	Senarai Lampiran	xvi
<b>I</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Penyataan Isu	3
	1.3 Objektif Penyelidikan	4
	1.4 Skop Penyelidikan	5
	1.5 Metodologi	5

1.6	Definisi	9
-----	----------	---

## II PENSTABILAN TANAH

2.1	Pendahuluan	11
2.2	Takrif Penstabilan Tanah	11
2.3	Tujuan Penstabilan Tanah	13
2.4	Prinsip Penstabilan Tanah	14
2.5	Perancangan Tapak	16
2.5.1	Peringkat-Peringkat Utama Dalam Proses Perancangan dan Pemilihan Tapak	17
2.6	Penyiasatan Tapak	19
2.6.1	Rancangan Penyiasatan Tapak	20
2.6.2	Penyiasatan Tanah	21
2.6.3	Kaedah Penyiasatan Tanah	23
2.7	Pembersihan Tapak	24
2.7.1	Pembersihan Tapak di Kawasan Luar Bandar	24
2.7.2	Pembersihan di Kawasan Bandar	25
2.8	Operasi Kerja Tanah.	26
2.9	Kerja-Kerja Pempadatan	26
2.10	Lapisan Alihan	28
2.11	Pemasaran dan Pengemasan	28
2.12	Kestabilan Cerun dan Benteng	29



2.13	Penyahairan	29
2.14	Tanah Mantap Untuk Pembinaan Jalanraya	30
2.14.1	Jalanraya Tanah Mantap	30
2.14.2	Penstabilan Subgred	31
2.14.3	Penstabilan Tapak Jalan	32
2.15	Kesimpulan	32

### III **TEKNIK PENSTABILAN TANAH**

3.1	Pendahuluan	34
3.2	Faktor Pemilihan Teknik Penstabilan Tanah	34
3.3	Teknik-Teknik Penstabilan Tanah	35
3.3.1	Kaedah Penstabilan Mekanik	35
3.3.2	Kaedah Penstabilan Struktur	37
3.3.3	Kaedah Penstabilan Kimia	40
3.4	Jenis-Jenis Bahan Penstabil Tanah	40
3.4.1	'Geotextiles'	41
3.4.2	'Chemilink'	44
3.4.3	'MF-52 Ionic Soil Solidifier'	46
3.4.4	Cerucuk	53
3.4.5	Simen	53
3.5	Kesimpulan	55

### IV **ANALISIS PERBANDINGAN**

4.1	Pendahuluan	56
-----	-------------	----

4.2	Analisis Penyelidikan	57
4.3	Keputusan Analisis	65
4.4	Perbandingan Penggunaan Bahan Penstabil Tanah Kaedah Kimia & Kaedah Struktur	66
4.4.1	Laporan Ringkas Kontrak Kerja	67
4.4.2	Analisis Penyelidikan Kaedah Struktur	68
4.4.3	Analisis Penyelidikan Kaedah Kimia	69
4.5	Perbincangan	75
4.6	Masalah Dalam Kerja Penyiasatan Tanah	75
4.6.1	Kekurangan Maklumat Sebenar	75
4.6.2	Memerlukan Kepakaran	76
4.6.3	Melibatkan Kos Yang Tinggi	76
4.7	Kesimpulan	77
<b>V</b>	<b>PENUTUP</b>	
5.1	Kesimpulan	78
	<b>RUJUKAN</b>	80
	<b>BIBLIOGRAFI</b>	81
	<b>LAMPIRAN</b>	82

## SENARAI RAJAH

Rajah	Tajuk	Mukasurat
1	Cartalir Penyelidikan Kertas Projek	8
2	Proses Perancangan & Pemilihan Tapak Bina	18
3	Keratan Rentas Turapan Jalanraya Tanah Mantap	30
4	Carta Teknik Penstabilan Tanah	35
5	Kaedah Saliran Pasir Tegak	38
6	Kaedah Tambahan (Surcharge)	39
7	Carta Aliran Pemasangan 'Chemilink'	45
8	'Chemilink' Dalam Pembinaan Lebuhraya	71
9	'Chemilink' Dalam Pembinaan Jalan Negeri	71
10	'Chemilink' Dalam Pembinaan Jalan Kampong	71
11	'Chemilink' Dalam Kerja-Kerja Meningkatkan Kestabilan Tanah	72

**SENARAI GAMBARFOTO**

<b>Gambarfoto</b>	<b>Tajuk</b>	<b>Mukasurat</b>
1	Rongga Udara Pada Tanah Yang Tidak Stabil	15
2	Partikel Tanah Yang Stabil	15
3	Jalanraya Tanpa 'Geotextiles'	42
4	Jalanraya Dengan 'Geotextiles'	42
5	Tanah Atas Ditolak Dengan Motor Grader	48
6	'Water Tanker'	48
7	'Rotorvator'	49
8	'Roller Compactor'	49
9	Jalanraya Yang Tidak Stabil	50
10	Jalanraya Yang Stabil	51

**SENARAI JADUAL**

<b>Jadual</b>	<b>Tajuk</b>	<b>Mukasurat</b>
3.1	Peningkatan Kekuatan Tanah (% CBR)	52
4.1	Perancangan Tapak Pembinaan Jalanraya	58
4.2	Masalah Berkaitan Dengan Pembinaan Jalanraya	59
4.3	Teknik-Teknik Penstabilan Tanah	60
4.4	Kriteria Pemilihan Kaedah Penstabilan Tanah	61
4.5	Langkah Mengatasi Enapan	62
4.6	Bahan Penstabil Tanah Yang Digunakan	63
4.7	Faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Bahan	64
4.8	Cadangan Memajukan Tanah Yang Tidak Stabil	65
4.9	Peralatan / Tenaga Kerja Biasa	73
4.10	Peralatan / Tenaga Kerja Terkini	74

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>Lampiran</b>	<b>Kandungan</b>
Lampiran A -	Soalan Temubual
Lampiran B -	Analisis Biadata Responden
Lampiran C -	Carta Perancangan Kerja
Lampiran D -	Jadual Perbandingan Kaedah Kimia & Struktur
Lampiran E -	Katalog-Katalog Bahan Penstabil Tanah

Hak Milik MARA

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Pengenalan

Pembangunan sesebuah negara berkait rapat dengan kemudahan sistem pengangkutan yang disediakan. Malahan, sistem pengangkutan yang sempurna, cekap lagi berkesan menjadi pra-syarat untuk merangsangkan pertumbuhan sosio-ekonomi dan perindustrian sesebuah negara.

Di Malaysia, perancangan rangkaian jalanraya moden mula dibuat dan dikembangkan pada masa pemerintahan Inggeris walaupun jalan tanah dan laluan lain telah diteroka semenjak zaman dahulu lagi. Walaupun jalanraya pada masa itu hanya untuk memenuhi matlamat penjajahan, akan tetapi pada hari ini, sistem rangkaian jalanraya di Malaysia telah berkembang dengan pesatnya untuk memenuhi keperluan sistem pengangkutan, pergerakan (mobility) dan kebolehsampaian (accessibility) dengan teratur lagi sistematik. Hingga kini, rangkaian jalanraya yang ada di Malaysia merupakan antara yang terbaik di rantau Asia Tenggara.

Sehingga tahun 1988, terdapat 27,000 km jalanraya di Semenanjung Malaysia dan ianya boleh dikelaskan kepada lima kategori iaitu;

- i. Lebuhraya tol
- ii. Laluan persekutuan
- iii. Jalanraya negeri
- iv. Jalanraya bandar / perbandaran
- v. Jalanraya kampung / desa

Lembaga Lebuhraya Malaysia (LLM) yang terletak di bawah Kementerian Kerja Raya adalah bertanggungjawab untuk merancang, merekabentuk, memaju, mengendali dan menyelenggarakan rangkaian lebuhraya yang cepat, selamat dan cekap serta membolehkan suatu sistem pengangkutan jalanraya awam antara bandar-bandar utama diadakan.

Manakala, Cawangan Jalan Jabatan Kerja Raya berperanan merancang dan memelihara semua rangkaian jalanraya supaya berkeadaan baik dan selamat digunakan. Ianya merangkumi aspek pelaksanaan dan rekabentuk jalanraya negeri, bandar dan desa juga termasuklah kerja-kerja pemuliharaan jalanraya seperti melebar, membaiki turapan, perparitan dan juga perkakasan jalanraya (road furniture).

Proses pembinaan jalanraya melibatkan kegiatan pengambilan balik tanah di sepanjang laluan. Menurut Arahan Teknik (Jalan) 7/85<sup>(1)</sup> dalam hal ini Cawangan Jalan berperanan menyediakan pelan yang mengandungi maklumat terperinci yang diperlukan oleh pihak-pihak yang berkenaan melalui Bahagian Pembangunan Kementerian Kerja Raya.



Pelan lengkap ini diperlukan supaya fasa pengambilan balik tanah berjalan lancar dan cepat sehingga tidak melewatkan tarikh penyiapan pembinaan jalanraya.

## 1.2 Penyataan Isu

Kebanyakan struktur kejuruteraan seperti bangunan, empangan, kemudahan binaan dan lain-lain lagi dibina di atas bumi (tanah). Secara umumnya, seorang jurutera mahu strukturnya terbina di atas tanah yang kukuh dan stabil. Namun begitu, tanah semulajadi yang kuat lagi kental jarang ditemui secara praktik.

Para jurutera terpaksa berdepan dengan tanah bermasalah yang boleh menimbulkan pelbagai masalah ketidakstabilan dan enapan seperti tanah berpasir yang boleh menyebabkan kejadian tanah runtuh dan tanah mengembang dan memberi di bahagian tepi dan bawah struktur seperti tanah liat.

Biasanya, pembangunan yang terletak di atas tanah yang bermasalah ini akan menelan belanja pembinaan yang banyak. Sebagai seorang pengurus projek, kita seharusnya menyiapkan sesuatu projek dalam masa yang telah ditetapkan dan meminimumkan kos pembinaannya.

Oleh yang demikian, adalah penting bagi kita untuk mengetahui bahan-bahan penstabil tanah dan kaedah-kaedah penstabilan tanah yang sesuai digunakan di dalam kerja-kerja pembinaan struktur kejuruteraan awam bagi menyelesaikan masalah yang dihadapi

terutamanya ketika kerja-kerja pembinaan jalanraya yang akan dibina pada kawasan yang tanah asalnya adalah lemah dan geologinya buruk seperti tanah paya, lumpur, tanah gambut dan sebagainya. Tanah-tanah dari jenis ini tidak mampu untuk menanggung beban benteng dan beban lalulintas di atas jalanraya yang akan dibina di situ. Tanah-tanah jenis ini akan menimbulkan masalah enapan dan ketidakstabilan yang disebabkan oleh sifat-sifat tanah yang tidak seragam dan mempunyai ciri-ciri kekuatan yang berbeza-beza antara satu lokasi dengan satu lokasi yang lain.

Secara logiknya, tapak pembinaan jalanraya ini boleh dipindahkan ke tapak yang lain tetapi ianya adalah tidak praktikal kerana ia masih terpaksa melalui kawasan-kawasan tanah-tanah jenis ini yang banyak terdapat di Semenanjung Malaysia terutamanya di Negeri Johor Darul Ta'zim.

Daripada senario inilah, penulis akan membuat penyelidikan berkaitan dengan penggunaan bahan penstabil tanah (soil stabilizer) di dalam kerja-kerja pembinaan jalanraya di kawasan-kawasan tanah gambut. Penulis juga akan mengenalpasti bahan-bahan penstabil tanah dan teknik-teknik penstabilan tanah yang digunakan serta membuat perbandingan penggunaan bahan penstabil tanah kaedah kimia dan kaedah struktur dari aspek masa pembinaan, rekod ketahanan dan kos.

### **1.3 Objektif Penyelidikan**

Kertas projek penyelidikan ini mempunyai 3 objektif utama iaitu:

1. Mengenalpasti teknik-teknik penstabilan tanah untuk kerja-kerja pembinaan jalanraya.
2. Mengenalpasti bahan penstabil tanah yang digunakan dalam kerja-kerja pembinaan jalanraya.
3. Menganalisa perbandingan penggunaan bahan penstabil tanah kaedah kimia dengan kaedah struktur dari aspek masa pembinaan, rekod ketahanan dan kos.

#### **1.4 Skop Penyelidikan**

Memandangkan luasnya skop penggunaan bahan penstabil tanah di dalam kerja-kerja pembinaan jalanraya, maka di dalam kertas projek ini skop penggunaan bahan penstabil tanah dalam pembinaan jalanraya lebih tertumpu kepada penggunaan bahan penstabil tanah dalam kerja-kerja pembinaan jalanraya di kawasan tanah gambut di sekitar Daerah Pontian-Kluang, Johor Darul Ta'zim. Selain daripada itu, segala maklumat dan data-data yang dimuatkan ke dalam kertas projek ini hanyalah dikumpulkan sehingga ke tarikh 8hb. Januari, 1999 sahaja. Maklumat dan data selepas tarikh tersebut dianggap adalah data-data yang terbaru yang merupakan luar dari skop kajian dalam kertas projek ini.

#### **1.5 Metodologi Penyelidikan**

Di dalam melaksanakan penyelidikan ini, penulis telah mengenalpasti kaedah tertentu yang difikirkan dapat mencapai dan

menepati objektif yang telah ditentukan. Pelaksanaan penyelidikan ini telah dibahagikan kepada beberapa peringkat. Ini adalah untuk memberikan kemudahan kepada penulis semasa proses pengumpulan data yang berkaitan dengan penyelidikan yang akan dijalankan. Peringkat-peringkat tersebut adalah seperti berikut;

**i. Temubual**

Ini dilakukan dengan membuat perjumpaan dengan pihak-pihak yang terlibat dengan kerja-kerja pembinaan jalanraya samada secara langsung ataupun tidak langsung seperti;

- i) Jurutera-Jurutera Jalanraya
- ii) Jabatan Kerja Raya (JKR)
- iii) Pensyarah Fakulti Kejuruteraan Awam
- iv) Pemaju / Kontraktor-Kontraktor Jalanraya
- v) Pembekal-Pembekal Bahan Penstabil Tanah
- vi) Pejabat Tanah dan Galian
- vii) Institut Kerja Raya Malaysia (IKRAM)

yang mana dirasakan maklumat-maklumat yang diperolehi berkait rapat dengan bidang penyelidikan yang dijalankan. Contoh borang temubual dapat dilihat di dalam **Lampiran A**.

## **ii. Tinjauan dan Pemerhatian**

Beberapa lawatan ke tapak projek pembinaan jalanraya di kawasan tanah gambut di sekitar Daerah Pontian-Kluang, Negeri Johor Darul Ta'zim yang sedang dalam pembinaan dan meninjau penggunaan bahan penstabil tanah dan kaedah penstabilan tanah yang digunakan.

## **iii. Bahan-Bahan Rujukan**

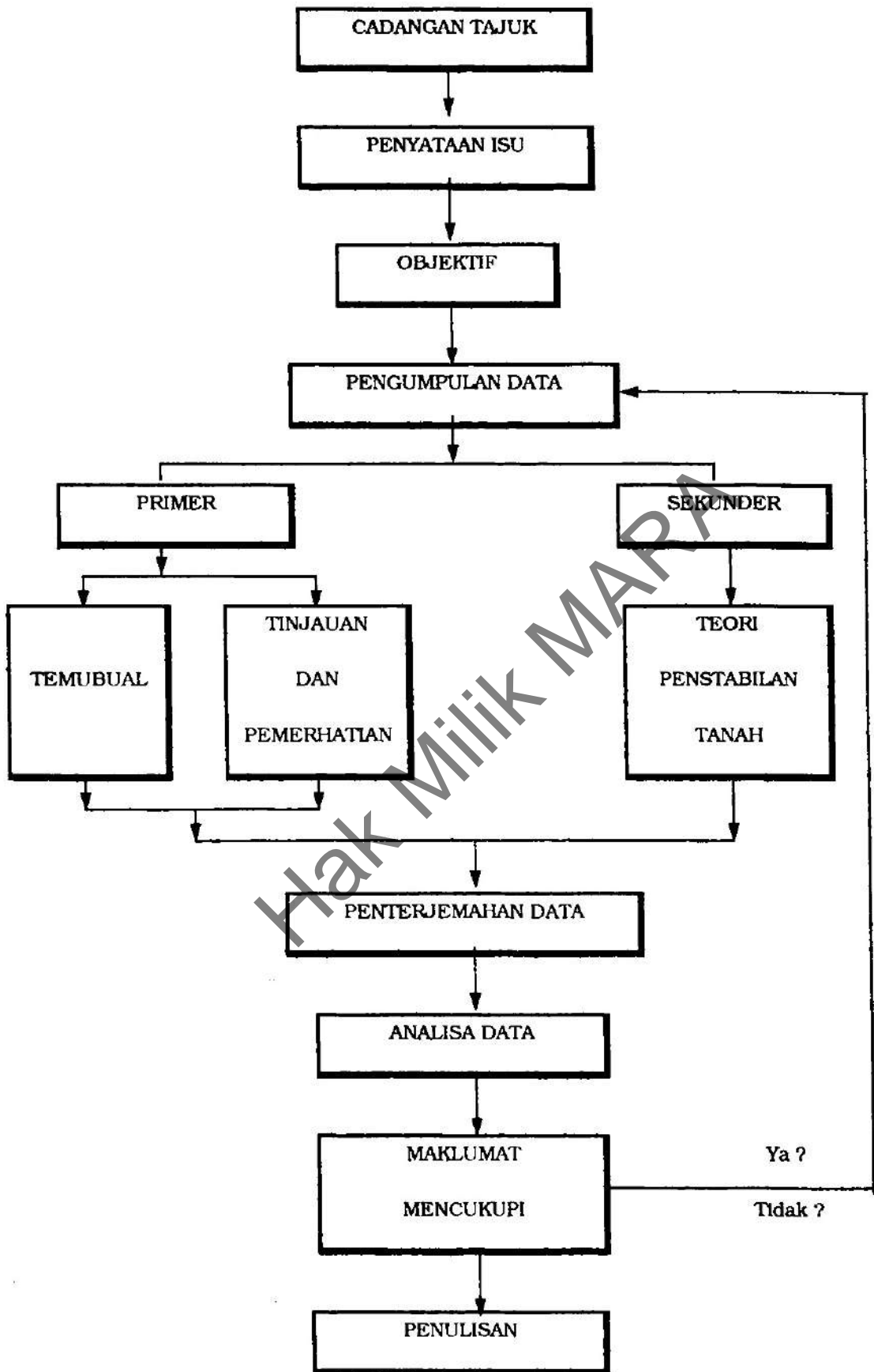
- 1) Bahan-bahan rujukan seperti buku, katalog-katalog, laporan kertas kerja dan sebagainya yang berkaitan dengan penstabilan tanah dan pembinaan jalanraya juga akan dirujuk.
- 2) Penerbitan Jabatan Kerajaan dan Badan-Badan Berkanun lain dimana yang terlibat dengan kerja-kerja penstabilan tanah dan pembinaan jalanraya.

## **iv. Kajian**

Mengkaji terhadap penggunaan bahan penstabil tanah di dalam kerja-kerja pembinaan jalanraya di kawasan tanah gambut oleh pihak-pihak yang terlibat.

## **v. Analisis**

Semua data-data serta maklumat yang terkumpul ini akan dianalisa dan dikaji sehingga mencapai satu keputusan. Keputusan ini akan disokong dengan bukti-bukti kajian serta data-data yang diperolehi melalui langkah-langkah seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1**.



Rajah 1: Cartalur bagi menjalankan penyelidikan kertas projek

## 1.6 Definisi

Dalam mendefinisikan tajuk kertas projek '*Penggunaan Bahan Penstabil Tanah Dalam Pembinaan Jalanraya*' ini dapatlah dijelaskan kepada;

- 1) *Tanah* : 'sebarang endapan lembut atau longgar yang wujud secara semulajadi, yang menjadi sebahagian daripada kerak bumi dan terhasil daripada luluhawa atau keruntuhan bentukan batuan atau daripada reputan tumbuh-tumbuhan'; BS 892<sup>(2)</sup>
- 2) *Penstabilan* : merupakan satu proses yang bertujuan untuk meningkatkan prestasi tanah sebagai bahan binaan dari keadaan asalnya.
- 3) *Penyediaan tapak* : adalah sebagai semua aktiviti yang perlu dilakukan sebelum kerja-kerja yang sebenar dijalankan. Aktiviti-aktiviti tersebut berbeza-beza mengikut keperluan projek dan keadaan sesuatu tapak pembinaan iaitu seperti perancangan dan penyiasatan tapak, pembersihan tapak dan operasi kerja tanah.
- 4) *Subgred* : merupakan lapisan yang terbawah di dalam struktur jalanraya dan berfungsi sebagai tempat berehat seluruh struktur turapan.
- 5) *Pengukuhan* : merupakan pertambahan berat unit yang dicapai dengan cara pembuangan air secara perlahan-lahan dari liang di dalam tanah dan ianya berlaku dalam satu jangkamasa yang agak lama.

6) *Pemadatan* : adalah peningkatan berat unit sesuatu bahan secara buatan, kerana bahan itu dikenakan tindakan mekanik seperti penggelekan dan ianya boleh dicapai dengan membuang udara dari jisim tanah, yang akan menurunkan nisbah rongga dan ianya juga merupakan suatu proses yang seketika. Pemadatan telah digunakan sejak lama dahulu untuk mempertingkatkan sifat tanah dalam berbagai-bagai aspek yang berkaitan dengan kerja pembinaan jalan seperti;

- i) Peningkatan kekuatan galas
- ii) Penurunan kebolehmampatan
- iii) Ciri-ciri perubahan isipadu yang lebih baik
- iv) Penurunan kebolehtelapan

Disamping itu, ada beberapa huruf ringkas yang digunakan oleh penulis dalam penyelidikan ini. Huruf-huruf tersebut adalah seperti berikut;

CBR	= California Bearing Ratio
MF-52 ISS	= Malaysia Formula-52 Ionic Soil Solidifier
JKR	= Jabatan Kerja Raya
IKRAM	= Institut Kerja Raya Malaysia
HITEC	= Highways Innovative Technologies Sdn Bhd
BS	= British Standard
m <sup>2</sup>	= meter persegi
mm	= milimeter



## BAB II

### PENSTABILAN TANAH

#### 2.1 Pendahuluan

Bab ini akan menjelaskan dengan lebih jelas mengenai tujuan dan prinsip penstabilan tanah serta kajian mengenai aspek-aspek penting yang harus dilaksanakan sebelum sesuatu projek pembinaan jalanraya dapat dijalankan di atas sesuatu tapak bina.

#### 2.2 Takrif Penstabilan Tanah

Setiap struktur yang dibina samada bangunan, empangan, turapan, jalanraya dan seumpamanya terletak di atas tanah (bumi) dimana, tanah ini akan bertindak sebagai asas yang menyokong semua struktur tersebut. Ini adalah kerana tanah telah digunakan sebagai bahan binaan semenjak zaman dahulu kala lagi dan telah diiktiraf oleh pakar mekanik tanah sebagai bahan binaan yang paling rumit kerana kepelbagaian ciri-ciri dan sifatnya. Berbeza daripada bahan kejuruteraan lain seperti konkrit, keluli, asphalt dan lain-lain lagi; ciri-ciri dan sifat tanah sukar untuk dikawal dan diramalkan kerana tanah bukanlah bahan buatan atau yang dikilangkan oleh manusia.

Tanah dikatakan stabil jika ianya tahan lasak dan mampu menanggung beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk. Jika

tidak, tanah tersebut perlu distabilkan untuk meningkatkan sifat tanah bagi memenuhi keperluan kejuruteraan tertentu supaya kawasan tersebut boleh dibangunkan.

Untuk mengelakkan sebarang masalah ketidakstabilan dan enapan pada tanah, jurutera-jurutera boleh mengambil langkah-langkah yang berikut;

- 1) Menerima sifat-sifat tanah di tapak dan mengubahsui beban berkenaan ataupun mengabaikan lapisan yang tidak stabil dengan menggunakan cerucuk.
- 2) Mengubahsui dan mempertingkatkan sifat-sifat tanah melalui rawatan tertentu.
- 3) Mengorek buang tanah tidak stabil dan menggantikan dengan bahan yang lebih baik.
- 4) Bagi tanah berpasir, kedatangan air mencetuskan runtuh, sementara tanah liat pula akan mengembang apabila bercampur dengan air. Oleh yang demikian, kestabilan tanah dapat dicapai dengan mengawal dan menghindarkan pencerobohan air.
- 5) Dalam kes pemotongan, rekabentuk lebar pemotongan untuk menjangka kemungkinan berlakunya tanah runtuh.
- 6) Memilih tapak lain; walaupun logik tetapi tidak praktik bagi seorang jurutera jalanraya kerana jalan raya masih terpaksa melalui kawasan tanah yang bermasalah.

### 2.3 Tujuan Penstabilan Tanah

Tanah merupakan bahantara terpenting dalam struktur binaan kerana di situlah terletaknya asas sesebuah struktur atau substruktur yang menjadi tunjang kepada kestabilan dan kekuatan superstruktur.

Oleh sebab sifat-sifat tanah yang tidak seragam dan mempunyai ciri-ciri kekuatan yang berbeza-beza antara satu lokasi dengan satu lokasi yang lain, maka beberapa ujian di tapak bina dan di makmal adalah penting untuk dilakukan khususnya untuk mengukur keupayaan tanah memikul beban struktur yang akan dikenakan ke atasnya nanti.

Penstabilan tanah merupakan proses untuk meningkatkan prestasi tanah sebagai bahan binaan bagi memenuhi keperluan kejuruteraan tertentu kerana secara relatifnya, tanah yang telah distabilkan menjadi lebih kuat, tahan lasak dan tahan air serta meningkatkan keupayaan galasnya.

Tanah distabilkan supaya kawasan yang tanahnya kurang baik boleh dibangunkan untuk pembinaan struktur kejuruteraan. Sifat-sifat tanah yang buruk seperti mengecut dan mengembang dengan ketara, kesukaran untuk memadat dan keplastikan yang tinggi boleh diperbaiki. Kebolehmampatan dan enapan boleh dikurangkan.

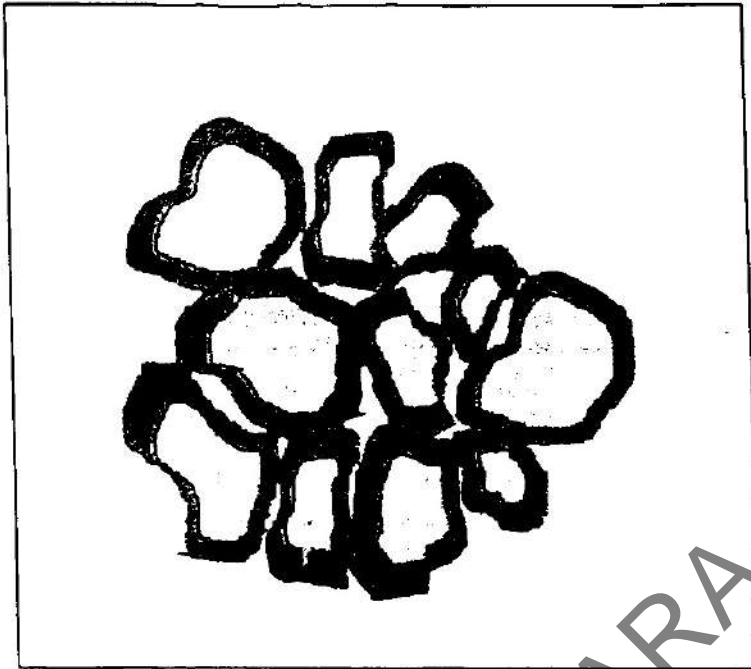
Di dalam kerja-kerja pembinaan jalanraya, teknik penstabilan tanah amat penting kerana tanah yang mantap atau stabil boleh dijadikan bahan subtapak jalanraya utama jika bahan berkualiti tinggi sukar diperolehi dengan harga yang murah. Apabila sistem rangkaian jalanraya

berkembang, permintaan bahan berturap yang berkualiti turut meningkat. Biasanya, bahan-bahan ini sukar didapati dari kawasan yang berdekatan dan terpaksa dibawa daripada luar kawasan pembinaan projek. Ini akan menyebabkan kos pembinaan menjadi tinggi dan tidak ekonomi.

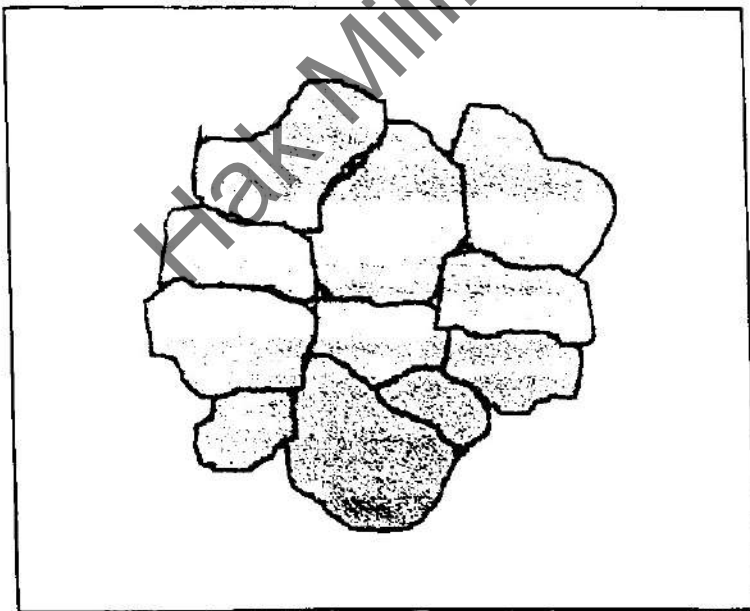
Oleh kerana itu, penstabilan tanah memainkan peranan yang penting kerana tanah merupakan lapisan subged yang akan menyokong jalanraya yang dibina di atasnya dan semua bahan yang ada di tapak jalanraya haruslah dimanfaatkan sepenuhnya bagi pembinaan jalanraya untuk kegunaan lalulintas ketenteraan dan keperluan kecemasan lain yang menghendaki penyediaan laluan dalam jangkamasa yang pendek.

#### 2.4 Prinsip Penstabilan Tanah

Ciri-ciri sesuatu kawasan tanah yang tidak stabil mestilah diperbaiki terlebih dahulu, sebelum sesuatu pembinaan dapat dibuat di atasnya supaya tanah tersebut dapat menanggung semua beban yang bakal dikenakan tanpa mengalami sebarang kerosakan yang serius. Disamping itu, ia juga mestilah boleh mengekalkan kekuatan dan kestabilannya untuk satu jangkamasa yang lama. **Gambarfoto 1** menunjukkan rongga-rongga udara yang terdapat pada butiran tanah yang tidak stabil sementara itu, **Gambarfoto 2** pula menunjukkan kedudukan partikel-partikel tanah yang rapat pada butiran tanah yang stabil dan mantap.



Gambarfoto 1: Rongga-rongga udara pada tanah yang tidak stabil



Gambarfoto 2: Partikel tanah yang rapat pada tanah yang stabil

## 2.5 Perancangan Tapak

Beberapa perkara asas perlu dilakukan sebelum kerja-kerja perancangan dan rekabentuk jalanraya dapat dibuat. Antara perkara terpenting yang mesti dilakukan ialah kerja perancangan dan kerja penyiasatan tapak bagi pembinaan jalanraya yang dicadangkan.

Proses perancangan tapak bermula dengan mendapatkan data-data awal berkaitan dengan sesuatu tapak yang telah dikenalpasti dan kawasan sekitarnya. Data-data ini sepatutnya merangkumi antara lain seperti pelan-pelan asas, maklumat geologi, hidrologi, data topografi, penjenisan tanah, tumbuh-tumbuhan dan kemudahan sediaada. Salah satu tujuan utama mendapatkan dan menganalisa maklumat-maklumat ini adalah untuk mengetahui peluang dan halangan yang boleh terdapat pada tapak berkenaan. Sekiranya didapati sesuai, penganalisan yang lebih lanjut akan dijalankan.

Penganalisan ini termasuklah mendapatkan perletakkan projek yang terbaik berasaskan kepada keadaan tanah, kawasan-kawasan yang perlu dielakkan kerana kecerunan yang curam, kawasan-kawasan permasalahan hakisan tanah ataupun kawasan-kawasan yang sepatutnya dikekalkan kerana ciri-ciri semulajadi seperti tumbuh-tumbuhan. Bagi menentukan kesesuaian perletakkan atau gunatanah, pengetahuan yang baik mengenai alam sekitar juga perlu diketahui. Pengetahuan yang dimaksudkan adalah seperti sistem sumber-sumber semulajadi. Terdapat

tiga asas pemahaman terhadap sumber-sumber ini yang perlu diketahui iaitu;

- a) Pemahaman terhadap komponen-komponen ekosistem seperti tanah-tanah, tumbuh-tumbuhan dan hidrologi.
- b) Pemahaman terhadap salingkaitan antara komponen ekosistem tersebut seperti tanah-tanah dan air, cuaca, tumbuhan dan sebagainya.
- c) Mengenalpasti kesesuaian elemen-elemen sumber untuk gunatanah tertentu mengikut fungsi.

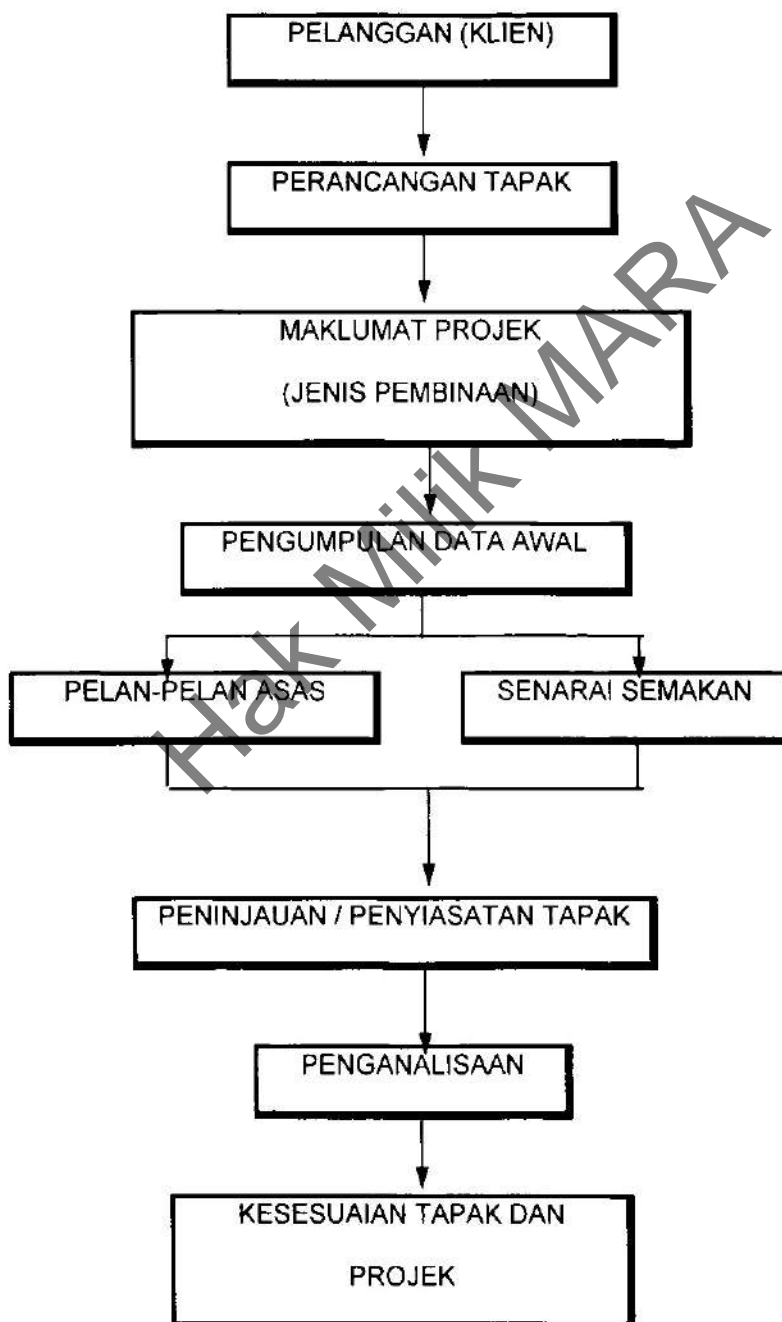
Sungguhpun demikian, dalam sesuatu perancangan adalah perlu untuk mengenalpasti sumber-sumber mana yang berkaitan dan perlu dianalisa. Tidak semua faktor perlu diambil kira dengan teliti tetapi yang penting sekali hendaklah berasaskan kepada kepentingan dan kesesuaian dalam membuat keputusan.

#### **2.5.1 Peringkat-Peringkat Utama dalam Proses Perancangan dan Pemilihan Tapak**

Proses perancangan dan pemilihan tapak seharusnya melalui beberapa peringkat tertentu selaras dengan jenis pembangunan. Tiga peringkat utama dalam proses penentuan dan pemilihan tapak sebelum menentukan jenis dan bentuk projek adalah;

- i. Pengumpulan data-data awal
- ii. Peninjauan dan penyiasaan tapak
- iii. Penganalisaan

Proses perancangan dan pemilihan tapak adalah seperti dalam **Rajah 2**



**Rajah 2: Proses Perancangan dan Pemilihan tapak Pembinaan**



## 2.6 Penyiataan Tapak

Setiap tapak bina mempunyai perbezaan di antara satu sama lain.

Oleh sebab itu, setiap tapak bina perlu disiasat secara tersendiri.

Walaupun sesuatu tapak bina itu terletak bersebelahan dengan suatu tapak lain yang telah disiasat, mungkin ada perkara tertentu yang berbeza, umpamanya perbezaan mungkin wujud dari segi keadaan tanah dan apajua yang terkandung di dalam tanah. Ini bermakna perbezaan tetap wujud walaupun ada persamaan dalam aspek-aspek yang lain. Oleh yang demikian, data-data daripada tapak bina yang lain tidak boleh diambil sepenuhnya untuk digunakan dalam penyiataan tapak pembinaan yang dicadangkan.

Maklumat yang diperolehi daripada penyiataan tapak ini boleh membantu menentukan kedudukan jalanraya yang sebaik-baiknya supaya keadaan geologi yang buruk dapat dielakkan. Ianya juga akan dapat membantu proses mereka bentuk kerja tanah, tebal turapan, sistem penyaliran dan asas jambatan. Keadaan bumi dan tanah semata-mata tidaklah semestinya merupakan faktor terbesar dalam memilih lokasi jalanraya baru, lebih-lebih lagi jika jalanraya itu melalui kawasan yang sudah dibangunkan. Faktor-faktor lain yang mungkin berpengaruh termasuklah pekan dan kampung, kawasan dan bangunan bersejarah, kawasan simpanan, lintasan jalan keretapi dan sungai, dan seumpamanya.

### 2.6.1 Rancangan Penyiasatan Tapak

Penyiasatan tapak awal selalunya dilakukan, lebih-lebih lagi jika ia melibatkan projek pembinaan jalanraya yang besar, yang mana perlu mempertimbangkan beberapa alternatif lokasi jalanraya tersebut. Ianya dijalankan berdasarkan kepada segala maklumat yang telah dikumpulkan semasa fasa tinjauan tapak untuk merancang penyiasatan tapak sesuatu laluan jalanraya yang dipilih dengan lebih terperinci.

Penyiasatan tapak awal ini akan melibatkan penyiasatan penuh dan lengkap terhadap tapak pembinaan dengan menggunakan lubang gerek dan lubang cubaan, juga melibatkan penyediaan laporan penyiasatan tapak yang lengkap termasuk pelan dan keratan yang terlaras, pentafsiran dan cadangan rekabentuk.

Menurut *Dumbleton dan West*, ada dua aspek yang perlu dipertimbangkan sewaktu menjalankan kerja-kerja penyiasatan tapak iaitu aspek kualitatif dan aspek kuantitatif. Aspek pertama itu akan menentukan struktur geologi dan ciri-ciri tapak jalanraya, dan juga akan menentukan jenis taburan bahan yang ada di situ. Manakala aspek kedua pula melibatkan ujian tanah dan ujian sampel di makmal. Penyiasatan tanah mestilah dilakukan sehingga segala butir-butir yang diperlukan untuk mereka bentuk dan

membina setiap bahagian jalanraya dan strukturnya diperolehi kerana penyiasatan tapak selalunya menelan kos yang tinggi.

### **2.6.2 Penyiasatan Tanah**

Objektif utama penyiasatan tapak telah digariskan dalam BS 5930: 1981, iaitu '*Code of Practice for Site investigation*'. Antara objektif penyiasatan yang perlu pada peringkat awal sesebuah projek kejuruteraan awam adalah seperti berikut;

#### **2.6.2.1 Menilai Kesesuaian Tapak Secara Keseluruhan**

Maklumat yang lengkap tentang keadaan tanah dan persekitaran akan menentukan kesesuaian tapak bagi sesuatu projek yang akan dibangunkan di atas tapak tersebut. Sebagai contoh, keadaan tanah mungkin sesuai untuk pembinaan kilang industri berat. Namun, jika tapak tersebut bersebelahan dengan hospital dan kawasan perumahan, maka kilang tersebut tidak sesuai untuk didirikan di atas tapak tersebut.

#### **2.6.2.2 Membantu Menyediakan Rekabentuk Yang Lengkap, Ekonomi dan Selamat**

Objektif ini bermaksud untuk membolehkan rekabentuk yang lengkap, ekonomi dan selamat dapat

disediakan. Ini termasuklah rekabentuk kerja-kerja sementara yang diperlukan semasa kerja-kerja pembinaan. Berdasarkan maklumat yang diperolehi daripada penyiasatan tapak, jenis struktur dan jumlah beban lalulintas dapat ditentukan.

Perkara ini sangat penting supaya jalanraya yang dibina itu dapat digunakan dengan selamat untuk satu tempoh yang lama.

Tanpa maklumat tapak yang tepat, rekabentuk yang disediakan mungkin tidak bersesuaian. Umpamanya beban yang dipindahkan ke lapisan subgred mungkin melebihi keupayaan galas tanah. Akibatnya mungkin akan berlaku enapan dan seterusnya akan menyebabkan kerosakkan pada jalanraya tersebut.

#### 2.6.2.3 *Membantu Pembinaan Supaya Berjalan Lancar*

Ini bermaksud untuk melihat kemungkinan masalah yang disebabkan oleh tanah dan keadaan persekitaran yang akan timbul pada masa pembinaan. Langkah-langkah tertentu dapat diambil sebagai persediaan untuk menghadapi masalah yang dijangka timbul. Contohnya, masalah air di dalam tanah yang telah diketahui lebih awal dapat diselesaikan dengan menyediakan kaedah penyahairan yang sesuai dengan keadaan tapak tersebut. Sekiranya maklumat

tentang air di dalam tanah tidak diketahui, maka jalan penyelesaiannya akan mengambil masa yang agak lama dan ini akan melambatkan kerja-kerja pembinaan jalanraya tersebut dan berkemungkinan akan meningkatkan kos pembinaan.

### **2.6.3 Kaedah Penyiasatan Tapak**

Ada dua kaedah yang selalu digunakan iaitu;

2.6.3.1 Lubang gerak

2.6.3.2 Kaedah geofizikal

2.6.3.1 *Lubang gerak*

Lubang gerak digunakan untuk menentukan ciri-ciri tanah secara kualitatif dan seterusnya mendapatkan sampel tak terganggu untuk diuji secara kuantitatif di makmal. Walau bagaimanapun, dalam keadaan tertentu seperti keadaan tanah berkelikir, tanah berkelodak dan pasir yang berada di bawah paras air bumi, sampel tak terganggu sukar untuk diambil. Terdapat berbagai jenis alat gerakan yang digunakan dalam kerja penyiasatan tanah seperti gerudi gerakan-basuh, gerudi tukul ringan, rig tukul ringan, mesin gerimit dan mesin serba guna.

### 2.6.3.2 *Kaedah geofizikal*

Kaedah ini digunakan untuk membantu membuat penentu dalaman maklumat antara lubang gerek dan kaedah seismik merupakan kaedah geofizikal yang selalu digunakan. Kaedah ini sangat sesuai digunakan bagi mengesan perubahan keadaan tanah yang berlaku secara ketara dan jelas.

## 2.7 **Pembersihan Tapak**

Tapak pembinaan sesuatu jalanraya itu mungkin berada di dalam kawasan hutan ataupun bandar, bukit-bukau atau padang pasir dan sebagainya. Oleh itu, kerja-kerja pembersihan tapak kadang-kadang hanya melibatkan pembuangan rumput rampai ataupun belukar-belukar yang kecil sahaja dan ada waktunya ia mungkin melibatkan kerja-kerja yang berat dan memerlukan kemahiran yang tertentu. Secara umumnya, ia terbahagi kepada dua iaitu pembersihan tapak di kawasan luar bandar dan pembersihan tapak di kawasan bandar.

### **2.7.1 *Pembersihan Tapak di Kawasan Luar Bandar***

Pembersihan tapak di kawasan luar bandar, kadangkala hanya melibatkan pembuangan rumput-rumpai, belukar kecil ataupun pokok-pokok tanaman sahaja. Namun begitu, ada masanya kerja-kerja pembersihan akan melibatkan kerja-kerja yang

lebih berat contohnya jika kawasan tapak tersebut terletak di dalam kawasan hutan tebal. Disamping itu, ianya juga akan melibatkan kos yang tinggi serta mengambil masa yang agak lama dan kerja-kerja pembersihan itu lebih sukar, yang mungkin memerlukan kepakaran tertentu.

### **2.7.2 Pembersihan di Kawasan Bandar**

Sebelum kerja-kerja pembinaan dapat dijalankan, pemindahan dan penempatan sementara orang ramai dan tempat-tempat perniagaan yang terganggu perlu dilakukan. Tidak lupa juga segala kemudahan awam samada yang berada di atas tanah ataupun yang berada di dalam tanah juga perlu dilakukan tanpa menimbulkan apa-apa gangguan ke atas perkhidmatannya.

Disamping kemudahan-kemudahan tersebut, segala bentuk halangan yang ada di kawasan tersebut juga perlu dipindahkan ataupun dirobohkan. Ini termasuklah bangunan, turapan, kaki lima dan binaan-binaan yang ada di dalamnya. Kerja-kerja pembersihan di kawasan ini biasanya memerlukan kos yang lebih tinggi dan masa yang lebih panjang.

Ketiadaan pelan lengkap yang menunjukkan kedudukan sebenar semua kemudahan awam yang ada di dalam kawasan ini, akan merumitkan kerja-kerja pembersihan tapak. Oleh itu, tanda-tanda isyarat dan arahan yang jelas perlu disediakan di tempat-

tempat yang sesuai supaya tidak menimbulkan sebarang kesulitan ataupun kemalangan semasa operasi pembersihan tapak dijalankan termasuklah mengendalikan lalulintas yang melalui kawasan tersebut.

## **2.8 Operasi Kerja Tanah**

Operasi ini melibatkan kerja-kerja pengorekan, pengangkutan, pelonggokan, perebakan, pemadatan, pamarasan dan kemasannya sehingga tapak jalanraya yang hendak dibina itu menepati keperluan reka bentuk dan pembinaan. Jangkaan yang tepat terhadap kuantiti kerja, keadaan kerja, pemilihan peralatan yang sesuai dan tenaga pengurusan yang berkemampuan akan dapat meminimalkan kos pembinaan. Selain daripada itu, perhatian yang lebih perlu diberikan kepada pengguna jalanraya yang terpaksa melalui kawasan pembinaan dan juga kepada penduduk yang tinggal berdekatan akibat ketidakselesaan, habuk, lumpur, bunyi bising dan sebagainya yang disebabkan oleh aktiviti pembinaan tersebut.

## **2.9 Kerja-Kerja Pemadatan**

Pemadatan merupakan penambahan berat unit yang dicapai dengan cara pembuangan air secara perlahan-lahan dari liang di dalam tanah. Ini bertujuan untuk meningkatkan ketumpatan tanah yang longgar. Tanah yang longgar sebenarnya mengandungi banyak ruang udara dan air. Proses pemadatan secara mekanik akan memaksa butiran tanah



menjadi lebih rapat disamping mengeluarkan udara dan air daripada tanah tersebut. Seterusnya, pemadatan tersebut akan dapat mempertingkatkan keupayaan galas, mengurangkan kebolehmpatan, mengurangkan kebolehtelapan dan mengurangkan kemungkinan berlakunya hakisan.

Proses pemadatan tanah dilakukan secara berperingkat mengikut lapisan demi lapisan. Sebelum dipadatkan, tanah perlu diberikan kelembapan yang optimun. Kelembapan diperlukan sebagai bahan pelincir dalam proses pemadatan. Oleh itu, tanah yang terlalu lembab perlu dikeringkan, sementara tanah yang terlalu kering perlu ditambahkan kandungan kelembapannya. Selepas itu, pemadatan dilakukan dengan melalukan loji/jentera pemadat beberapa kali di atas permukaannya.

Darjah pemadatan yang boleh dicapai dalam sesuatu tanah yang hendak dipadatkan akan bergantung pada berbagai faktor. Antara faktor-faktor utama yang mempengaruhi darjah pemadatan yang akan dicapai adalah seperti berikut;

- i. Ketumpatan asal tanah berkenaan
- ii. Sifat fizikal dan kimia tanah tersebut
- iii. Kandungan lembapan
- iv. Kaedah pemadatan yang digunakan
- v. Jumlah usaha pemadatan yang dikenakan
- vi. Tebal lapisan tanah yang sedang dipadatkan

Oleh yang demikian, pemadatan bertujuan untuk memastikan agar tanah yang dipadatkan mempunyai sifat-sifat kejuruteraan yang diperlukan dan berada di dalam keseragaman yang memuaskan. Sekiranya pemadatan yang terhasil tidak seragam, berbagai-bagai masalah boleh timbul, seperti enapan yang akan merosakkan turapan. Walau bagaimanapun, keperluan cara pemadatan bergantung pada jenis tanah dan jenis alat pemadatan yang akan digunakan.

### **2.10 Lapisan Alihan**

Lapisan alihan perlu dibina apabila subged beralih daripada keadaan pengorekkan kepada penambakkan. Lapisan alihan ini penting apabila perubahan berlaku dari keadaan bahan tanah kepada bahan batuan atau sebaliknya. Lapisan alihan diperlukan kerana;

- 1) Menolong menyediakan suatu lapisan pengalas kepada lapisan alihan antara lapisan batuan dengan tanah subged yang disebelahnya.
- 2) Lapisan ini akan meratakan ketidakrataan yang terdapat pada permukaan batuan yang terhasil semasa kerja letupan batu dijalankan.

### **2.11 Pemasaran dan Pengemasan**

Merupakan langkah terakhir dalam operasi kerja tanah bagi pembinaan tapak jalan atau subged. Pemasaran bermaksud proses membentuk permukaan kasar subged kepada bentuk dan aras akhir yang

telah ditetapkan dalam pelan rekabentuk. Manakala pengemasan pula melibatkan kerja-kerja melicinkan cerun, membentuk longkang dan parit, dan menyediakan subgred untuk menerima lapisan yang akan dibina di atasnya. Kerja-kerja pengemasan akan dilakukan sebaik saja selesai proses pengorekan, pemadatan dan pamarasan. Semasa kerja pengemasan dijalankan, cerun korek dan benteng distabilkan melalui kaedah penstabilan yang sesuai seperti pembenihan rumput, penampalan rumput, pembenihan hidro, penstabilan secara kimia dan sebagainya supaya hakisan tanah boleh dikawal.

### **2.12 Kestabilan Cerun dan Benteng**

Kestabilan cerun dan benteng merupakan masalah yang perlu dihadapi dalam rekabentuk dan pembinaan jalanraya. Pada asasnya, pencerunan merupakan proses untuk mendapatkan permukaan mengikut bentuk dan kecerunan yang dikehendaki dalam pelan dan penentuan. Ini juga meliputi proses merata dan melicinkan permukaan. Biasanya setelah tanah dicerun dan dilicinkan, permukaan tersebut akan ditanam dengan rumput bagi mengelakkan hakisan.

### **2.13 Penyahairan**

Walaupun tidak dapat dinafikan tentang kepentingan air untuk kehidupan, namun jika dilihat dari satu segi, air juga merupakan agen pemusnah. Tragedi kemusnahan struktur kejuruteraan akibat daripada

tindakan air di dalam rongga tanah sering tercatat di dalam lipatan sejarah. Air bumi yang bertakung di kawasan tapak projek akan menghalang kelancaran kerja.

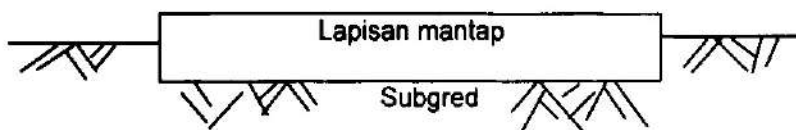
Jalanraya juga perlu diawasi daripada kesan tindakan air ini. Pengawasan ini dapat dilakukan dengan menyediakan satu sistem penyaliran yang baik dan berkesan. Jika tidak, kekuatan dan kestabilan jalanraya akan terjejas. Sementara itu, air yang bertakung di atas permukaan jalanraya sangat merbahaya kepada kenderaan yang sedang bergerak laju. Oleh itu dapatlah dikatakan iaitu objektif penyahairan adalah untuk merendahkan aras air pada kawasan tapak projek supaya kawasan bekerja kering dan stabil.

## 2.14 Tanah Mantap Untuk Pembinaan Jalanraya

### 2.14.1 Jalanraya Tanah Mantap

Turapan jalanraya tanah mantap terdiri daripada tiga komponen utama iaitu subgred, tapak jalan dan permukaan jalan.

Lihat Rajah 3.



**Rajah 3: Keratan Rentas Turapan Jalanraya Tanah Mantap**

Jalanraya tanah mantap ini hanya sesuai untuk isipadu kenderaan yang lalu di atasnya adalah rendah. Oleh kerana jalanraya ini boleh dipertingkatkan menjadi jalanraya utama, maka semasa membuat rekabentuk awal geometri jalanraya tanah mantap ini perlu direka untuk membolehkan peningkatan pada masa akan datang.

#### **2.14.2 Penstabilan Subgred**

Subgred berfungsi sebagai asas struktur turapan jalanraya. Dengan yang demikian, jika berlaku sebarang perubahan pada subgred, maka keseluruhan turapan jalanraya juga akan berubah bentuk. Penstabilan subgred dapat dicapai melalui proses pemadatan ketika kandungan lembapan tanah bersesuaian. Jika pemadatan tidak dibuat dengan betul semasa pembinaan, maka lalulintas yang menggunakan jalanraya tersebut akan mengakibatkan pemadatan tambahan dan seterusnya menyebabkan kerosakkan pada turapan jalanraya tersebut.

Untuk menjamin keutuhan subgred, elakkan perubahan kandungan lembapannya dengan menyediakan satu sistem penyaliran untuk menghalang air permukaan dan bawah permukaan daripada meresap masuk ke subgred.

### **2.14.3 Penstabilan Tapak Jalan**

Tapak jalan merupakan struktur utama turapan dimana sokongan beban struktur turapan bergantung kepada kekuatannya. Walau bagaimanapun, jalanraya tanah mantap ini senang mengalami kegagalan iaitu apabila bahan mantap berpecah menjadi butiran yang bercerai-berai. Ianya juga boleh mengalami kerosakan akibat daripada kesan air melalui penjerapan rerambut (kerana tanah menyedut). Keadaan akan bertambah buruk lagi jika kandungan lembapan di bawah turapan meningkat. Selain daripada itu, kegagalan juga boleh berlaku kerana ketidakcukupan pemadatan dan pencampuran serta terpaksa menampung tegasan yang berlebihan oleh berat kenderaan. Penyeliaan yang kurang rapi juga merupakan salah satu faktor yang boleh menyebabkan kegagalan dan kerosakan jalanraya tanah mantap.

Oleh itu, teknik penstabilan tanah telah diperkenalkan pada lapisan ini supaya jalanraya dapat menahan perubahan lembapan dan bebanan lalulintas di atasnya tanpa menjejaskan prestasinya.

### **2.15 Kesimpulan**

Secara teorinya, penstabilan tanah merupakan kaedah mampatan tanah agar tanah menjadi lebih padat dan kukuh untuk menanggung beban-beban yang bakal dikenakan ke atasnya. Oleh yang demikian, sebelum kerja perancangan dan rekabentuk jalan raya dijalankan, kerja

peninjauan dan kerja penyiapan tapak mestilah dilakukan bagi menentukan struktur geologi dan ciri-ciri tapak jalanraya, jenis dan taburan bahan yang ada di sesebuah tapak bina.

Hak Milik MARA

### BAB III

## TEKNIK PENSTABILAN TANAH

### 3.1 Pendahuluan

Bab ini akan menjelaskan beberapa perkara yang utama dengan lebih jelas dan terperinci mengenai faktor-faktor pemilihan teknik-teknik penstabilan tanah, teknik-teknik penstabilan tanah yang digunakan dan seterusnya kepada bahan-bahan penstabil tanah yang digunakan di dalam pembinaan jalanraya di kawasan tanah gambut.

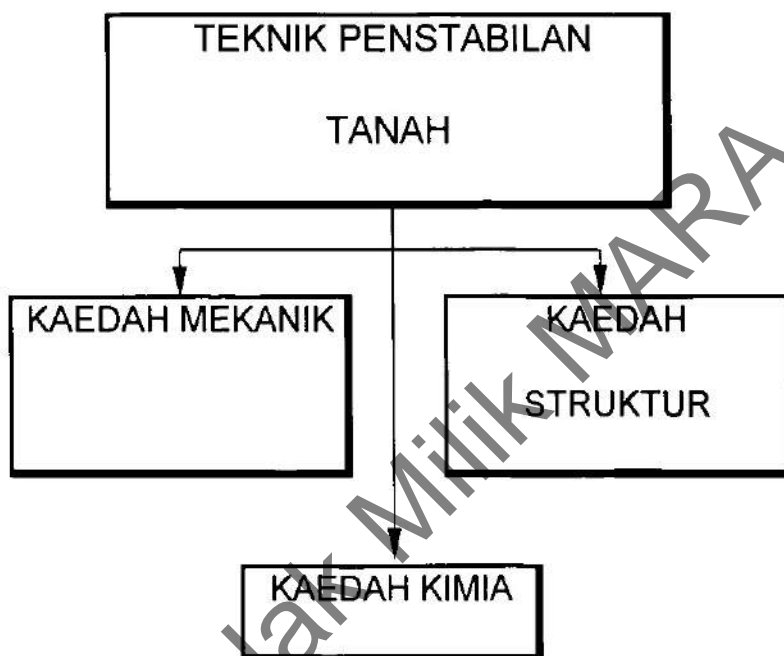
### 3.2 Faktor-Faktor Pemilihan Teknik Penstabilan Tanah

- 1) Tujuan kegunaan tanah.
- 2) Tahap baikpulih yang diperlukan dari segi keluasan, kedalaman, dan jumlah isipadu.
- 3) Jenis tanah dan sifat-sifatnya.
- 4) Bahan binaan yang sedia ada di tapak bina.
- 5) Keadaan persekitaran.
- 6) Pengalaman dan kemahiran.
- 7) Jangkamasa kaedah yang digunakan termasuk kos yang terlibat.



### 3.3 Teknik Penstabilan Tanah

Ada tiga kaedah/teknik penstabilan tanah yang biasa dilakukan untuk menstabilkan tanah yang tidak mantap/stabil sebelum sesuatu pembinaan dapat dijalankan di atas sesuatu tapak bina iaitu;



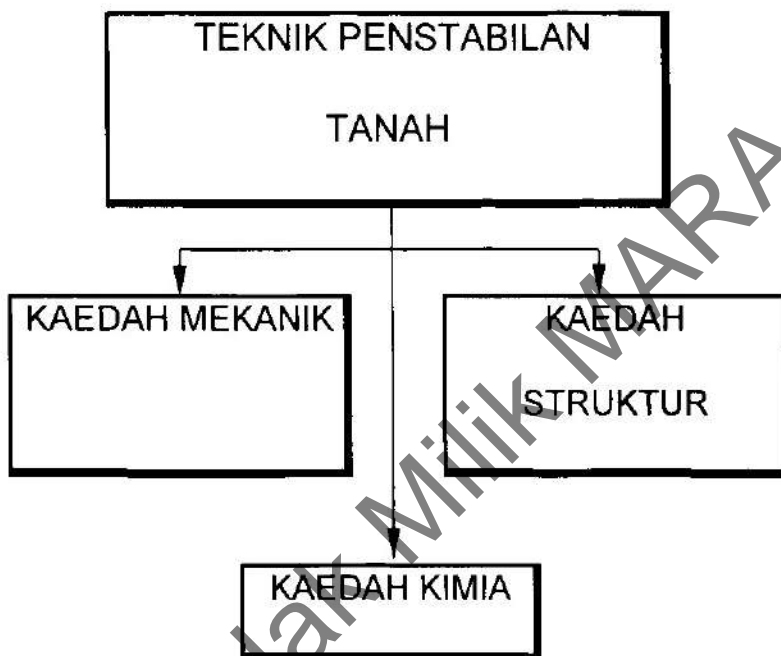
Rajah 4: Carta Teknik-Teknik Penstabilan Tanah

#### 3.3.1 Kaedah Penstabilan Mekanik

Penstabilan secara ini dapat dicapai melalui pemadatan dimana darjah kestabilan bergantung kepada sifat-sifat bahan tanah asal. Pemadatan dilakukan untuk meningkatkan beban unit sesuatu bahan melalui kaedah mekanik seperti menggelek ataupun menghentam. Oleh yang demikian, udara dalam rongga akan

### 3.3 Teknik Penstabilan Tanah

Ada tiga kaedah/teknik penstabilan tanah yang biasa dilakukan untuk menstabilkan tanah yang tidak mantap/stabil sebelum sesuatu pembinaan dapat dijalankan di atas sesuatu tapak bina iaitu;



Rajah 4: Carta Teknik-Teknik Penstabilan Tanah

#### 3.3.1 Kaedah Penstabilan Mekanik

Penstabilan secara ini dapat dicapai melalui pemadatan dimana darjah kestabilan bergantung kepada sifat-sifat bahan tanah asal. Pemadatan dilakukan untuk meningkatkan beban unit sesuatu bahan melalui kaedah mekanik seperti menggelek ataupun menghentam. Oleh yang demikian, udara dalam rongga akan

disingkirkan dan zarah tanah dipaksa menyusun dengan lebih rapat. Pemadatan dilakukan juga untuk mempertingkatkan kekuatan benteng dan subgrad jalanraya.

Objektif pemadatan adalah untuk mengurangkan kandungan air dan rongga udara daripada tanah dan seterusnya menurunkan nisbah rongga kepada yang paling kecil dikehendaki kerana faktor-faktor yang berikut;

- 1) Kekuatan ricih maksimum berlaku apabila nisbah rongga berada pada tahap minimum.
- 2) Penambahan air kepada bahan berbutir tak terikat boleh menyebabkan pencecairan.
- 3) Struktur setengah-setengah tanah laksana indung madu yang mempunyai ruang rongga yang luas. Tanah seperti ini cenderung runtuh. Kedatangan air akan mengurangkan daya antara butiran dan zarah tanah akan menggelongsor serta memasuki rongga-rongga kosong tadi. Pemadatan yang secukupnya tidak akan menyebabkan masalah enapan yang serius.
- 4) Pemadatan juga meningkatkan sudut rintangan ricih, daya menjeleket dan pekali pengukuhan tanah. Sebaliknya pemadatan menurunkan nilai pekali kebolehtelapan, keliangan, pekali pertukaran isipadu tanah dan kebolehmampatan.

### 3.3.2 Kaedah Penstabilan Struktur

Dalam kaedah ini, sebahagian besarnya melibatkan penyingkiran kandungan air dari dalam tanah dan kemudiannya tanah yang sedia ada itu ditambah dengan elemen-elemen lain seperti menggunakan lapisan 'geotextiles', saluran pasir, elektroosmosis, tambahan dan biasanya ia akan mengambil masa beberapa bulan sahaja. Tanah yang selesai mengempakan akan menjadi lebih kukuh dan sesuai digunakan untuk kerja-kerja pembinaan sebarang struktur di atasnya tanpa sebarang gangguan empakan.

#### 3.3.2.1 Saliran Pasir

Kadar pengukuhan tanah subgred dapat dipercepatkan dengan memendekkan jarak laluan saluran yang perlu ditempuh oleh air. Salah satu cara untuk mencapai matlamat ini ialah dengan membina saluran pasir kerana apabila menemui saluran pasir, air akan mengalir dengan disebabkan kebolehtelapan pasir yang lebih tinggi.

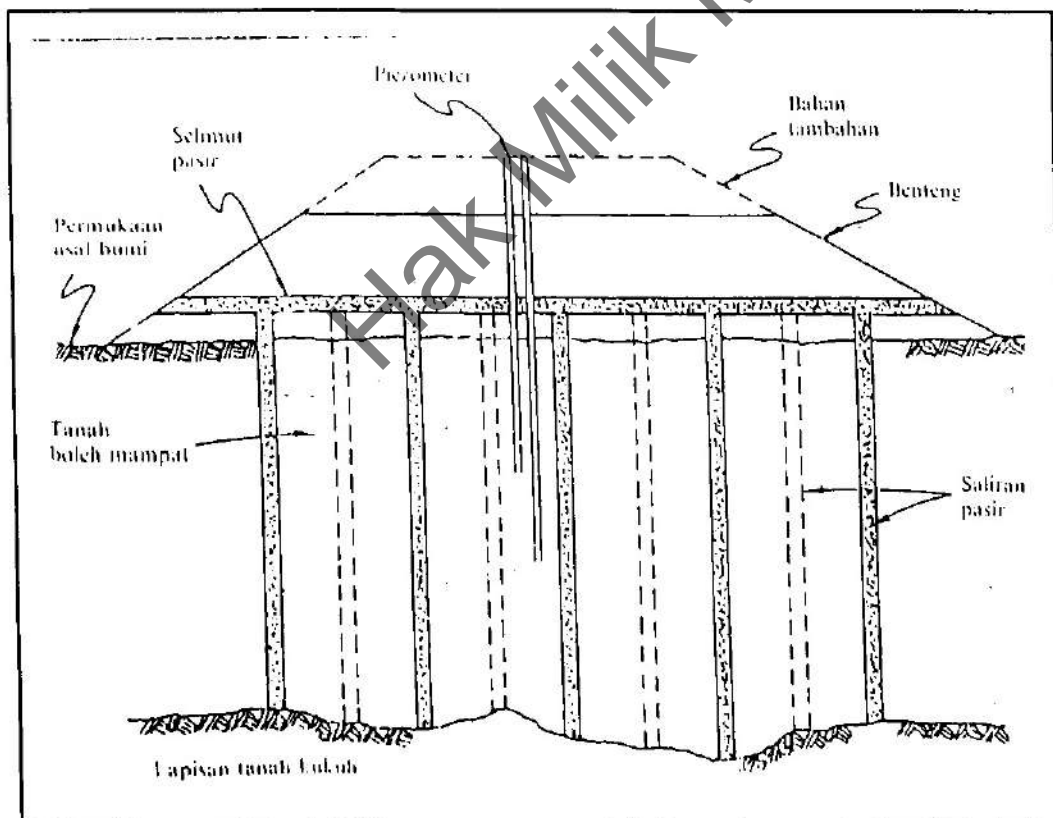
Saluran pasir itu dibina dengan mengorek lubang tegak menembusi lapisan benteng pertama, melalui tanah boleh mampat (subgred) sehingga menemui lapisan tanah kukuh.

Luas lubang saluran ini bergantung pada rekabentuk berkaitan yang pada umumnya dalam lingkungan 500 - 800 mm garispusat dan dalamnya diantara 10 - 20 m. Walau

bagaimanapun, jika kedalamannya kurang daripada 4 m maka penggunaan saluran pasir ini tidak ekonomi.

Setelah dikorek, lubang ini dipenuhi dengan pasir kasar yang bersih dan seragam. Di bahagian atas saluran pasir dan lapisan pembinaan permulaan dibina satu lapisan selimut pasir dengan menggunakan pasir yang sama setebal 0.75 - 1.5 m, diikuti dengan pembinaan benteng di atas lapisan selimut pasir tersebut. dan sekiranya perlu, tanah tambahan akan digunakan di atas benteng tersebut.

**Rujuk Rajah 5.**



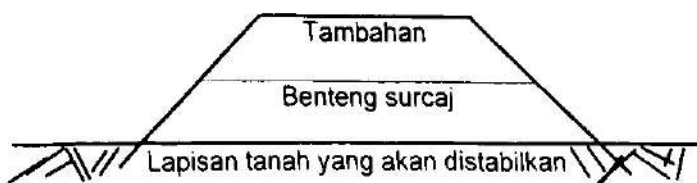
**Rajah 5: Kaedah Saliran Pasir tegak**

### 3.3.2.2 Tambahan (Surcharge)

Kaedah ini menggunakan tambahan beban ke atas tanah yang melebihi daripada yang akan terhasil daripada pembinaan sebenar. Ini bertujuan untuk meningkatkan kadar nyah air dan seterusnya kadar pengukuhan. Jika benteng yang diperlukan terlalu tinggi, keupayaan gelas bumi asal perlu ditingkatkan.

Langkah pertama yang perlu dilakukan ialah membina satu lapisan tanah tambak di atas tanah subgred yang lemah itu (untuk menanggung beban jentera pembinaan permulaan). Seterusnya, benteng dibina dan dipadatkan di atasnya selapis selapis sehingga keseluruhan tingginya menyamai jumlah enapan yang dijangkakan. Tambahan tanah lerai kemudiannya diletakkan di atas benteng itu untuk mempercepatkan pengeluaran air dari tanah boleh mampat dan seterusnya memadatkannya. Setelah enapan yang diinginkan tercapai, bahan tambahan itu dibuang dan pembinaan turapan jalan boleh dilakukan seperti biasa.

**Rujuk Rajah 6.**



**Rajah 6: Kaedah Tambahan menunjukkan lapisan tanah yang akan distabilkan**

### 3.3.3 Kaedah Penstabilan Kimia

Dalam kaedah ini, penstabilan tanah berlaku melalui pencampuran bahan-bahan kimia yang bertindak sebagai agen penstabil, zarah-zarah tanah diikat bersama sebagai hasil tindakbalas kimia. Penstabilan kimia untuk jalanraya merujuk pada rawatan tanah samada dengan menggunakan simen, kapur, bahan berbitumen, garam ataupun bahan-bahan kimia yang lain.

Walau bagaimanapun darjah kestabilan yang dicapai mungkin akan berbeza. Ini kerana tidak semua jenis tanah bertindak secara positif terhadap sesuatu kaedah penstabilan ataupun agen penstabil. Oleh itu, jurutera mesti terlebih dahulu membuat ujikaji di makmal bagi memastikan samada tanah akan bertindak balas secara positif setelah menerima rawatan. Setelah bahan penstabil dikenalpasti, keputusan harus dibuat samada untuk mencampurnya di tapak pembinaan atau di kilang.

### 3.4 Jenis-Jenis Bahan Penstabil Tanah

Berdasarkan daripada tinjauan, pemerhatian dan temubual penulis dengan pihak-pihak yang terlibat di dalam pembinaan jalanraya, penulis dapat menyenaraikan bahan-bahan penstabil tanah yang selalu digunakan untuk menstabilkan keadaan tanah yang tidak stabil / mantap sebelum sesuatu projek pembinaan jalanraya dapat dilaksanakan. Bahan-bahan penstabil tanah tersebut adalah seperti berikut;

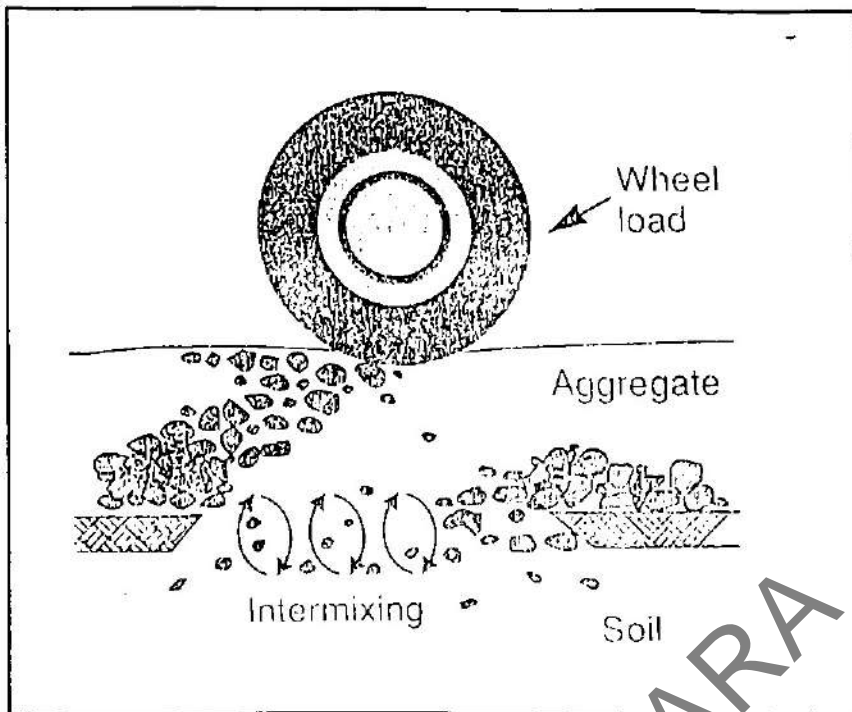
- i) 'Geotextiles'
- ii) 'Chemilink'
- iii) 'Malaysia Formula -52 Ionic Soil Solidifier' (MF-52 ISS)
- iv) Cerucuk
- v) Simen

#### 3.4.1 'Geotextiles'

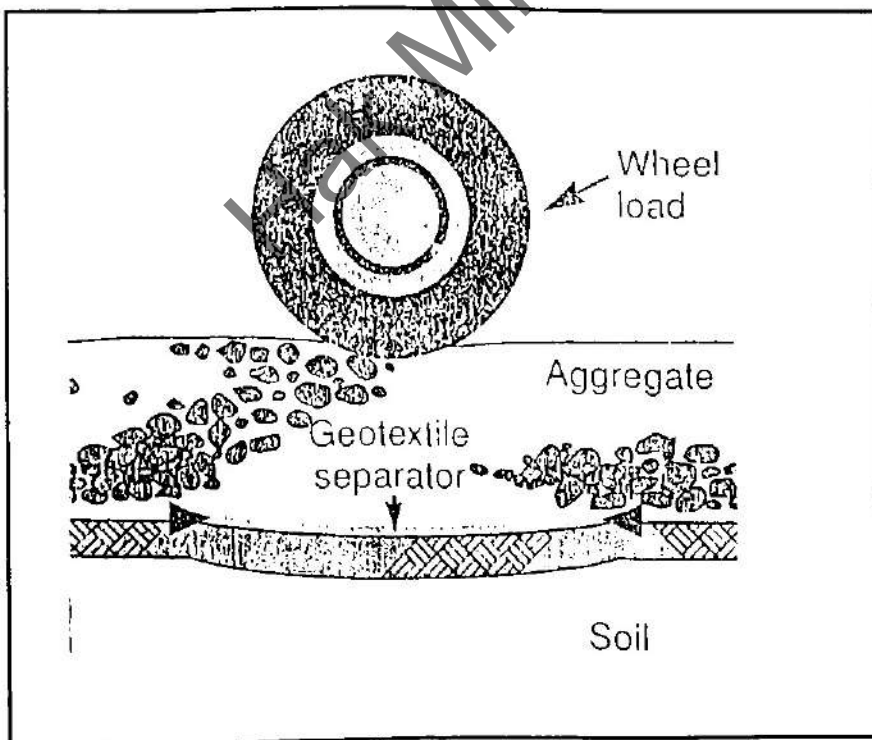
'Geotextiles' merupakan bahan penstabil tanah yang diperbuat daripada bahan polimer sintetik. Ianya boleh didapati dalam berbagai saiz dan bentuk. 'Geotextiles' bertindak sebagai agen pengasingan (separation), agen perlindungan (protection) dan juga sebagai agen penapisan (filtration).

Kaedah ini hampir menyamai kaedah saluran pasir tegak dari segi proses pembuangan air dari liang di dalam tanah boleh mampat. Apabila lapisan 'geotextiles' digunakan di dalam pembinaan jalanraya, ianya dapat mengelakkan pengasingan butiran tanah dan menjadikan tanah tersebut lebih kukuh. **Rujuk Gambarfoto 3 dan Gambarfoto 4.** Disamping itu, kaedah ini lebih ekonomi berbanding dengan kaedah cerucuk.





Gambarfoto 3: Jalanraya Tanpa 'Geotextiles'



Gambarfoto 4: Jalanraya Dengan 'Geotextiles'

Lapisan '*geotextiles*' juga bertindak sebagai agen untuk menstabilkan struktur tanah. Ianya banyak digunakan di dalam kerja-kerja;

- a) Penambakkan seperti Projek Pembesaran Lapangan Terbang Langkasuka di Kedah.
- b) Mengawal persisiran pantai/tebing seperti di Sungai Tebrau, Johor.
- c) Melindungi tanah yang lembut dan tidak padat seperti Projek Pembinaan Jalanraya Merumbuk di Beaufort, Sabah.
- d) Pembinaan Jalanraya dan landasan keretapi seperti Putrajaya-Cyberjaya Link dan juga Pulau Indah Rail Link, Kelang.
- e) Menutupi bekas lombong seperti Lebuhraya Ipoh - Lumut
- f) Rawatan sisa buangan seperti di Pusat Pembuangan Sisa di Bukit Nanas, Seremban, Negeri Sembilan.
- g) Tembok penahan di Pos Selim, Kuala Berang, Package 7B.

#### 3.4.1.1 Kaedah Pemasangan

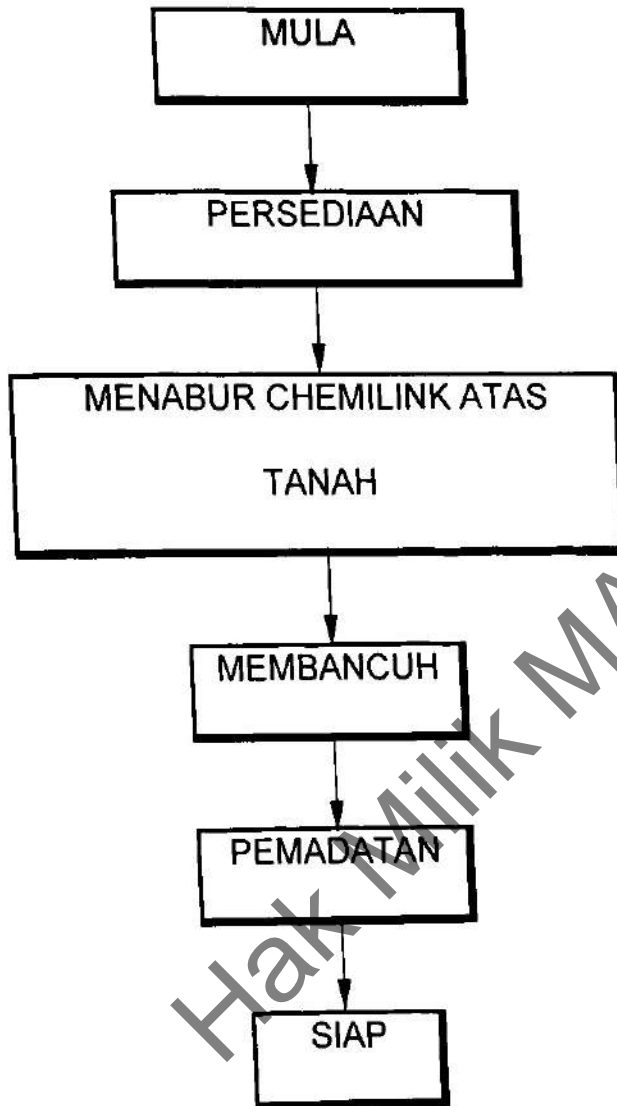
'*Geotextiles*' diletakan di atas lapisan subgred dengan tujuan untuk menstabilkan kawasan tapak bina yang lemah. Selepas itu, '*crusher run*' diletakkan di atasnya dan pemadatan dilakukan dengan menggunakan jentera pemadat. Kemudian ianya ditutupi dengan '*binder course*' dan '*wearing course*'.

### 3.4.2 'Chemilink'

Produk 'Chemilink' telah diperkenalkan oleh INSTEK HOLDING PTE LTD dan ia merupakan suatu bahan bukan organik serta boleh didapati dalam bentuk serbuk halus. Produk 'Chemilink' berfungsi untuk menambah daya penyerapan untuk beberapa jenis tanah tanih dan menambah daya ketahanan tapak asas (seperti BaseCourse dan Sub Base) dan seterusnya menstabilkan benteng.

Disamping itu juga, produk 'Chemilink' juga dapat mengurangkan kemungkinan terjadinya pengembangan, pengecutan, hakisan dan pemendapan tanah. Disamping itu, produk ini juga dapat memanjangkan tempoh hayat dan ketahanan tapak yang telah dirawat. Produk 'Chemilink' telah digunakan dengan jayanya di semua negara-negara ASEAN untuk tanah tanih dari jenis tanah residual, tanah liat dan tanah berpasir. Disamping itu tanah tanih yang telah distabilkan dengan produk 'Chemilink' mampu menanggung beban trafik sehingga 30 tan atau lebih pada satu-satu masa.

## 3.4.2.1 Kaedah Pemasangan



Rajah 7: Carta Aliran Pemasangan 'Chemilink'

### **3.4.3 Malaysia Formula -52 Ionic Soil Solidifier (MF-52 ISS)**

Malaysia Formula -52 Ionic Soil Solidifier (MF-52 ISS) telah diperkenalkan oleh HIGHWAYS INNOVATIVE TECHNOLOGIES SDN BHD (HITEC), dimana ianya merupakan sejenis bahan yang boleh larut di dalam air. Ianya direka untuk mengubah sifat-sifat tanah supaya tidak berkeupayaan untuk menyerap lebih banyak air.

Disamping itu, ia juga mengubah sifat-sifat kimia dan fizikal tanah, meningkatkan ketumpatan dan kekuatan tanah dengan mengeluarkan kandungan air yang ada di dalam partikel-partikel tanah.

MF-52 ISS juga digunakan untuk merawat subgred agar menjadi lebih kukuh dan boleh digunakan sebagai subtapak. Subgred yang telah dirawat dengan MF-52 ISS akan mencapai sekurang-kurangnya 50 % kekuatan CBR (California Bearing Ratio) dan ianya sesuai digunakan untuk kerja-kerja pembinaan jalanraya samada jalanraya yang baru di kawasan bandar dan juga kampung.

MF-52 ISS juga sesuai digunakan di dalam pembinaan jalanraya tanah mantap di kawasan-kawasan pendalaman yang terpencil. Dengan menggunakan MF-52 ISS, kos pembinaan dapat dikurangkan dan hayat penggunaan jalanraya tersebut juga akan lebih tahan lama.

### **3.4.3 Malaysia Formula -52 Ionic Soil Solidifier (MF-52 ISS)**

Malaysia Formula -52 Ionic Soil Solidifier (MF-52 ISS) telah diperkenalkan oleh HIGHWAYS INNOVATIVE TECHNOLOGIES SDN BHD (HITEC), dimana ianya merupakan sejenis bahan yang boleh larut di dalam air. Ianya direka untuk mengubah sifat-sifat tanah supaya tidak berkeupayaan untuk menyerap lebih banyak air.

Disamping itu, ia juga mengubah sifat-sifat kimia dan fizikal tanah, meningkatkan ketumpatan dan kekuatan tanah dengan mengeluarkan kandungan air yang ada di dalam partikel-partikel tanah.

MF-52 ISS juga digunakan untuk merawat subgred agar menjadi lebih kukuh dan boleh digunakan sebagai subtapak. Subgred yang telah dirawat dengan MF-52 ISS akan mencapai sekurang-kurangnya 50 % kekuatan CBR (California Bearing Ratio) dan ianya sesuai digunakan untuk kerja-kerja pembinaan jalanraya samada jalanraya yang baru di kawasan bandar dan juga kampung.

MF-52 ISS juga sesuai digunakan di dalam pembinaan jalanraya tanah mantap di kawasan-kawasan pendalaman yang terpencil. Dengan menggunakan MF-52 ISS, kos pembinaan dapat dikurangkan dan hayat penggunaan jalanraya tersebut juga akan lebih tahan lama.

### **3.4.3 Malaysia Formula -52 Ionic Soil Solidifier (MF-52 ISS)**

Malaysia Formula -52 Ionic Soil Solidifier (MF-52 ISS) telah diperkenalkan oleh HIGHWAYS INNOVATIVE TECHNOLOGIES SDN BHD (HITEC), dimana ianya merupakan sejenis bahan yang boleh larut di dalam air. Ianya direka untuk mengubah sifat-sifat tanah supaya tidak berkeupayaan untuk menyerap lebih banyak air.

Disamping itu, ia juga mengubah sifat-sifat kimia dan fizikal tanah, meningkatkan ketumpatan dan kekuatan tanah dengan mengeluarkan kandungan air yang ada di dalam partikel-partikel tanah.

MF-52 ISS juga digunakan untuk merawat subgred agar menjadi lebih kukuh dan boleh digunakan sebagai subtapak. Subgred yang telah dirawat dengan MF-52 ISS akan mencapai sekurang-kurangnya 50 % kekuatan CBR (California Bearing Ratio) dan ianya sesuai digunakan untuk kerja-kerja pembinaan jalanraya samada jalanraya yang baru di kawasan bandar dan juga kampung.

MF-52 ISS juga sesuai digunakan di dalam pembinaan jalanraya tanah mantap di kawasan-kawasan pendalaman yang terpencil. Dengan menggunakan MF-52 ISS, kos pembinaan dapat dikurangkan dan hayat penggunaan jalanraya tersebut juga akan lebih tahan lama.

#### 3.4.3.1 Kaedah Pemasangan

Sebelum bahan penstabil tanah jenis MF-52 ISS digunakan, tanah di bahagian atas sesuatu tapak projek pembinaan jalanraya ditolak dengan menggunakan 'motor grader'. **Lihat Gambarfoto 5.**

Selepas itu, MF-52 ISS disembur ke atas permukaan tanah tersebut dengan menggunakan 'water tanker'. **Lihat Gambarfoto 6.**

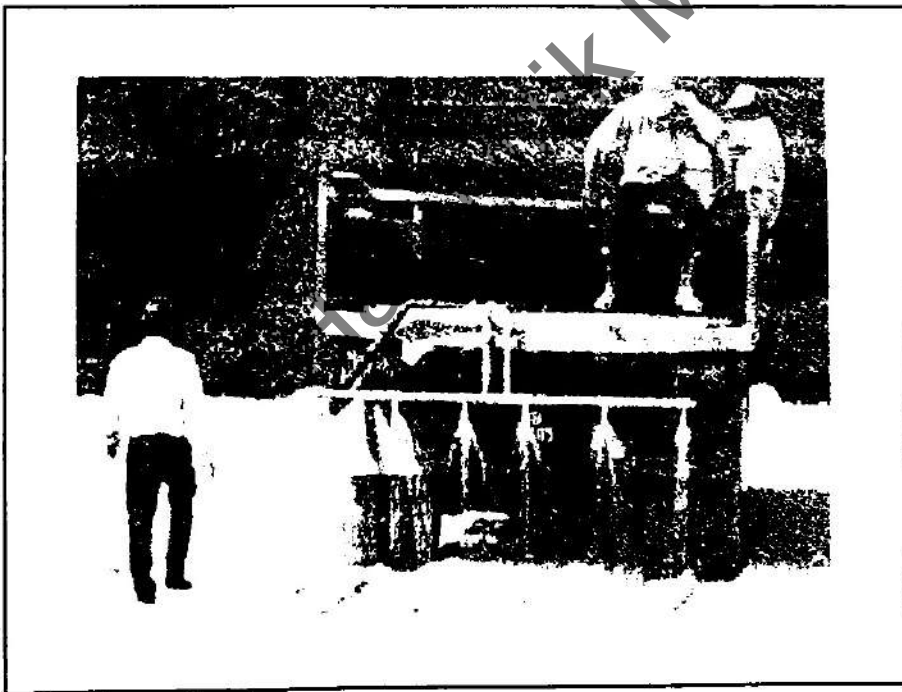
**Gambarfoto 7** pula menunjukkan kerja-kerja penggaulan tanah dilakukan dengan menggunakan 'rotorvator' supaya bahan penstabil dan tanah bercampur dan dapat membentuk satu sebatian yang rata.

**Gambarfoto 8** pula menunjukkan kerja-kerja pemadatan dilakukan seperti biasa dengan menggunakan 'roller compactor'.

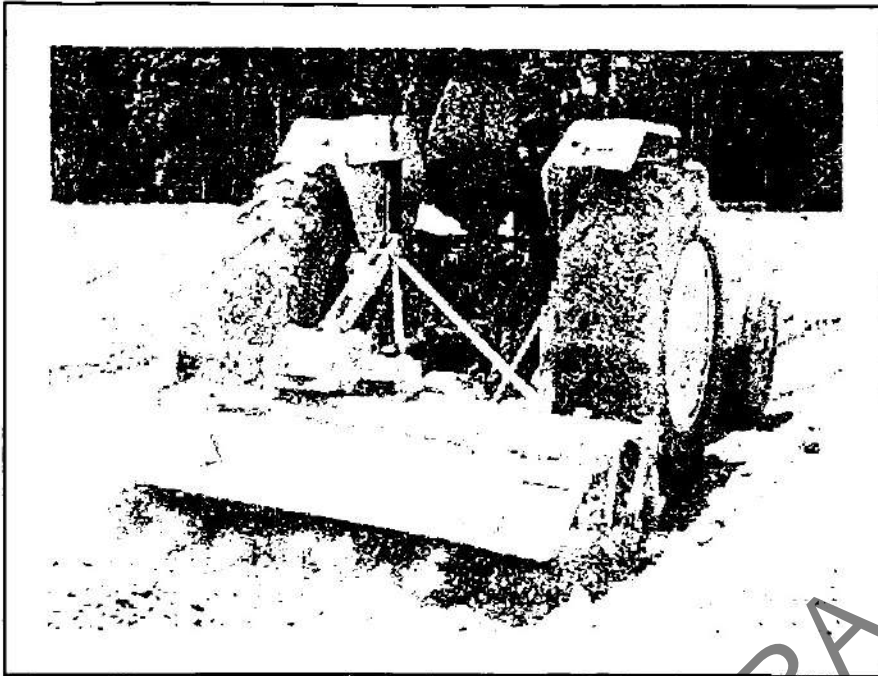




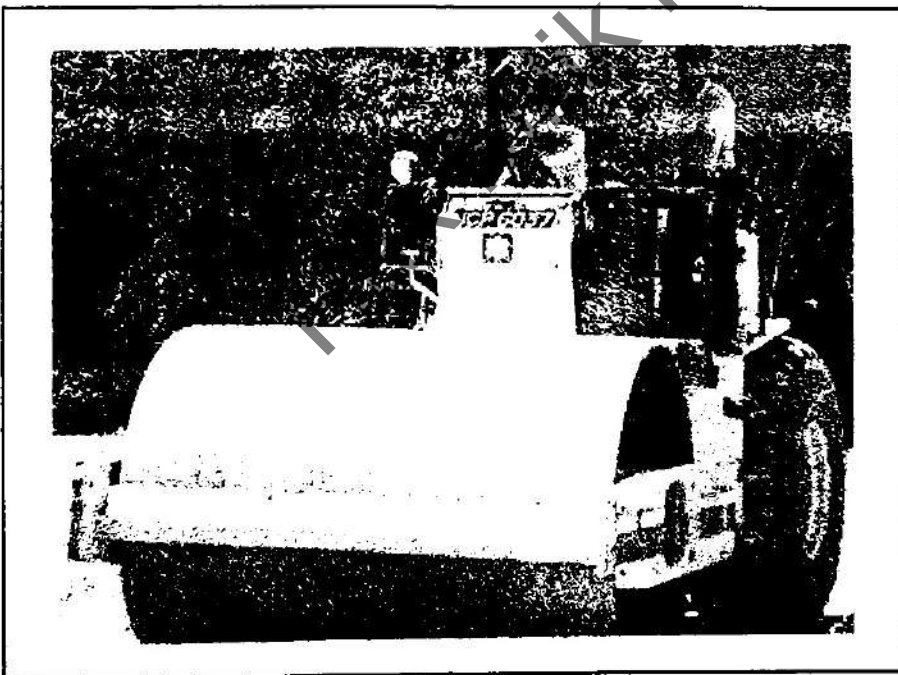
Gambarfoto 5: Tanah atas ditolak dengan 'motor grader'



Gambarfoto 6: 'Water tanker' digunakan untuk menyemburkan MF-52 ISS



Gambarfoto 7: Tanah digaulkan dengan menggunakan 'rotorvator' agar rata

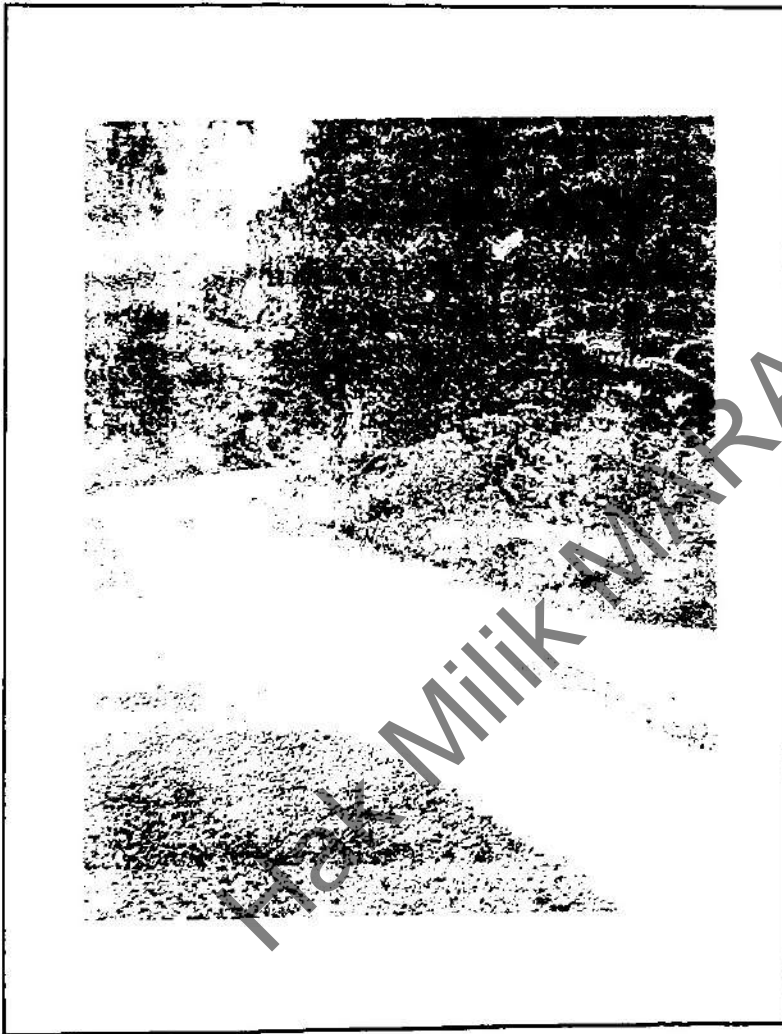


Gambarfoto 8: Pemadatan dengan menggunakan 'roller compactor'

Gambarfoto 9 dan Gambarfoto 10 menunjukkan perbezaan permukaan jalanraya tanah mantap yang telah dibina dengan mencampurkan MF-52 ISS oleh pihak HITEC di bawah pengawasan JKR.



**Gambarfoto 9: Jalanraya yang tidak mantap / stabil**



**Gambarfoto 10: Jalanraya yang distabilkan dengan MF-52 tonic Soil Stabiliser**

Berdasarkan kepada hasil ujian yang telah dijalankan oleh Institut Kerja Raya Malaysia (IKRAM) selama 9 bulan selepas menggunakan bahan penstabil kaedah kimia ini, di dapati kekuatan tanah telah meningkat sebanyak 200 % kepada CBR berbanding dengan lain-lain jenis bahan kimia yang telah digunakan di beberapa buah negara lain.

**Rujuk Jadual 3.1.**

Penggunaan bahan penstabil tanah kaedah kimia juga dapat meningkatkan kekuatan tanah, ketumpatan serta kemampatan tanah dan ianya juga menurunkan kandungan lembapan dalam tanah, mengurangkan kadar pengecutan dan kebolehtelapan tanah.

Bahan Penstabil Tanah Kaedah Kimia	Kekuatan Tanah (% CBR)		
	Sebelum	9 Bulan	% Meningkatkan
PZ (USA)	33	52	58
CA (South Africa)	20	35	75
CO (Australia)	24	51	113
Chemilink & MF-52 ISS (Malaysia)	15	45	200

**Jadual 3.1: Peningkatan Kekuatan Tanah**

#### 3.4.4 Cerucuk

Walaupun cerucuk merupakan pilihan yang berkos tinggi, ianya masih lagi digunakan di dalam kerja-kerja pembinaan jalanraya. Ini adalah kerana adanya bangunan di atas tanah lembut yang berdekatan dengan jalanraya yang akan dibina ataupun terdapatnya kemudahan umum yang tertanam di dalam tanah yang berhampiran yang akan menghadkan pergerakan tanah subgred itu.

Cerucuk digunakan untuk memindahkan beban jalanraya dan kenderaan di atasnya kepada lapisan tanah kukuh di bawah tanah subgred boleh mampat. Disamping itu, cerucuk juga digunakan apabila bahan tanah tambak yang sesuai di tapak pembinaan dan sekitarnya tidak mencukupi.

#### 3.4.5 Simen

Tanah yang distabilkan dengan simen (dikenali sebagai tanah simen) dapat diubahsuai sebagai bahan turapan jalanraya. Simen diperkenalkan di dalam industri binaan jalanraya sebagai salah satu usaha untuk mengurangkan kos dengan memanfaatkan tanah di tapak bina.

Kaedah ini digunakan di dalam pembinaan jalanraya dengan mencampurkan simen 'Portland' biasa (Ordinary Portland Cement) kepada tanah untuk meningkatkan kekuatan dan rintangannya apabila tanah tidak mampu untuk menanggung beban yang dikenakan ke atasnya. Tindakbalas simen dengan air akan

menghasilkan adunan yang menjadi gam tak organik untuk mengikat zarah-zarah tanah untuk meningkatkan kekuatan.

Bila simen dicampurkan dengan tanah, ia akan meningkatkan kekuatan tindakbalas penyimenan. Kekuatan tanah meningkat bukan sahaja disebabkan oleh peningkatan kuantiti simen tetapi juga berdasarkan kepada peningkatan kadar mampatan. Ini adalah kerana simen meningkatkan purata saiz partikel tanah lantas memberinya ciri-ciri yang baru.

Jumlah simen yang digunakan adalah sedikit, lebih kurang 10 % dan mesin digunakan untuk mencampurkan simen dengan tanah sehingga ke dalaman 245 mm. Nisbah simen yang diperlukan adalah dipengaruhi oleh kekuatan tanah dan ujian pemampatan.

Untuk mendapatkan kekuatan yang setara, lebih banyak simen diperlukan pada tanah halus. Ini kerana terdapat lebih banyak permukaan partikel yang harus diliputi untuk menyediakan penyimenan pada titik-titik sentuhan. Walau bagaimanapun penstabilan jenis ini adalah tidak efektif untuk tanah organik dan tanah liat.

#### 3.4.5.1 *Kesan Bahan Tambah Ke Atas Tanah Simen*

Disebabkan saiz zarah tanah berbutir halus dan terlalu kecil, maka beberapa jenis bahan tambah telah digunakan bersama-sama dengan simen untuk meningkatkan prestasi tanah. Bahan-bahan tersebut adalah;

- 1) Natrium Klorida - mengurangkan pengecutan tanah. <sup>(3)</sup>
- 2) Kalsium Klorida - mempercepatkan kadar pengerasan. <sup>(4)</sup>
- 3) Natrium Sulfat - menstabilkan tanah organik berasid. <sup>(5)</sup>
- 4) Natrium Metasilikat - kurangkan kesan serangan sulfat. <sup>(6)</sup>
- 5) Kapur - menstabilkan tanah liat

### 3.5 Kesimpulan

Adalah diharapkan dengan adanya teknik penstabilan dan bahan penstabil tanah ini, maka pembinaan jalanraya untuk kegunaan lalulintas kenderaan dan keperluan kecemasan lain masih dapat dibina walaupun kawasan tersebut terdiri daripada tanah yang tidak stabil. Disamping itu, dengan menggunakan bahan-bahan penstabil tanah ini akan dapat menjimatkan masa pembinaan kerana tanah yang telah distabilkan boleh dijadikan bahan subtapak turapan jalanraya yang utama bagi menggantikan bahan berkualiti tinggi yang sukar didapati.



## BAB IV

### ANALISIS PERBANDINGAN

#### 4.1 Pendahuluan

Bab ini akan menerangkan dengan lebih jelas perbandingan diantara penggunaan bahan penstabil tanah kaedah kimia dengan kaedah struktur di dalam pembinaan jalanraya supaya dapat membuat kesimpulan yang mana lebih sesuai digunakan dalam kerja-kerja pembinaan jalanraya di kawasan tanah gambut.

Bagi mengetahui keberkesanan penggunaan bahan penstabil tanah di dalam pembinaan jalanraya, satu siri temubual telah diajukan kepada responden daripada Jabatan Kerja Raya, pemaju-pemaju dan kontraktor-kontraktor yang terlibat dengan pembinaan jalanraya termasuklah pembekal-pembekal bahan penstabil tanah dan tidak ketinggalan pensyarah-pensyarah yang berkaitan. Disamping itu, satu soal selidik yang khusus juga telah diajukan kepada 10 orang jurutera yang mewakili pihak klien dan yang terlibat secara langsung dengan pembinaan jalanraya bermula daripada perancangan tapak sehinggalah kepada pemilihan kaedah penstabilan tanah yang hendak digunakan dan juga pemilihan bahan penstabil tanah yang sesuai digunakan bagi tapak-tapak pembinaan jalanraya.

**Rujuk Lampiran B.**

#### 4.2 Analisis Penyelidikan

Terdapat 8 (lapan) perkara yang telah diajukan kepada responden oleh penulis. Perkara-perkara ini adalah penting sebelum sesuatu kerja pembinaan jalanraya dapat dilaksanakan. Perkara-perkara tersebut adalah seperti berikut;

- 1) Perancangan tapak pembinaan jalanraya.
- 2) Masalah berkaitan dengan perancangan tapak pembinaan jalanraya.
- 3) Teknik penstabilan tanah yang digunakan.
- 4) Kriteria pemilihan kaedah penstabilan tanah.
- 5) Langkah-langkah untuk mengatasi masalah enapan.
- 6) Jenis-jenis bahan penstabil tanah yang digunakan.
- 7) Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan bahan penstabil tanah.
- 8) Cadangan untuk memajukan tanah yang tidak stabil.

Berikut adalah hasil analisis berkaitan dengan perkara-perkara di atas yang telah penulis dapati hasil daripada temubual dan soal selidik dengan semua responden yang berkenaan.

**Analisis 1: (Soalan 3)***Perancangan tapak pembinaan jalanraya*

No	Perkara	Bil. Responden	Peratus %
1.	Penyiasatan tanah	10	100
2.	Penyiasatan tapak	9	90
3.	Rekabentuk jalanraya	8	80
4.	Kos (budget)	6	60

**Jadual 4.1**

**Jadual 4.1** menunjukkan kesemua responden (10 orang) bersetuju mengatakan bahawa penyiasatan tanah mestilah dibuat terlebih dahulu semasa perancangan tapak pembinaan jalanraya dirancang. Disamping itu, 9 orang daripada 10 orang responden juga mengatakan penyiasatan tapak perlu dilakukan juga. Rekabentuk jalanraya juga dikatakan memainkan peranan penting semasa perancangan tapak pembinaan jalanraya dan ini dipersetujui oleh 8 orang responden. Berdasarkan kepada faktor-faktor yang telah diberikan oleh responden berkenaan menunjukkan bahawa penyiasatan tanah adalah penting untuk menentukan ciri-ciri dan sifat-sifat tanah pada sesuatu lokasi, dimana dengan sendirinya nanti akan menentukan jumlah kos yang disediakan oleh pihak berkenaan itu mencukupi ataupun tidak.

**Analisis 2: (Soalan 4)**

Masalah berkaitan dengan perancangan tapak pembinaan jalanraya.

No	Masalah dihadapi	Bil. Responden	Peratus %
1.	Masa	9	90
2.	Kos (budget)	9	90
3.	Ketepatan data yang diperolehi	8	80
4.	Tenaga manusia	6	60

**Jadual 4.2**

**Jadual 4.2**, menunjukkan 90 % daripada responden mengatakan mereka menghadapi masalah semasa membuat penyelidikan tanah dan tapak kerana jangkamasa yang diberikan oleh klien adalah pendek. Disamping itu, jumlah kos yang disediakan untuk mengendalikan kerja-kerja penyiasatan tanah dan tapak juga agak terhad. Sementara itu, 8 orang daripada responden itu mengatakan kesukaran untuk mendapatkan ketepatan data juga sering menimbulkan masalah. Kekurangan tenaga kerja untuk menjalankan penyelidikan tanah juga menyebabkan pihak kontraktor tidak begitu mengambil berat tentang penyelidikan tanah semasa perancangan tapak pembinaan jalanraya.

**Analisis 3: (Soalan 5)***Teknik penstabilan tanah*

No	Teknik-Teknik	Bil. Responden	Peratus %
1.	Penstabilan mekanikal	3	30
2.	Penstabilan struktur	5	50
3.	Penstabilan kimia	2	20

**Jadual 4.3**

Dalam **Jadual 4.3**, seramai 50 % daripada responden bersetuju mengatakan bahawa kaedah penstabilan struktur lebih kerap digunakan di dalam kerja-kerja pembinaan jalanraya berbanding dengan kaedah mekanikal dan kaedah kimia.

Ini adalah kerana kaedah struktur contohnya kaedah tambahan (surcharge) telah digunakan sejak lama dahulu, berbanding dengan kaedah kimia yang masih baru.

**Analisis 4: (Soalan 5)***Kriteria pemilihan kaedah penstabilan tanah*

No	Kriteria pemilihan	Bil. Responden	Peratus %
1.	Jenis tanah	9	90
2.	Kandungan lembapan	4	40
3.	Masa	9	90
4.	Kos	8	80

**Jadual 4.4**

**Jadual 4.4**, menunjukkan bahawa 90 % daripada responden mengatakan jenis tanah di sesuatu tapak pembinaan dan masa merupakan dua kriteria yang penting sewaktu pemilihan kaedah penstabilan yang hendak digunakan.

Disamping itu, kandungan lembapan di dalam tanah juga merupakan salah satu faktor yang akan mempengaruhi pemilihan kaedah penstabilan yang hendak digunakan. Ini kerana penggunaan bahan binaan yang sedia ada di tapak bina sebagai agen penstabilan akan dapat menjimatkan kos kerja-kerja penstabilan tanah.

**Analisis 5: (Soalan 8)**

*Langkah untuk mengatasi masalah enapan.*

No	Langkah-langkah	Bil. Responden	Peratus %
1.	Mengadakan pemeriksaan berkala	6	60
2.	Mengadakan ujian pepadatan dan CBR semasa kerja-kerja tambakan	8	80
3.	Menstabilkan asas tanah	8	80
4.	Merekabentuk semula geometri jalanraya	4	40

**Jadual 4.5**

Berdasarkan kepada **Jadual 4.5**, seramai 80 % daripada responden mengatakan ujian pepadatan (compaction test) dan CBR (California Bearing Test) mesti dilakukan semasa membuat kerja-kerja tambakan untuk menstabilkan asas tanah.

**Analisis 6: (Soalan 5)**

*Bahan-bahan penstabil tanah yang selalu digunakan;*

No	Bahan	Bil. Responden	Peratus %
1.	'Geotextiles'	8	80
2.	Bahan kimia	5	50
3.	Tambahan (surcharge)	7	70
4.	Simen	7	70
5.	Cerucuk	3	30

**Jadual 4.6**

**Jadual 4.6**, menunjukkan 80 % daripada jumlah responden mengatakan bahawa penggunaan 'geotextiles' adalah lebih sesuai digunakan untuk kerja-kerja penstabilan tanah sebelum sesesuai pembinaan jalan dilaksanakan. Ini adalah kerana ianya mudah digunakan, mengambil masa pembinaan (perletakkan 'geotextiles') yang cepat dan lebih ekonomi berbanding dengan cerucuk.



**Analisis 7: (Soalan 6)**

*Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan bahan penstabil tanah*

No	Faktor-faktor mempengaruhi	Bil. Responden	Peratus %
1.	Sifat-sifat tanah	9	90
2.	Rekabentuk geometri jalanraya	7	70
3.	Masa pembinaan	8	80
4.	Kos	8	80

**Jadual 4.7**

Walaupun faktor-faktor lain seperti masa pembinaan dan kos juga diambilkira sebagai faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan bahan penstabil tanah yang hendak digunakan, tetapi berdasarkan kepada temubual yang telah diadakan menunjukkan 90 % daripada responden menyatakan sifat-sifat tanah adalah paling banyak mempengaruhi pemilihan bahan penstabil tanah yang hendak digunakan.

**Analisis 8: (Soalan 7)**

*Cadangan memajukan tanah yang tidak stabil.*

No	Cadangan	Bil. Responden	Peratus %
1.	Gunakan 'geotextiles'	8	80
2.	Gunakan cerucuk	4	40
3.	Gunakan saliran pasir tegak	6	60
4.	Elakkan	7	70
5.	Gunakan bahan kimia ('Chemilink' ataupun 'MF-52 ISS')	5	50

**Jadual 4.8**

Berdasarkan kepada **Jadual 4.8**, cadangan penggunaan 'geotextiles' lebih mendapat respon daripada responden dimana sebanyak 80 % daripada jumlah responden telah mencadangkan penggunaan 'geotextiles' untuk menstabilkan tanah yang tidak stabil.

### **4.3 Keputusan Analisis**

Hasil daripada analisis yang telah dibuat, penulis mendapati responden lebih berminat untuk menggunakan 'geotextiles' sebagai bahan penstabil tanah berbanding dengan bahan-bahan penstabil tanah yang lain. Ini mungkin disebabkan oleh pendedahan yang meluas oleh pihak

pembekal bahan-bahan penstabil tanah dari jenis 'geotextiles' kepada responden-responden yang terlibat di dalam pembinaan jalanraya di kawasan tanah tidak stabil terutamanya di kawasan tanah gambut.

Walaupun bagaimanapun, penulis mendapati ada juga responden yang telah menggunakan bahan penstabil tanah dari jenis kimia seperti *MF-52* *ISS* dan 'Chemilink' untuk menstabilkan tapak pembinaan mereka sebagai langkah permulaan. Berdasarkan kepada ini, penulis telah membuat perbandingan kesesuaian penggunaan bahan penstabil kaedah struktur dengan kaedah kimia di dalam kerja-kerja pembinaan jalanraya di kawasan tanah gambut.

#### **4.4 Perbandingan penggunaan bahan penstabil tanah kaedah kimia dengan kaedah struktur**

Berdasarkan kepada kajian yang telah dibuat ke atas projek pembinaan jalan persekutuan di Jalan Parit Hj. Ismail, Simpang Renggam, Jalan Parit Makasar, Jalan Parit Madirono serta kerja-kerja penstabilan tanah di Daerah Pontian adalah mengenai perbandingan penggunaan bahan penstabil tanah kaedah struktur dengan kaedah kimia yang meliputi tentang lama masa yang diambil untuk kerja-kerja pembinaan, hayat ketahanannya dan juga kos yang terlibat. Matlamat ini adalah untuk melihat dengan jelas perbezaan keberkesanan penggunaan bahan penstabil tanah di kawasan tanah gambut agar dapat membantu membuat kesimpulan samada kaedah struktur lebih berkesan daripada kaedah kimia ataupun sebaliknya.

#### 4.4.1 Lapuran Ringkas Kontrak Kerja

##### (A) Kaedah Struktur (Cerucuk)

###### l) Maklumat Kerja

Lokasi	= Jalan Parit Hj Ismail
Panjang Jalan	= 200 meter
Kos Kontrak	= RM 3,543,196.60
Masa Pembinaan	= 11 Bulan

##### (B) Kaedah Struktur ('Geotextiles')

###### l) Maklumat Kerja

Lokasi	= Jalan Parit Makasar
Panjang Jalan	= 12.2 km
Kos Kontrak	= RM 14,889,641.96
Masa Pembinaan	= 18 Bulan

##### (C) Kaedah Kimia (Chemilink)

###### l) Maklumat Kerja

Lokasi	= Jalan Parit Madirono
Panjang Jalan	= 3.6 km
Kos Kontrak	= RM 3,826,652.33
Masa Pembinaan	= 6 Bulan

#### 4.4.2 Analisis Penyelidikan Kaedah Struktur

Daripada lapuran ringkas kontrak kerja, didapati penggunaan kaedah struktur dari jenis cerucuk dan 'geotextiles' dalam kerja-kerja pembinaan jalanraya mengambil masa yang lebih lama untuk disiapkan berbanding dengan pembinaan jalanraya yang menggunakan 'Chemilink'. Disamping itu, ia juga melibatkan kos yang lebih mahal iaitu RM 1220.46 bagi setiap 1 (satu) meter panjang jalanraya yang dibina dengan menggunakan 'geotextiles'.

'Geotextiles' tidak begitu ekonomik untuk digunakan di dalam kerja-kerja pembinaan jalanraya di kawasan tanah gambut kerana tanah di kawasan tersebut senang memberi di bahagian tepi jalan dan akhirnya dua atau tiga bulan selepas siap enapan akan berlaku sebagaimana yang telah berlaku di dalam pembinaan jalanraya Parit Hj Ismail, Simpang Renggam iaitu sebelum ianya digantikan dengan penggunaan cerucuk (kaedah yang terakhir). Penggunaan 'geotextiles' juga melibatkan kos yang lebih mahal kerana ianya diimport daripada United Kingdom seperti yang telah digunakan di dalam pembinaan jalanraya di Parit Makasar.

Walau bagaimanapun, 'geotextiles' adalah sesuai digunakan dalam kerja-kerja pembinaan untuk perlindungan marina (marine defence), pengawalan hakisan pantai (erosion control), tembok penahan (reinforced slope & wall) untuk mengelakkan tanah runtuh di sepanjang lebuhraya ataupun jalanraya dan sebagainya.

'Geotextiles' juga telah digunakan dengan jayanya di dalam

pembinaan 'Changi Airport Runaway 3', Singapura, 'NS Central Link', Sepang, Teluk Intan 'Bridge Approach Reinforced Embankment', Perak dan juga 'Pedu Lake Slope Repair Work'.

#### **4.4.3 Analisis Penyelidikan Kaedah Kimia**

Daripada kajian yang telah dijalankan, penulis mendapati bahawa penggunaan bahan penstabil tanah secara kaedah kimia adalah lebih murah dimana, bagi setiap 600 meter panjang jalanraya yang dibina hanya mengambil masa selama 1 (satu) bulan sahaja dengan kos sebanyak RM 63,774.00 berbanding dengan penstabilan tanah secara kaedah struktur yang menggunakan cerucuk yang mengambil masa 1 (satu) bulan untuk menyiapkan 18.19 meter dengan kos sebanyak RM 322,253.68. Manakala penstabilan tanah dengan menggunakan 'geotextiles' boleh disiapkan sepanjang 677.78 meter dalam masa 1 (satu) bulan dengan kos sebanyak RM 827,203.38.

Berdasarkan kepada kajian yang telah dijalankan, penulis mendapati penggunaan bahan penstabil tanah kaedah kimia jenis 'Chemilink' mempunyai banyak kelebihan berbanding jika menggunakan bahan penstabil tanah kaedah struktur jenis 'Geotextiles'. Rujuk Lampiran D.

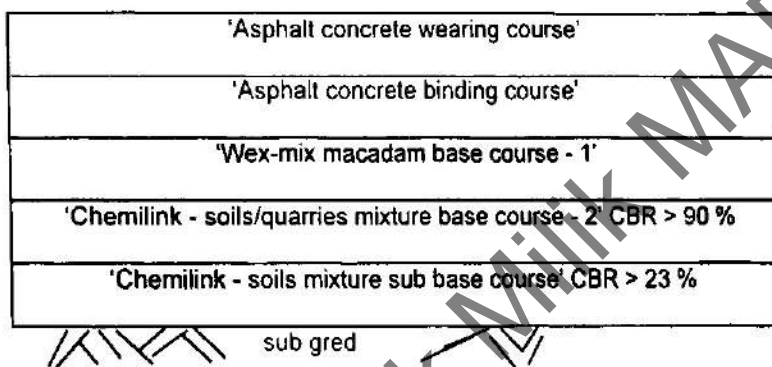
#### 4.4.3.1 Kelebihan Bahan Penstabil Kaedah Kimia

Antara kelebihan 'Chemilink' adalah seperti berikut;

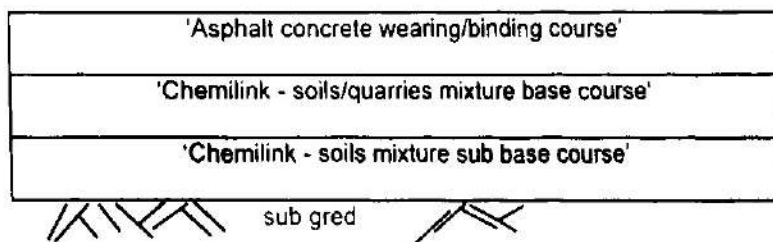
- i. Dapat menggunakan tanah sediada sebagai bahan binaan awal yang secara tidak langsung dapat mengurangkan penggunaan bahan-bahan kuari dan dapat menyiapkan projek dalam jangka masa yang lebih pendek serta juga dapat mengurangkan pengurusan operasi.
- ii. Penggunaan kelengkapan pembinaan yang mudah atau yang bersesuaian memungkinkan pemasangan secara manual dan prosidur pembinaannya lebih cepat dan mudah.
- iii. Masalah gangguan dari keadaan cuaca yang tidak menentu adalah paling minima, disamping itu ianya juga tidak mencemarkan udara dan lapisan ozon.
- iv. Mampu mencapai hasil pembuatan yang lebih efektif dan boleh dipercayai walaupun sekiranya kandungan air di dalam tanah yang terdapat di situ melebihi nilai yang telah ditetapkan dan ianya sesuai untuk pelbagai jenis tanah tanih pembinaan yang kurang bermutu.

- v. Kos yang efektif terutama sekali bagi kawasan-kawasan yang bermasalah dan keperluan jangka panjang.

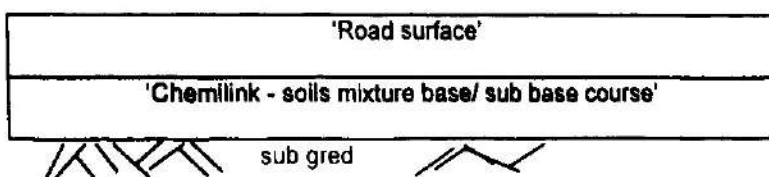
Tanah tanih yang telah distabilkan dengan produk 'Chemilink' sangat sesuai untuk kerja-kerja membina lebuhraya, jalan persekutuan, jalan negeri, jalan kampung ataupun jalan-jalan sementara dan juga untuk kerja-kerja meningkatkan mutu tanah subgred. **Rujuk rajah dibawah.**



Rajah 8: 'Chemilink' digunakan dalam pembinaan lebuhraya dan jalan persekutuan.

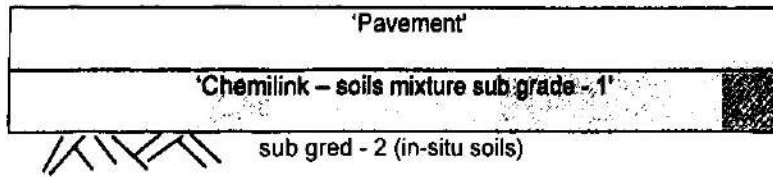


Rajah 9: 'Chemilink' dalam pembinaan jalan-jalan utama /negeri



Rajah 10: 'Chemilink' dalam kerja pembinaan jalan kampung/jalan sementara





Rajah 11: 'Chemilink' dalam kerja-kerja meningkatkan kestabilan tanah

#### 4.4.3.2 Penjimatan Kos

Penggunaan bahan penstabilan tanah kaedah kimia dari jenis 'Chemilink' dapat mempengaruhi kos pembinaan sesuatu projek pembinaan jalanraya kerana dengan menggunakan teknologi 'Chemilink' ianya dapat:

- i. Mengurangkan kos bahan dan kos pembinaan yang lebih efektif untuk kawasan yang lembab dan bermasalah.
- ii. Menyiapkan projek dengan lebih cepat kerana jangkamasa pembinaannya lebih singkat.
- iii. Menambah pencapaian mutu jangka panjang.
- iv. Mengurangkan kerja penyelenggaraan yang diperlukan.

4.4.3.3 *Kadar Pembinaan Jalan Menggunakan Chemilink*

**Jadual 4.9** menunjukkan kadar harian terendah pembinaan jalan dengan menggunakan peralatan biasa untuk membina jalan yang panjangnya diantara 200 meter hingga 300 meter, lebar jalan adalah diantara 6 meter sehingga 7 meter dengan ketebalannya sebanyak 2 lapisan @ 150 mm hingga 200 mm bagi setiap lapisan.

	<b>Peralatan / Tenaga Kerja</b>	<b>Bilangan</b>
1	Bulldozer	1
2	Motor Grader	1
3	Rotovator	1
4	Trak Air	1
5	Roller	1
6	Jurutera	1
7	Formen	2
8	Pekerja Am	4
Jumlah Tenaga Kerja		12
Jumlah Peralatan		5

**Jadual 4.9:**

**Peralatan / Tenaga Kerja (Menggunakan peralatan pembinaan biasa)**

Dalam **Jadual 4.10** menunjukkan kadar harian tertinggi pembinaan jalan dengan menggunakan peralatan pembinaan terkini untuk membina jalan yang panjangnya diantara 500 meter hingga 600 meter atau lebih, lebar jalan adalah diantara 6 meter sehingga 7 meter dengan ketebalannya sebanyak 1 lapisan @ 150 mm hingga 200 mm.

No	Peralatan / Tenaga Kerja	Bilangan
1	Stabilizing Mixer	1
2	Spreader	1
3	Motor Grader	1
4	Trak Air	1
5	Roller	1
6	Jurutera	1
7	Formen	2
8	Pekerja Am	4
Jumlah Tenaga Kerja		12
Jumlah Peralatan		5

**Jadual 4.10: Peralatan / Tenaga Kerja (Menggunakan peralatan pembinaan terkini)**

## 5 Perbincangan

Sebelum sesuatu projek pembinaan jalanraya dilaksanakan pemaju-  
maju / kontraktor-kontraktor mestilah mendapatkan maklumat yang  
ngkap tentang keadaan tanah dan persekitarannya yang akan  
menentukan kesesuaian pembinaan jalanraya di atasnya. Kerana tanpa  
maklumat yang tepat, pemilihan kaedah penstabilan tanah dan bahan  
nstabil tanah yang dibuat mungkin tidak akan bersesuaian. Ini akan  
nyebabkan kemungkinan berlakunya enapan pada jalanraya tersebut.

### 5.1 Masalah-Masalah Di dalam Kerja-Kerja Penyiasatan Tanah

Seperti aktiviti-aktiviti penyediaan tapak untuk projek pembinaan  
ng lain, penyiasatan tanah untuk kerja-kerja pembinaan jalanraya juga  
ak terhindar dari masalah-masalah yang dihadapi ketika kerja-kerja  
nyiasatan dijalankan. Diantara masalah-masalah yang dihadapi adalah  
erti berikut;

#### 4.6.1 Kekurangan Maklumat Sebenar

Yang dimaksudkan dengan maklumat sebenar adalah seperti  
maklumat keadaan geologi, turun naik paras airbumi, maklumat  
tentang hujan dan jenis tanah di tapak pembinaan tersebut. Kerja  
pengambilan sampel tanah perlulah diambil sehingga ke strata  
tanah yang dapat menanggung beban. Bagi pembinaan jalanraya  
yang semestinya menanggung beban lalu lintas yang berat dan  
bertali arus, maka kerja-kerja penyiasatan dengan mengumpul

maklumat yang terperinci amatlah diperlukan. Tanpa maklumat ini kerja mereka bentuk geometri jalanraya akan menjadi sukar.

#### *4.6.2 Memerlukan Kepakaran*

Kepakaran dan kemahiran yang tinggi amatlah diperlukan dalam menjalankan kerja-kerja penyiasatan tapak pembinaan. Dengan memerlukan kerja kepakaran bagi setiap kerja yang dijalankan, maka akan melibatkan kos yang tinggi. Kementerian Kerja Raya telah mengarahkan kepada semua pemaju-pemaju / kontraktor-kontraktor jalanraya supaya menjalankan penyiasatan tanah dengan terperinci sebelum kerja-kerja pembinaan jalanraya dimulakan. Ini adalah untuk mengelakkan berlakunya jalan-jalan yang berlubang sebagaimana yang telah berlaku di Ipoh, Perak pada tahun 1996 - 1997 yang lalu. Adalah digalakkan kerja-kerja penyiasatan tanah dibuat oleh pakar perunding yang bertauliah.

#### *4.6.3 Melibatkan Kos Yang Tinggi*

Kerja-kerja penyiasatan tanah ini memerlukan kos yang tinggi di peringkat awal bagi sesebuah projek yang dirancangkan. Namun begitu tanpa kerja penyiasatan tanah yang terperinci ini, juga akan memberi kesan yang negatif setelah beberapa tahun pembinaan jalanraya dilaksanakan. Kos akan meningkat berlipat kali ganda bagi kerja-kerja penyelenggaraan di kemudian hari. Keselamatan pada pengguna jalanraya tersebut juga akan terganggu.

#### 4.7 Kesimpulan

Keberkesanan kaedah penstabilan tanah dan bahan penstabilan tanah yang sesuai memainkan peranan yang penting kerana kaedah yang dipilih nanti bukan sahaja harus berbentuk ekonomik tetapi ianya juga harus berkesan ataupun berjaya dilaksanakan tanpa sebarang masalah yang akan timbul samada semasa kerja-kerja pembinaan sedang berjalan ataupun selepas kerja-kerja pembinaan itu siap sepenuhnya.

Tiada gunanya memilih satu kaedah yang mudah dilaksanakan dan ekonomi tetapi tidak berkesan untuk satu jangka waktu yang lama. Ini kerana apabila sampai pada satu tahap tertentu ianya tidak lagi berkesan, maka pertambahan kos dan masa serta tenaga untuk memperbaiki kerosakkan ataupun kegagalan yang terjadi.

Hak Milik MARA

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berpandukan kepada analisis yang telah dibuat, adalah didapati bahawa penggunaan bahan penstabil kaedah struktur dari jenis 'geotextiles' tidak begitu berkesan untuk menstabilkan tanah gambut kerana terdapatnya masalah-masalah enapan selepas kerja-kerja pembinaan jalanraya itu siap dibina dan ini memerlukan kos tambahan untuk penyelenggaraan semula.

Manakala penggunaan produk 'Chemilink' di dalam kerja-kerja menstabilkan tanah sebelum sesuatu projek pembinaan jalanraya itu dibina di dapati lebih berkesan. Ini adalah kerana 'Chemilink' telah direka khusus untuk menampung keperluan khas spesifikasi tanah tanih yang dihadapi dalam bidang pembinaan di Negara-Negara ASEAN yang sering menghadapi pelbagai masalah pembinaan seperti tekanan untuk menyiapkan perkembangan infrastruktur dalam jangkamasa yang singkat, keadaan cuaca yang tidak menentu (kekerapan hujan), kekurangan bahan-bahan pembinaan yang bermutu dan berkos rendah di sesetengah daerah, juga disebabkan oleh ketinggian paras air dan kandungan air yang tinggi dalam tanah.

Disamping itu, dengan menggunakan produk '*Chemilink*' juga penjimatan kos untuk tenaga kerja dan peralatan kerja dapat dikurangkan sedangkan jumlah kerja yang dilakukan adalah bertambah dan masa yang diambil adalah lebih cepat.

Disamping itu, ianya juga sesuai digunakan ke atas kebanyakan jenis tanah yang mempunyai '*Plasticity Index*' melebihi daripada 6 %, dengan nilai pHnya kurang daripada 7.5 dan minima 15 % melepasi saiz pengayak 0.075. Dan yang utamanya penggunaan produk '*Chemilink*' dapat menjimatkan kos semasa pembinaan jalanraya sehingga kepada 80 % dan juga 85 % daripada kos untuk selenggaraan.

Berdasarkan kepada persoalan-persoalan dan perkembangan semasa berhubung dengan pembinaan jalanraya di kawasan tanah gambut, maka setiap mereka yang terbabit di dalam pembinaan jalanraya perlulah berhati-hati dalam menentukan kestabilan tanah tapak pembinaan yang akan dimajukan. Ini adalah bertujuan untuk menjamin keselamatan bakal-bakal pengguna jalanraya tersebut. Dan adalah diharapkan satu kajian lanjutan mengenai penggunaan bahan penstabil tanah di dalam pembinaan jalanraya di kawasan-kawasan yang selain dari tanah gambut akan dibuat pada masa akan datang.



**RUJUKAN**

- <sup>1</sup>Malaysia Ibu Pejabat Jabatan Kerja Raya, Cawangan Jalan., Garis Panduan untuk Penyediaan Pelan Pengambilan Balik Tanah Projek Jalan Persekutuan. Kuala Lumpur: JKR Malaysia.
- <sup>2</sup>British Standards Institution. Glossary of Highway Engineering Terms. BS 892. London. BSI. 1967.
- <sup>3</sup>Wang, J.W.H. and Kremmydas, A.H., 1970. Use of Sodium Chloride in Reducing Shrinkage in Montmorillonite Soil-Cement, Highway Research Record 315. USA: m/s 81-90.
- <sup>4</sup>Kezdi, A., 1968. Cracking in Cement-Treated Bases and Means for Minimising It, Highway Research Record 225. USA: m/s 59-71.
- <sup>5</sup>Moh, Z.C., 1962. Improvement of Soil-Cement with Chemical Activities, Highway Research Board Bulletin No. 309. USA: m/s 57-76.
- <sup>6</sup>Hurley, C.H. and Thornburn, T.H., 1972. Sodium Silicate Stabilization of Soils: A Review of the Literature, Highway Research Record 381. USA: m/s 46-79.

**BIBLIOGRAFI**

- Mahyuddin Ramli (1990). Pengujian Bahan dan Struktur. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa Pustaka.
- Nations Association of Australian State Roadworks Authorities. (1986). Guide To Stabilisation In Roadworks. Sydney. National Library of Australia.
- Mohamed Rehan Karim, Meor Othman Hamzah & Asri Hasan (1993). Pengenalan pembinaan jalanraya berbitumen. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa Pustaka.
- W.L. Schroeder (1984). Soils In Construction. Third edition. New York: Wiley 1975.
- M. Carter (1983). Geotechnical Engineering Handbook. Pentech Press: London and Plymouth.
- Buyong K. Huat, Ahmad Jusoh dan Shukri Maail (1991). Pengenalan Mekanik Tanah. Kuala Lumpur.
- Aminarto Marto, Fatimah Mohd Noor & Fauziah Kasim (1993). Mekanik Tanah. Edisi ke empat. UTM, Unit Terbitan Akedemik.
- Jurutera Daerah (1992). Melebar dan Memperelokan Jalan Pt. Hj. Ismail. Daerah Pontian: Jabatan Kerja Raya Malaysia.
- Jabatan Teknikal. (1997). Teknologi Chemilink. Instex Holding Pty Ltd: Singapura.
- Hj. Hod Hj. Janun. (1993). Penyelidikan Tapak Bagi Pembinaan Bangunan Tinggi Di lereng Bukit. UTM.
- Emas Kiara Group of Companies (1995) Kiara Tex Geotextile. Rawang.

# LAMPIRAN

Hak Milik MARA



**UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA**

KARUNG BERKUNCI 791  
80990 JOHOR BAHRU  
NEGERI JOHOR DARUL TA'ZIM

TELEFON : 07 - 5576160

E-mail: FAB@utmjb.utm.my

TELEFAX : (07) 5566155

**FAKULTI ALAM BINA**

RUJUKAN KAMI (OUR REF.): UTM.21.03/13.11/1/590731035470

Julai 1998.

RUJUKAN TUAN (YOUR REF.):

**KEPADA SESIAPA YANG BERKENAAN**

Tuan,

**PROJEK SARJANA MUDA**

Dengan hormatnya disahkan bahawa **Cik Che Romoh bt. Che Wil No. K/P: 590731035470** adalah pelajar tahun akhir Kursus Sarjana Muda Bangunan di Jabatan Ukur Bahan, Fakulti Alam Bina, UTM, Skudai, Johor.

Pihak kami amat berbesar hati sekiranya tuan dapat membantu pelajar di atas menjalankan kajian beliau bertajuk:-

**' Penggunaan Bahan Penstabil Tanah (Soil Stabilizer)  
Dalam Pembinaan Jalan Raya '**

Di atas kerjasama tuan saya dahului dengan ucapan ribuan terima kasih.

Sekian.

**"BERKHIDMAT UNTUK NEGARA KERANA ALLAH"**

Yang benar,

**ZUBAIDAH BT. RAMLI**

Penyelia  
Projek Sarjana Muda  
Jabatan Ukur Bahan FAB.



1972-1997

KECEMERLANGAN MELALUI TEKNOLOGI

LAMPIRAN A

Hak Milik MARA

**Lampiran A**

1. Berapa tahunkah penglibatan dan pengalaman pihak tuan mengendalikan / menyelia projek pembinaan jalanraya ?  
.....  
.....
  
2. Berapakah jumlah projek pembinaan jalanraya yang telah dan sedang diusahakan / diseliatkan oleh tuan / pihak tuan ?  
.....  
.....
  
3. Apakah analisis- analisis yang perlu pihak tuan jalankan dalam proses penyediaan dan perancangan tapak pembinaan jalanraya ?  
.....  
.....
  
4. Apakah masalah-masalah utama yang pihak tuan hadapi bagi menjalankan analisis- analisis di atas ?

.....

.....

5. Apakah teknik penstabilan tanah / bahan penstabil tanah yang pihak tuan gunakan ?

.....

.....

6. Apakah kriteria yang pihak tuan tetapkan dalam pemilihan teknik penstabilan tanah / bahan penstabil tanah ?

.....

.....

7. Apakah cadangan / syor dari pihak tuan dalam memajukan tanah yang tidak stabil untuk pembinaan jalanraya ?

.....

.....

Hak Milik MARA

8. Apakah langkah-langkah yang diambil untuk mengatasi masalah jalanraya yang mengalami masalah enapan setelah siap dibina ?

.....

.....

Hak Milik MARA



**LAMPIRAN B**

**Hak Milik MARA**

## Analisis Biodata Responden

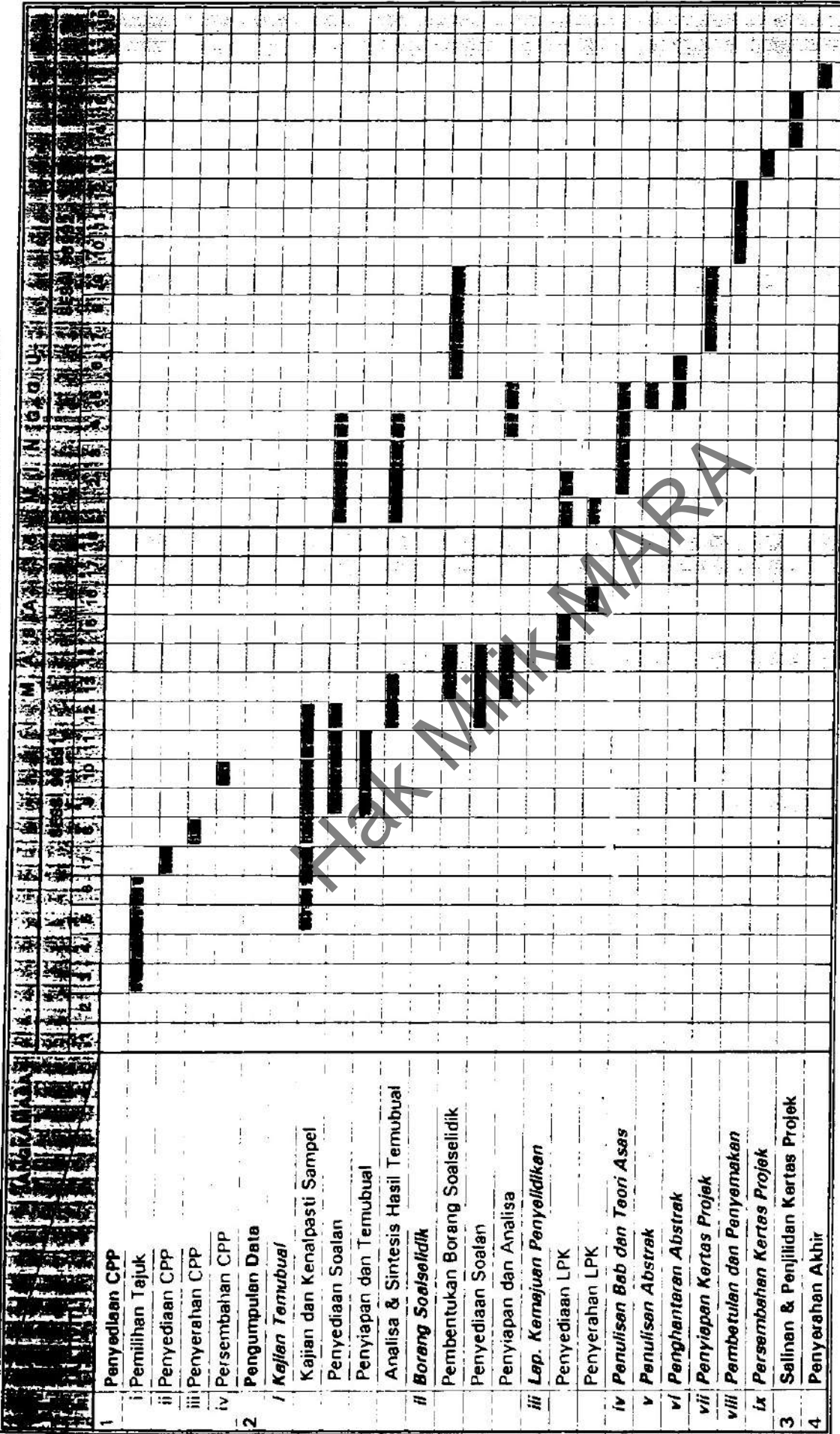
No	Perkara	Bilangan Responden	%
<b><u>Jantina</u></b>			
1	Lelaki	8	80
2	Wanita	2	20
<b><u>Pengalaman</u></b>			
1	Bawah 4 tahun	3	30
2	4 tahun - 8 tahun	4	40
3	8 tahun ke atas	3	30
<b><u>Jumlah Projek Yang Diselia</u></b>			
1	Bawah 10 buah	3	30
2	10 buah - 20 buah	4	40
3	20 buah ke atas	3	30

LAMPIRAN C

Hak Milik MARA

# CARTA PERANCANGAN KERJA

PENGUNAAN BAHAN PENSTABIL TANAH (SOIL STABILIZER) DALAM PEMBINAAN JALANRAYA



\* Cuti Pertengahan Semester

\*\* Peperiksaan Akhir

\*\*\* Cuti Sukam

IGANTT.stabrecw/pam

LAMPIRAN D

Hak Milik MARA

Jenis Bahan	Panjang Jalanraya	Kos Kontrak (RM)	Jangkamasa (Bulan)	Jumlah dapat disiapkan / bulan	Kos / meter (RM)
Penstabil Tanah					
Cerucuk	200 meter	3,543,196.60	11	18.19 meter	17,715.98
Geotextiles	12.2 km	14,889,641.96	18	677.78 meter	1,220.46
Chemilink	3.6 km	3,826,652.33	6	600 meter	106.29

**Nota:**

Jangkahayat jalanraya yang distabilkan dengan bahan penstabil tanah kaedah kimia akan menjadi lebih lama sehingga mencapai 50 - 80 %.

LAMPIRAN E

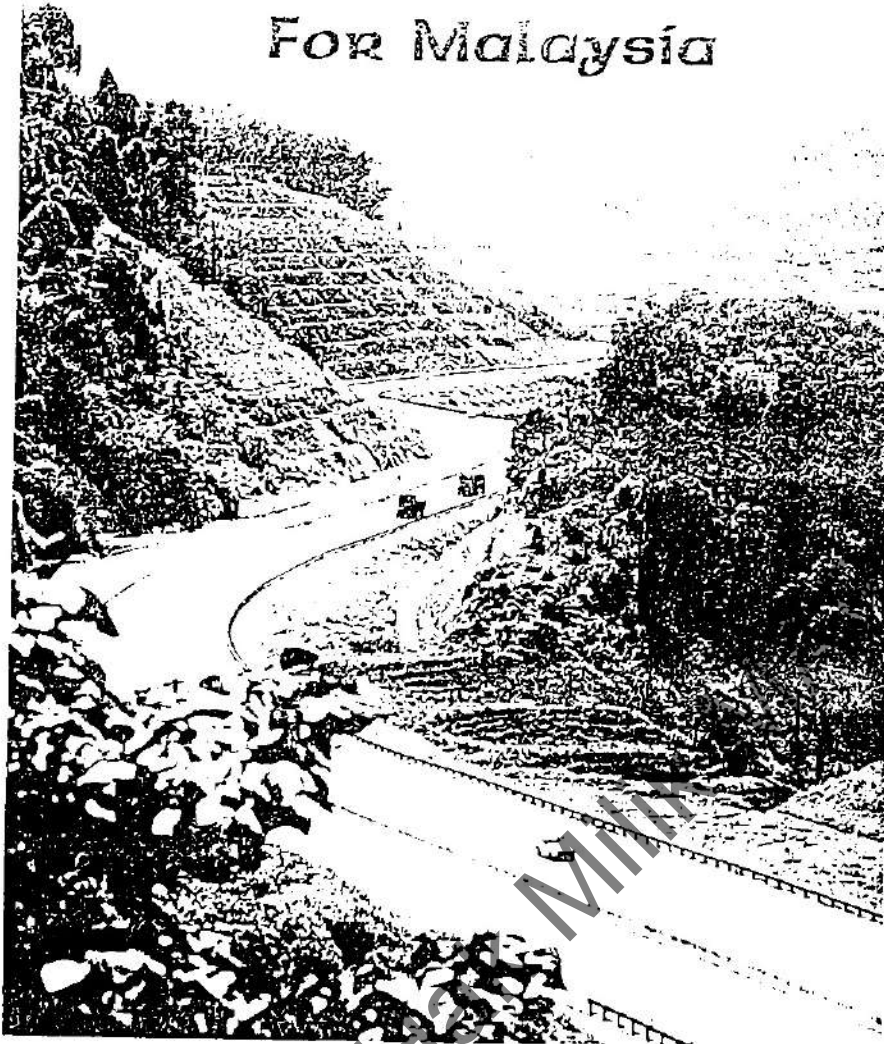
Hak Milik MARA

**Bahan Penstabil Tanah Kaedah Kimia**

Hak Milik MARA



## Building Better Roads For Malaysia



# MF-52 SS

## SOIL SOLIDIFIER

*Proudly Developed, Manufactured  
and Owned by Malaysians*



**HIGHWAYS INNOVATIVE TECHNOLOGIES SDN BHD**

OFFICE

16, Jln Tengku Ampuan Zabedah 9/A  
40100 Shah Alam, Selangor Darul Ehsan  
Tel: 03-5593030 Fax: 03-5500228

FACTORY

13, Jln TS 6/2, Taman Industri Subang  
47510 Subang Jaya, Selangor Darul Ehsan  
Tel: 010-2772498 Fax: 03-5500228

# MF-52 SS

## Soil Solidifier

Introducing a New Technology  
in  
Road Pavement Construction

**THE ANSWER TO  
COST-EFFECTIVE SOIL TREATMENT**

- Efficient Road Structure
- Added Strength For Subgrade
- Replacement For Sand/Crusher Run
- Upgrading Earth/Dirt Roads



**INSTEK** HOLDING PTE LTD

20/1/2011

**RINGKASAN RANGKA TEKNOLOGI CHEMILINK**

Hak Milik MARA

DISEDIAKAN OLEH

JABATAN TEKNIKAL

## RINGKASAN RANGKA TEKNOLOGI CHEMILINK

### 1. APAKAH PRODUK CHEMILINK ?

- 1.1 Produk Chemilink adalah suatu bahan bukan organik dalam bentuk serbuk halus.
- 1.2 Formulasi Produk Chemilink direka khas dan dalam proses mendapatkan jaminan hak reka cipta.
- 1.3 Produk Chemilink termasuk beberapa siri seperti SS-108A dan SS-108B adalah di reka khas untuk beberapa jenis tanah-tanah di beberapa Negara Asean

- non-toxic

### 2. MATLAMAT RANGKAIAN PRODUK CHEMILINK

Produk Chemilink adalah direka pada peringkat awalnya untuk menampung keperluan khas spesifikasi tanah tanah yang dihadapi dalam bidang pembinaan di Negara-Negara Asean

- 2.1 Permintaan mendadak untuk perkembangan pembangunan infrastruktur yang begitu pesat di Negara-Negara Asean seperti Wawasan 2020 yang dilancarkan di Malaysia.
- 2.2 Masalah pembinaan di Negara-Negara Asean adalah seperti
  - a) Tekanan untuk menyiapkan perkembangan infrasiuktur dalam jangkamasa yang singkat.
  - b) Keadaan cuaca yang tidak menentu seperti kekerapan hujan.
  - c) Kekurangan bahan-bahan pembinaan yang bermutu dan berkos rendah di sesetengah daerah.
  - d) Ketinggian paras air dan kandungan air yang tinggi dalam tanah.
  - e) Terdapatnya banyak kawasan tanah lembut terutama di kawasan Tropika.

### 3. KEGUNAAN CHEMILINK

Penggunaan asas produk Chemilink meliputi :

#### 3.1 Penggantian BASE COURSE dan SUB BASE COURSE untuk

- Lebuhraya dan Jalanraya Utama.
- Jalan raya kampung / pendalaman.

#### 3.2 Menaikkan taraf SUB GRADE atau tanah yang kurang bermutu. (*Impure Subgrade*)

### 4. FUNGSI UTAMA PRODUK CHEMILINK

4.1 Menambah daya penyerapan (seperti penyerapan nilai CBR) untuk beberapa jenis tanah tanah dan menambah daya ketahanan tapak asas (seperti Base dan SUB BASE) dan seterusnya menstabilkan benteng.

4.2 Mengurangkan pemendapan tanah

4.3 Mengurangkan daya penyerapan tanah.

4.4 Mengurangkan kemungkinan terjadinya pengembangan, pengecutan, hakisan dan penyerapan dalam tanah, dan

4.5 Memanjangkan tempoh jangka hayat dan ketahanan tapak yang telah di rawat.

### 5. KELEBIHAN CHEMILINK BERBANDING DENGAN PEMBINAAN BIASA

5.1 Menggunakan tanah sedia ada sebagai bahan binaan awal yang secara tidak langsung memastikan.

- Kurang penggunaan bahan bahan kuari.
- Kurang pengurusan operasi.

- Jangka masa pembinaan yang lebih singkat
- Kepastian menyiapkan projek mengikut jangkaan

5.2 Penggunaan perlengkapan pembinaan yang mudah atau yang bersesuaian memungkinkan pemasangan secara manual.

5.3 Prosedur pembinaan cara Chemilink adalah lebih cepat dan mudah.

5.4 Masalah gangguan dari keadaan cuaca yang tidak menentu adalah paling minima, dari itu kos pembinaan dapat di kurangkan

5.5 Mampu mencapai hasil pembuatan yang lebih efektif dan boleh dipercayai walaupun sekiranya kandungan air dalam tanah yang terdapat di situ melebihi nilai OMC.

5.6 Rangkaian produk Chemilink boleh didapati dan sesuai untuk pelbagai jenis tanah tanah perabinaan yang kurang bermutu.

5.7 Pencapaian jangka panjang.

5.8 Tidak mencemar udara dan lapisan ozon.

5.9 Kos yang efektif terutama sekali bagi kawasan-kawasan yang bermasalah dan keperluan memperbaiki jalan jangka panjang.

## 6. PENJIMATAN KOS DALAM PENGGUNAAN TEKNOLOGI CHEMILINK

6.1 Pengurangan kos bahan.

6.2 Projek siap lebih cepat kerana jangkamasa pembinaan lebih singkat.

6.3 Kordinasi Logistik dikurangkan.

6.4 Pencapaian mutu jangka panjang di tambah.

6.5 Kurang kerja penyelenggaraan diperlukan.

6.6 Kos pembinaan yang efektif untuk kawasan lembab dan bermasalah.

**Bahan Penstabil Tanah Kaedah Struktur**

Hak Milik MARA

in the history

## Basic concepts of soft soil stabilization

Several methods to improve the bearing capacity of a soft soil.

One of these, ancient yet effective, consists of stabilizing the soil through lateral confinement of the soil and improved resistance to tensile forces. Traditionally these effects were obtained by the use of fascines of braided branches or by laying tree trunks in perpendicular directions.

Modern technology, instead, allows the use of geotextile products, specifically engineered, to obtain the same effects of lateral confinement and tensile resistance: these products are the bi-oriented geotextiles and the geocells.

G.B. Piranesi: view of the "Appia Antica Road", near Rome (Italy), 1756.

The base (A) of the road is well compacted by manual tamping; on top of this base is laid a granular fill, made by pozzuolana lime and small stones with diamond shape (B) are strongly driven in the granular base. Other wedge shaped stones (C) are placed at the edge of the road to provide a lateral confinement. About every 5 meters a stone of greater dimension (D) was placed at the edge of the road, to ease mounting and dismounting horses...



View of the road to Erba  
by W. Brockedon,  
by E. FINDER, 1878.

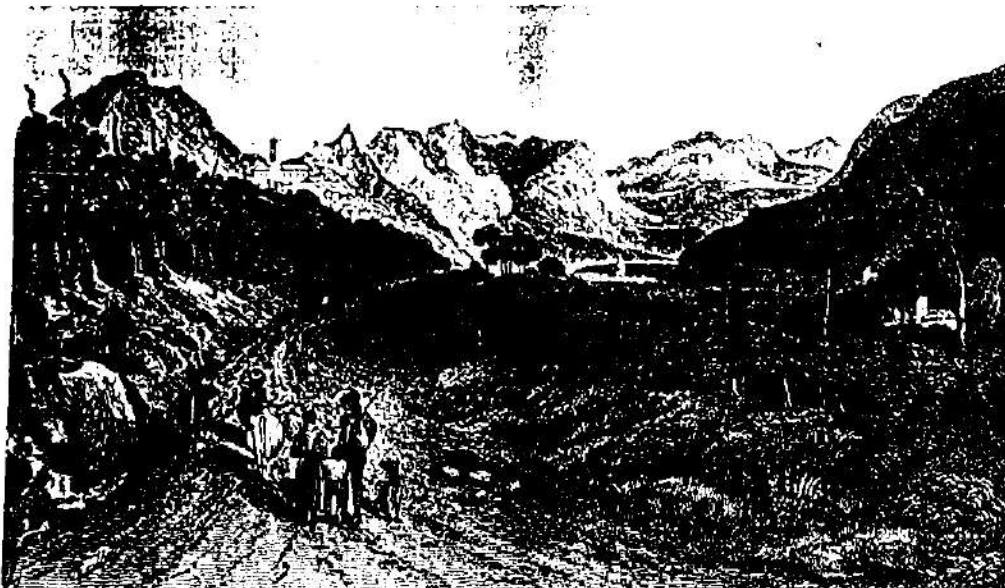




Fig.3: Installation of cobble stones and kerbs in the main road Corso Venezia, Milan (Italy), 1920 ca.



Paving of the "Strada Piacentina" asphalt (from a brochure on road paving, Italy, 1928).



Fig.5. Tree trunks used to stabilize the base of a road on soft soil in the tropical jungle.

Another ancient concept is to provide a separation medium between the soft soil and the structure placed on it, and to provide a positive drainage medium to avoid stagnation of water and pore pressure buildup.

The traditional solution was to use animal skins or natural textile fibres as separators while coarse gravel and sand were used for the drainage layers.

Modern geosynthetic technology allows the use of geotextiles for separation and geonets for drainage, or geocomposites, for fulfilling both functions.

A civil engineering structure such as a road, a bridge, or a railway, has a design life well in excess of 100 years. That's why the natural materials used in the past to fulfill the functions of reinforcement, separation and drainage have so many limitations.

Geosynthetics, like geogrids, geocells, geotextiles and geonets are produced with constant factory controlled characteristics which allow to incorporate their properties into an engineering design. Moreover their expected lifetime is far in excess of 100 years, if properly handled and installed.

Applications **Reinforcement of the base of paved and unpaved roads**

**the problem**

When a paved or unpaved road is to be constructed on soft or saturated soil, trafficking problems arise during or after construction. The road base may sink into the soft soil or experience horizontal and vertical movement of the base, producing deep rutting and imbalance to the traffic (Fig.20, 21 and 22).

This can be avoided by increasing the bearing capacity of the foundation soil and by limiting the movements of the gravel base.

There are several techniques to improve the load carrying capacity of weak soils: one of these is to reinforce the base in such a way that the soil is able to resist higher shear stresses, and the shear stresses transferred to the weak soil are greatly reduced.

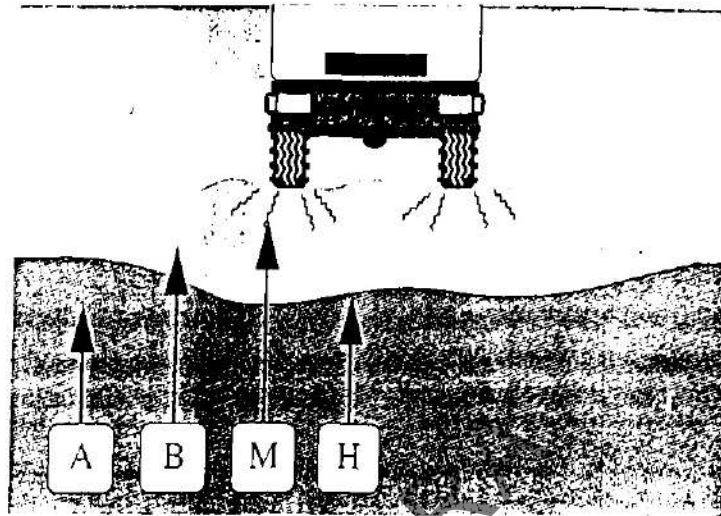


Fig.20: The base of a road on soft subgrade will quickly deform, with rutting at the surface and difficulty of movements for the vehicles.

Fig.21: Typical rutting occurring on a road surface after few days of heavy trucks on an unpaved road on soft soil.

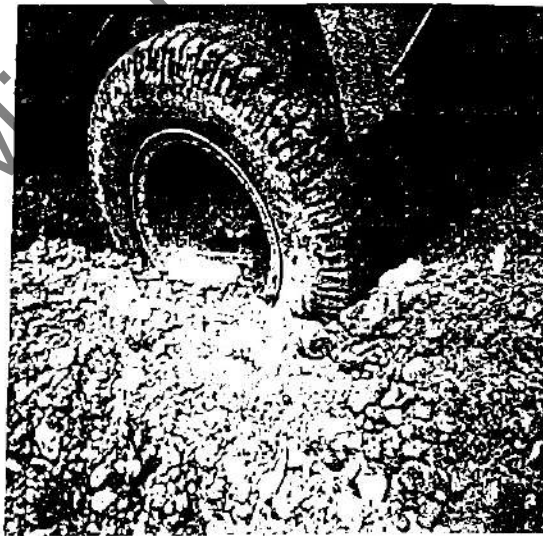
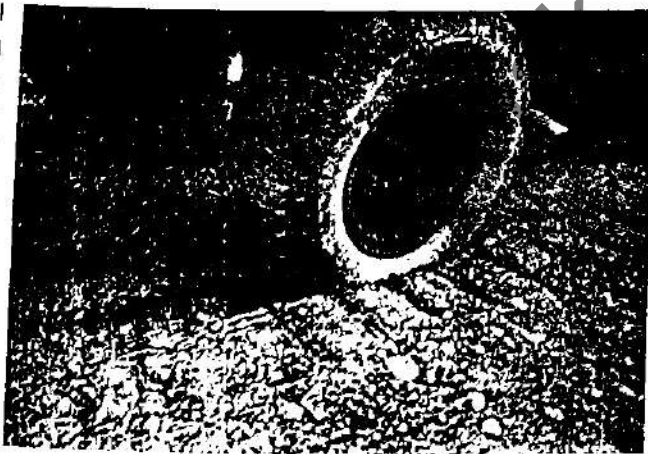
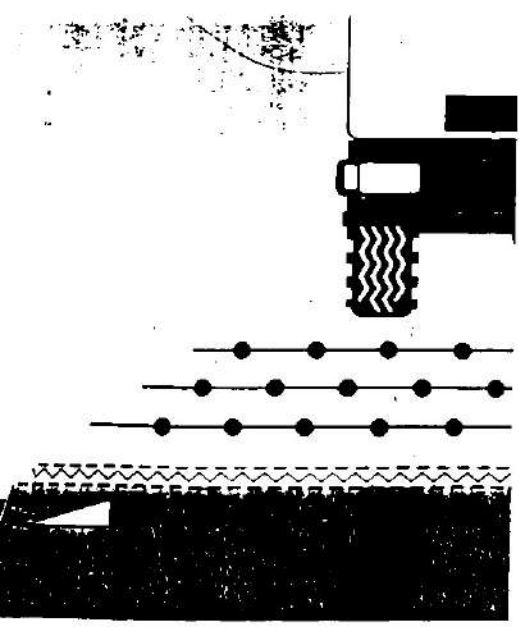
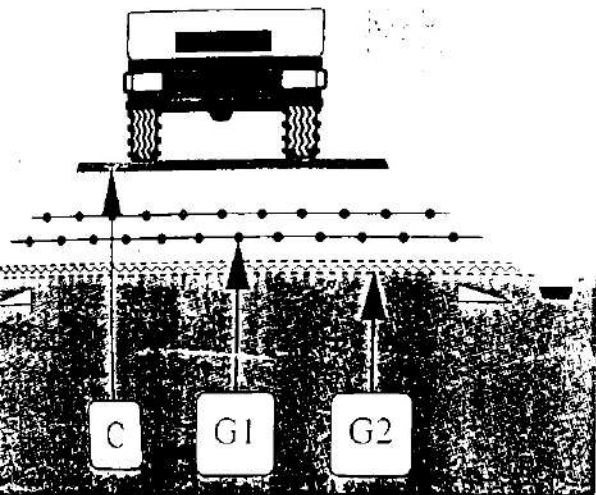


Fig.22: The final stage of the deformation of an unpaved road on soft soil: the wheels sink into the base.

**LEGEND**

- A Soft soil
- B Granular fill
- C Asphalt or concrete pavement
- H Deformed profile
- M Soil cracking
- G1 TENAX bi-oriented geogrid
- G2 TENAX TNT or GT geocomposite

Fig.23: TENAX geosynthetics provide the drainage, separation and reinforcement required to stabilize the base of roads on soft subgrade.



...ly spaced layers of TENAX geogrids considerably road base, while TENAX geocomposites maintain the between the fill and the subgrade while providing positive



Fig.28 A forest road on permafrost soil in Finland, stabilized with TENAX bi-oriented geogrids.

## The solution

The installation of **TENAX LBO** bi-oriented geogrids (Fig.25) provides considerable improvement to the bearing capacity of the soil (see Fig.23 and Fig.24). The construction usually involves excavating the soft material, placing the geogrids and backfilling with suitable granular fill to the required depth. Alternatively, when finer soils are involved, it is possible to reinforce it with **TENAX MS** geogrids (Fig.26), according to the conditions of the project. TENAX geogrids reinforce the road base and limit the horizontal and vertical movements of the gravel. In this way the geogrids provide considerable improvement to the bearing capacity of the base for the same thickness, or reduce the base thickness for the same bearing capacity.

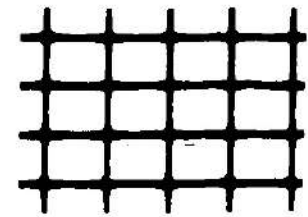


Fig.25: TENAX LBO single layer bi-oriented geogrids for granular soils stabilization.

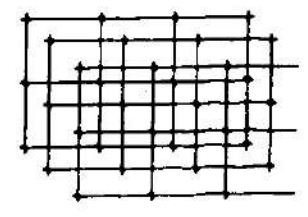


Fig.26: TENAX MS multi-layer bi-oriented geogrids for fine soils stabilization.

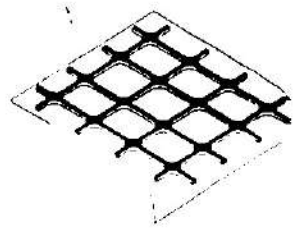


Fig.27: TENAX GT geocomposites provide separation and reinforcement

When the foundation soil is very fine and soft, it is advisable to use a **TENAX GT** geocomposite (Fig.27) at the interface with the subgrade, in order to provide both reinforcement and separation (Fig.32). This also prevents the pumping of fines into the base.

When the water table is close to the ground surface or when drainage problems are anticipated, a **TENAX TNT** geocomposite (Fig.29) placed at the lowest level provides the required flow rate, separates the fill from the fine soil, and contributes to load distribution (Fig.33).

In the case of unpaved haul roads, when the shortage of aggregate makes it expensive to construct thick bases, **TENAX TENWEB** geocells can be employed (see Fig.30). The lateral confinement provided by **TENWEB** geocells (Fig.31) makes it possible to obtain the required number of passages of even heavy trucks with a very limited amount of aggregate, sometimes as thin as 75 mm.



Fig.31: **TENAX TENWEB** geocells provide the lateral confinement required to reduce the thickness of aggregate to a minimum.

Fig.32: **TENAX GT** geocomposite provides separation between the base and the subgrade, and tensile strength and lateral confinement to the fill.

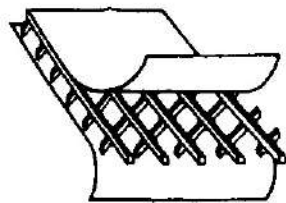


Fig.29: **TENAX TNT** geocomposites for separation and drainage.

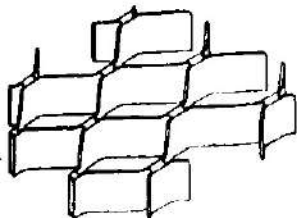


Fig.30: **TENAX TENWEB** geocells for lateral confinement.

Fig.33: **TENAX TNT** geocomposites used in the widening of a main highway in Northern Italy

# Fundamentals of Geotextile Design and Performance

## Function and Application

The design and performance of all geotextiles, irrespective of their composition or type, can be determined by identifying the main functions a geotextile is required to perform.

In the construction of earth structures, Polyfelt geotextiles perform five essential functions either individually or in combination, depending on the applications.

These are:  
 Separation  
 Drainage  
 Filtration  
 Reinforcement  
 Protection

The first step in evaluating geotextile design and performance is to identify the key functions relative to the application. Table 1 identifies these functions for a variety of typical applications.

The next step is to identify factors that will influence or affect geotextile performance and define the properties of a geotextile required to withstand these influences.

Finally, a concise specification on the required functional properties of the geotextile and installation and storage

procedure is essential to ensure correct delivery and installation of quality geotextile on site.

Typical Application Area	Function				
	Separation	Drainage	Filtration	Reinforcement	Protection
Unpaved roads, storage yards	●	○	○	○	
Paved roads, parking areas	●	○		○	
Embankments	●	○	○	●	
Reinforced soil walls, slopes		●	○	●	
Subsoil drainage	○	○	●		
Stone gabion filters	○	○	●		
Earth dam filters	●	●	●		
Coastal, river revetment filters	○		●		
Hydraulic fill, reclamation works	●		●		
Waste landfill closures	○	●	○		●
Waste landfill containments	○	○	○		●
Synthetic liner containments		○	○		●
Tunnel waterproofing		●			●
Railtrack maintenance	●		●		
Sport fields, recreational parks	●	○	●		
Geocomposite product systems			●		

● Primary function ○ Secondary function ◐ Dependent on soil and application

Table 1: Typical function vs application area

## Geotextile Functions:

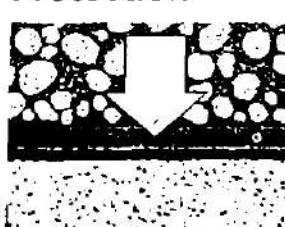
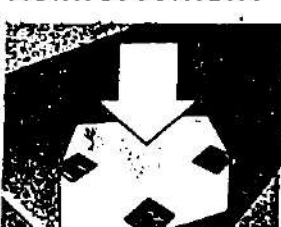
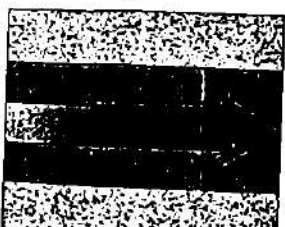
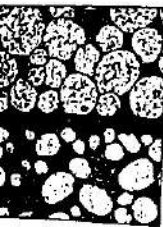
Separation

Drainage

Filtration

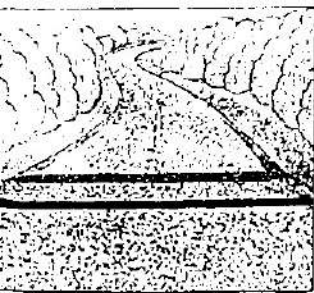
Reinforcement

Protection

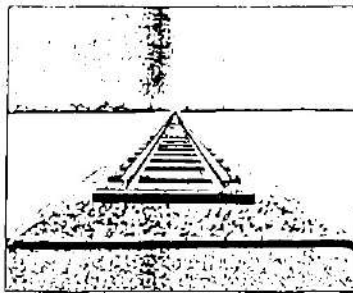


# Typical Geotextile Applications

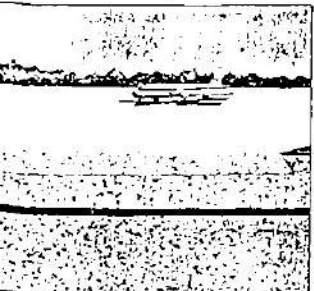
## Stabilization (Separation/Filtration/Drainage)



Roadways



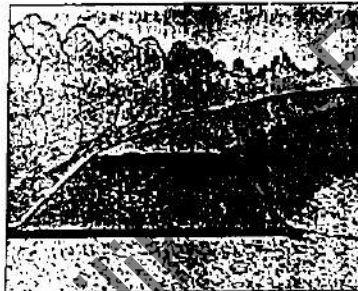
Railways



Runways and taxiways

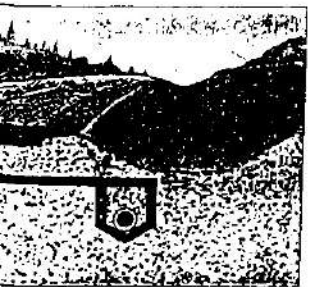


Parking areas

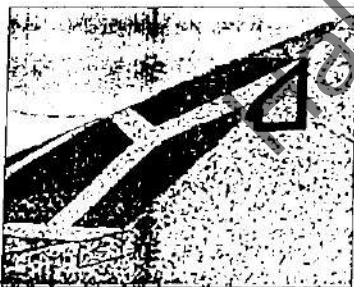


Embankments, levees, and dikes

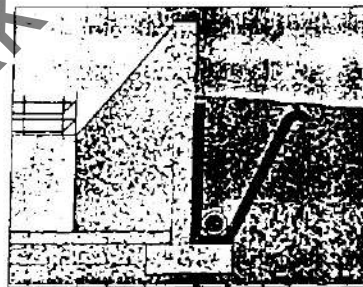
## Filters for Drains (Filtration/Drainage/Separation)



Road base drains



Interceptor drains

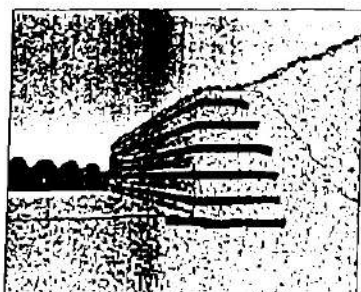


Wall drains

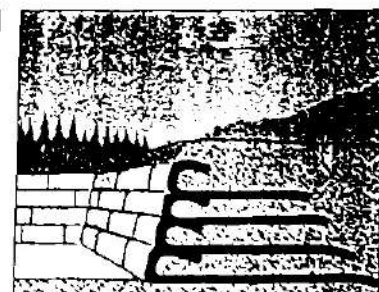
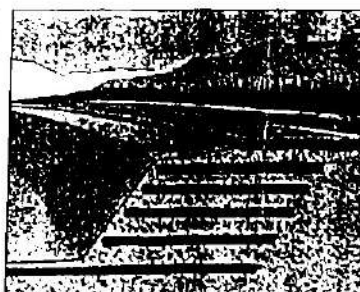
## Reinforced Soil Embankment, Side Slopes and Retaining Walls (Reinforcement/Drainage)



Slope repair



Steepened slopes for embankment construction and road widening



Retaining walls

## Erosion Protection (Separation/Filtration)

