GARIS PANDUAN PERANCANGAN KERJA PENYIASATAN TANAH & UJIAN MAKMAL

JABATAN KERJA RAYA MALAYSIA

2019

CAWANGAN KEJURUTERAAN GEOTEKNIK

Kata Aluan Ketua Pengarah Kerja Raya

Jabatan Kerja Raya Malaysia (JKR) selaku agensi teknikal utama Kerajaan telah diamanahkan untuk melaksana projek-projek pembangunan fizikal di seluruh negara. Oleh itu, bagi memastikan penyampaian perkhidmatan sentiasa cemerlang dan bertambah baik dari masa ke semasa, setiap pegawai serta kakitangan hendaklah terus berusaha meningkatkan kemahiran serta kepakaran bagi penghasilan kerja yang berkualiti dan bertaraf global.

Dalam hubungan ini, adalah menjadi hasrat Jabatan untuk menjadikan dokumen ini sebagai satu asas rujukan dan panduan utama oleh setiap agensi pelaksana projek pembangunan fizikal untuk memastikan pelaksanaan kerja-kerja penyiasatan tapak dapat dijalankan secara efisien dan komprehensif. Keperluan ini juga adalah selaras dengan Akta Jurutera 1967 dan turut diperincikan melalui pekeliling-pekeliling semasa yang dikeluarkan oleh Lembaga Jurutera Malaysia (BEM).

Secara amnya, panduan yang dinyatakan dalam dokumen ini adalah bersandarkan kepada kod-kod amalan kejuruteraan dari dalam dan luar negara yang telah disusun semula bagi disesuaikan dengan keadaan geografi di Malaysia. Di samping itu, penghasilan dokumen ini turut melalui beberapa sesi libat urus dan ulasan awam daripada pemegang taruh tempatan dalam bidang penyiasatan tapak di negara ini. Walau bagaimanapun, asas pertimbangan kejuruteraan adalah diperlukan bagi keadaan yang memerlukan pertimbangan khusus dan terperinci seperti keadaan yang kritikal serta berisiko tinggi dalam aspek keselamatan awam.

Di kesempatan ini saya juga ingin merakamkan ucapan tahniah dan syabas kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung di dalam inisiatif penerbitan garis panduan ini. Saya juga mendoakan agar kerjasama yang terjalin ini akan berkekalan dan segala aktiviti yang dirancangkan dapat dilaksanakan dengan jayanya.

Akhir kata, adalah diharapkan penggunaan garis panduan ini dapat membantu melonjakkan nilai kejuruteraan ke arah yang lebih mampan dan efektif untuk memastikan kepuasan serta keyakinan pelanggan terhadap perkhidmatan yang diberikan Jabatan sentiasa berterusan. Keyakinan pelanggan yang tinggi seterusnya dapat menjamin keberadaan JKR di hati rakyat.

Sekian, terima kasih.

Dato' Ir. Dr. Meor Abdul Aziz bin Haji Osman
Ketua Pengarah
Jabatan Kerja Raya Malaysia
Jun 2019

KANDUNGAN

1.0 PENGENALAN 1
1.1 Tujuan 1
1.2 Skop 1
1.3 Terminologi 2
2.0 OBJEKTIF DAN KEPENTINGAN KERJA PENYIASATAN TANAH 3
2.1 Objektif 3
2.2 Kepentingan 3
3.0 KAJIAN MEJA 3
3.1 Jenis Pembangunan 3
3.2 Geologi 3
3.3 Geomorfologi 4
3.4 Sejarah Tapak 4
3.5 Peta Topografi 4
3.6 Gambar Udara 4
3.7 Rekod Perlombongan 4
3.8 Rekod Kajicuaca 5
3.9 Paras Air Pasang Surut 5
3.10 Pelan Kawasan Pembinaan Yang Lalu 5
3.11 Kemudahan Utiliti 5
3.12 Data Lubang Gerek Lampau 5
4.0 KAEDAH EKSPLORASI DAN UJIAN DI TAPAK 10
4.1 Kaedah Eksplorasi di Tapak 10
4.2 Ujian di Tapak 17
5.0 PANDUAN PENYEDIAAN SKOP KERJA PENYIASATAN TANAH 27
5.1 Bangunan 27
5.2 Jalan 28
5.3 Jambatan 33
5.4 Marin 38
6.0 UJIAN MAKMAL 43
RUJUKAN 53
PENGHARGAAN 54

SENARAI JADUAL **M/S**

Jadual 1	Fakta Teras Bagi Kajian Meja dan Sumber Maklumat	6
Jadual 2	Keperluan Minima Skop Siasatan Tapak Untuk Projek Bangunan	27
Jadual 3	Keperluan Minima Skop Siasatan Tapak Untuk Projek Jalan	28
Jadual 4	Kriteria Penamatan Kerja Penggerekan	29
Jadual 5	Keperluan Minima Skop Siasatan Tapak Untuk Projek Pembetung	31
Jadual 6	Keperluan Minima Skop Siasatan Tapak Untuk Projek Jambatan	33
Jadual 7	Keperluan Minima Skop Siasatan Tapak Untuk Projek Marin	38
Jadual 8	Rujukan Bagi Ujian Makmal	44

SENARAI RAJAH **M/S**

Rajah 1	*Spindle Machine*	11
Rajah 2	Ilustrasi *Hand Auger*	15
Rajah 3	Ilustrasi *Trial Pit*	16
Rajah 4	Ilustrasi Pengambilan Nilai SPT-N	18
Rajah 5	Ilustrasi Proba JKR / *Mackintosh Probe*	19
Rajah 6	Ilustrasi Ujian Ricih Bilah	20
Rajah 7	Ilustrasi *Piezocone*	21
Rajah 8	Ilustrasi Proses Seismic Biasan	23
Rajah 9	Skematik Kaedah *Parallel Seismic*	24
Rajah 10	Kedudukan BH di Kawasan Berbukit (3m - 15m)	29
Rajah 11	Kedudukan BH di Kawasan Berbukit (15m - 36m)	30
Rajah 12	Penentuan Bilangan Dan Kedudukan BH di Kawasan Berpaya	30
Rajah 13	Kedudukan BH Bagi Jalan Jajaran Baru dan Pelebaran	31
Rajah 14	Saiz Pembentung Kurang Dari 3 Meter	32
Rajah 15	Saiz Pembentung Lebih Dari 3 Meter	32
Rajah 16	Jambatan Jenis Satu Rentang	34
Rajah 17	Jambatan Jenis Berbilang Rentang	34
Rajah 18	Satu Rentang Tanpa Tanjakan	35
Rajah 19	Satu Rentang Dengan Tanjakan	35
Rajah 20	Berbilang Rentang Tanpa Tanjakan	36
Rajah 21	Berbilang Rentang Dengan Tanjakan	36
Rajah 22	VBC Panjang Kurang Dari 20m	37
Rajah 23	VBC Panjang Lebih Dari 20m	37

SENARAI RAJAH **M/S**

Rajah 24	Lokasi BH di *Approach Bridge* dan *Jetty Head*	39
Rajah 25	Lokasi BH di *Coastal Revetment* / *Breakwater*	40
Rajah 26	Lokasi BH di *Slipway* / *Boat Ramp*	40
Rajah 27	Lokasi BH di *Pontoon* / *Guide Pile* / *Gangway*	41
Rajah 28	Lokasi BH di Rumah Api / Kelong	41
Rajah 29	Lokasi BH di *Quay Wall*	42
Rajah 30	Lokasi BH, VS, dan PZ di Kawasan Tambakan Pesisir Pantai	42
Rajah 31	Jenis Ujian Tanah	44
Rajah 32	*Particle Size Distribution*	47

SENARAI FOTO **M/S**

Foto 1	Imej Satelit *Google Earth*	7
Foto 2	*Drilling Rod*	11
Foto 3	*Drill Bit*	12
Foto 4	*Rock Core Bit*	12
Foto 5	Sampel Terganggu Diambil Menggunakan *Split Spoon Sampler*	13
Foto 6	Sampel Tidak Terganggu Diambil Menggunakan *Thin Wall Sampler*	13
Foto 7	Sampel Tidak Terganggu Diambil Menggunakan *Mazier Sampler*	14
Foto 8	Sampel Batu	14
Foto 9	Hand Auger	15
Foto 10	Sampel Blok	17
Foto 11	Proba *JKR*	19
Foto 12	Komponen Bagi Alat Ricih Bilah	20
Foto 13	*Piezocone*	22
Foto 14	Peralatan Lapangan Kaedah Seismik	24
Foto 15	Graviti Meter Untuk Cerapan Data Graviti	25
Foto 16	Penggunaan Alat GPR di Tapak	26
Foto 17	*Moisture Content*	45
Foto 18	*Specific Gravity*	46
Foto 19	*Sieve Analysis*	46
Foto 20	*Hydrometer Analysis*	47
Foto 21	*Atterberg Limits*	48
Foto 22	*Triaxial Test*	49

SENARAI FOTO **M/S**

Foto 23	*1D Consolidation Test*	50
Foto 24	*Direct Shear Test*	50
Foto 25	*Unaxial Compressive Strength* (UCS)	51
Foto 26	*Point Load Test*	52

SENARAI LAMPIRAN **M/S**

Lampiran 1	Carta Aliran Kerja Penyiasatan Tapak	55
Lampiran 2a	Peta Geologi Semenanjung Malaysia, 2014 (Edisi ke-9)	56
Lampiran 2b	Peta Geologi Negeri Sabah, 2015 (Edisi Ke-4)	57
Lampiran 2c	Peta Geologi Sarawak, 2013 (Edisi Ke-3)	58
Lampiran 3a	Peta Bahaya Seismik Bagi Semenanjung Malaysia	59
Lampiran 3b	Peta Bahaya Seismik Bagi Sabah dan Sarawak	60
Lampiran 4	Senarai Semakan Lawatan Tapak	61
Lampiran 5	*Borelog*	63
Lampiran 6	*Mackintosh Probe Log*	64
Lampiran 7	*Hand Auger Log*	65
Lampiran 8	Jadual Kedalaman Pengerekan Batu	66

GLOSARI

Ringkasan	Maksud
Batuan	Bahan pejal/padu terhasil dari proses geologi yang tidak boleh dipecahkan apabila bercampur dengan air.
Batu Kapur	Sejenis batuan sedimen yang terdiri daripada mineral kalsit dan aragonit, berkomposisi kalsium karbonat ($CaCo_3$).
Batuan Sedimen	Sejenis batuan yang terbentuk hasil daripada pengenapan sedimen dan menjadi keras akibat proses penyimenan mineral atau partikel-partikel organik.
Boulders	Pecahan batuan yang mempunyai diameter melebihi 25.6cm.
Clinometer	Alat yang digunakan untuk mengukur suatu sudut cerun atau ketinggian suatu objek.
Enapan Koluvium	Enapan heterogen di sisi atau kaki cerun yang terdiri daripada campuran tanah dan pecahan batuan hasil daripada proses angkutan ke bawah cerun mengikut tarikan graviti.
Gambar Udara	Imej foto permukaan bumi ciri-ciri lain yang diambil menggunakan kapal terbang atau objek penerbangan lain.
Gambut	Tanah yang mengandungi bahan organik yang tinggi yang terbentuk daripada pengumpulan sisa-sisa tumbuhan yang terurai.
Gempa bumi	Gegaran ke atas permukaan bumi akibat daripada pelepasan tenaga secara tiba-tiba pada kerak bumi dalam bentuk gelombang seismik.
Geofizik	Kaedah eksplorasi atau penentuan ciri-ciri bawah permukaan melalui pengukuran dan pentafsiran sifat fizikal bahan bahan bumi.
Geologi	Bidang sains bumi yang mengkaji fenomena dan pelbagai proses di bumi.
Geomorfologi	Kajian saintifik berkaitan bentuk bentuk muka bumi termasuk perubahan geologi samada di daratan, lautan, dalam kerak bumi atau lapisan bumi.
Geoteknik	Bidang kejuruteraan awam yang mengkaji kejuruteraan sifat bahan bumi untuk tujuan rekabentuk kerja-kerja kejuruteraan dan penyelesaian masalah kejuruteraan.
Global Positioning System (GPS)	Sistem Kedudukan Sejagat yang merujuk kepada sistem yang menentukan kedudukan seseorang melalui rujukan silang dengan satelit yang mengelilingi Bumi
Hidrogeologi	Kajian berhubung pergerakan dan sebaran air dalam tanah dan batuan di dalam kerak bumi.
Hand Auger	Alat berbentuk rod yang digunakan untuk mengorek tanah pada kedalaman yang cetek bagi tujuan mendapatkan sampel tanah.

JKR Probe	Alat untuk mengenalpasti keupayaan galas tanah (*bearing capacity*) berdasarkan bilangan hentaman ke atas permukaan tanah.

Ringkasan	**Maksud**
Kaviti	Ruang di bawah permukaan samada kosong atau diisi oleh tanah/air yang terbentuk akibat proses perlarutan bahan batu kapur oleh air bawah tanah.
Lubang Benam	Fenomena semulajadi yang melibatkan runtuhan di permukaan di permukaan akibat pembentukan ruangan/ kaviti di bawah.
Lubang Gerek	Lubang yang dihasilkan menggunakan mesin penggerudian untuk mendapatkan maklumat bawah permukaan bagi tujuan siasatan geoteknik.
Luluhawa	Proses penguraian batuan, tanah, mineral dan bahan-bahan lain akibat tindakan fizikal dan kimia oleh udara, air dan organisma.
Marine Clay	Tanah liat yang biasanya terdapat di persisir pantai dan sekitaran laut.
MS 2038	Rujukan piawai bagi kerja penyiasatan tapak yang diterbitkan oleh Jabatan Standard Malaysia
MS 1056	Rujukan Piawai bagi ujian makmal tanah/batuan untuk tujuan kejuruteraan yang diterbitkan oleh Jabatan Standard Malaysia.
Peta Topografi	Peta yang mengandungi maklumat asas seperti lokasi sungai, kawasan berpaya, tasik, kawasan perumahan, jalan, kawasan pertanian dan sebagainya.
Piezocone Test	Ujian in-situ untuk menentukan ciri-ciri geoteknik tanah dan menilai stratigrafi bawah permukaan, ketumpatan relatif, kekuatan dan tekanan air bawah tanah.
Rangefinder	Alat yang digunakan untuk mengukur jarak suatu sasaran yang hendak diukur.
Rock Quality Designation (RQD)	Pengukuran kualiti batuan yang meliputi peratus kekar atau retakan dalam jasad batuan yang diperolehi daripada lubang gerek.
Static Cone Penetration Test	Ujian menggunakan *silinder penetrometer cone* yang ditekan pada tanah dengan kadar tekanan seragam untuk mengenalpasti kekuatan ricih tanah.
Tanah	Bahan bumi yang terjadi secara semulajadi atau dari tambakan dan boleh dipecahkan apabila bercampur dengan air. dengan tangan manusia. Ini termasuk batuan yang telah terluluhawa dan menjadi tanah mengikut istilah kejuruteraan.
Trial Pit	Lubang pengorekan yang dibuat secara manual atau jentera pengorek kecil untuk penyiasatan tapak bagi asas cetek.
Unmanned Aerial Vehicle	Sejenis kapal terbang tanpa jurupandu yang juga dikenali sebagai *drone*.

1.0 PENGENALAN

Kegagalan geoteknik semasa atau selepas pembinaan adalah sesuatu yang serius dan seringkali melibatkan kehilangan nyawa dan kerugian yang besar. Atas dasar tersebut, Lembaga Jurutera Malaysia mengeluarkan pekeliling khusus berkaitan penyiasatan tanah iaitu pekeliling bil 4/2005 dan bil 6/2017 selaras dengan Akta Pendaftaran Jurutera 1967 Pindaan 2015 Seksyen 15(1)o. Seksyen ini menyatakan mana-mana Jurutera yang gagal menjalankan tanggungjawab dengan penuh ketekunan boleh dikenakan tindakan disiplin yang melibatkan kemungkinan pembatalan atau penggantungan pendaftaran.

Menyedari kepentingan mendapatkan data penyiasatan tanah yang mencukupi dan meyakinkan, JKR Malaysia mengambil inisiatif mewujudkan Garis Panduan Perancangan Penyiasatan Tanah.

Garis panduan ini disediakan berdasarkan kepada pengalaman dan amalan umum di Malaysia khususnya pengalaman berkaitan projek-projek yang dikendalikan oleh agensi kerajaan. Beberapa siri bengkel telah diadakan sebelum ini bagi mendapatkan input dan norma kerja yang optimum bagi memastikan kecukupan data bagi satu-satu projek pembangunan. Maklumbalas dari pihak industri dan pengamal akademik juga telah diambil dalam usaha menjadikan garis panduan ini lebih komprehensif dan relevan. Walau pelbagai inisiatif dan pertimbangan telah diambil dalam penyediaan dokumen ini bagi menjadikannya satu garis panduan yang ringkas dan mudah, penggunaannya memerlukan asas kefahaman geoteknik. Pertimbangan kejuruteraan yang sewajarnya adalah perlu bagi memastikan kecukupan data. Garis panduan ini perlu dirujuk bersama-sama dengan MS 2038 : terkini, *Site Investigation - Code Of Practice* , MS 1056 : 2005. *Soils for Civil Engineering Purposes – Test Method*, Part 1 to Part 9 dan JKR/SPJ/2013 - S17 (*Standard Specification For Road Works – Section 17 : Site Investigation*) dengan pertimbangan kejuruteraan sewajarnya.

1.1 Tujuan

Dokumen ini disediakan sebagai panduan umum kepada perekabentuk dalam merancang kerja-kerja siasatan tapak. Ini merangkumi penentuan kaedah penyiasatan, kedudukan dan bilangan ujian lapangan dan jenis-jenis ujian makmal. Oleh yang demikian, hasil siasatan tapak adalah diharapkan mencukupi, efektif dan meyakinkan. Seterusnya dapat menyumbang ke arah pelaksanaan pembangunan fizikal kerajaan yang efisien.

1.2 Skop

Garis panduan ini merangkumi panduan keperluan minima dalam merancang kaedah skop dan jenis-jenis ujian yang diperlukan bagi kerja penyiasatan tapak untuk cadangan pembangunan fizikal.

Proses kerja keseluruhan adalah seperti ditunjukkan dalam carta alir di Lampiran 1: Carta Aliran Kerja Penyiasatan Tapak. Proses kerja penyiasatan tapak bermula dengan pengumpulan maklumat, kajian meja,

perancangan/penentuan skop, perolehan, pengawasan di tapak dan akhir sekali laporan penyiasatan. Dokumen ini memperincikan sehingga fasa perancangan dan mengesyorkan keperluan minima dalam mendapatkan maklumat atau parameter yang mencukupi untuk rekabentuk geoteknik bagi pembangunan baru. Penyiasatan forensik ke atas kegagalan geoteknik, cerun dan komposisi tanah yang kompleks memerlukan kepakaran khusus yang tidak diperincikan dalam garis panduan ini.

Walau bagaimanapun, kerja penyiasatan tapak bagi setiap projek adalah berbeza bergantung kepada keadaan tapak, jenis struktur yang dicadangkan, tahap risiko dan lain-lain. Oleh itu, bagi tapak-tapak yang lebih kritikal seperti bekas lombong, kawasan tercemar dan lain-lain, penyiasatan tapak yang lebih terperinci perlu dilaksanakan.

1.3 Terminologi

Terdapat beberapa istilah yang biasa dipakai di dalam kerja-kerja penyiasatan tapak ini tetapi kadang-kadang ditafsirkan dengan tafsiran yang berbeza. Bagi mengelakkan kekeliruan ini, istilah yang digunakan adalah seperti berikut:

a. Batuan – bahan pejal/padu terhasil dari proses geologi yang tidak boleh dipecahkan apabila bercampur dengan air.

b. Tanah – bahan bumi yang terjadi secara semulajadi atau dari tambakan dan boleh dipecahkan apabila bercampur dengan air. Ini termasuk batuan yang telah terluluhawa dan menjadi tanah mengikut istilah kejuruteraan.

Butiran tanah halus atau tanah halus pula adalah tanah yang mengandungi lebih kurang 35% atau lebih kandungan partikel halus yang terdiri dari kelodak dan tanah liat.

Butiran tanah kasar pula adalah tanah yang mengandungi partikel tanah halus kurang daripada 35% dan partikel tanah kasar melebihi 65%.

Tanah lekitan secara umumnya adalah disebabkan oleh kandungan partikelnya yang halus seterusnya membuatkannya melekit secara jisim. Sebaliknya tanah berpasir atau bebas lekitan tidak akan membentuk sifat lekitan secara jisim.

Istilah mudah ini adalah sangat berguna di dalam mengklasifikasikan tanah sewaktu kerja-kerja penyiasatan tanah bagi tujuan memilih kaedah-kaedah persampelan yang bersesuian. Tanah halus secara lazimnya mempunyai sifat kejelekitan.

Menggerek (*boring*) adalah satu kaedah membuat lubang ke dalam tanah bagi tujuan pengambilan sampel dan ujian lapangan. Ini termasuk menggunakan *auger* atau *rotary* bagi menghasilkan lubang gerek.

2.0 OBJEKTIF DAN KEPENTINGAN KERJA PENYIASATAN TANAH

2.1 Objektif

a. Mendapatkan maklumat berkaitan tanah dari aspek stratigrafi terutamanya kedalaman batuan dasar, kekuatan dan sifat tanah bagi membolehkan penilaian kesesuaian di sesuatu tapak dibuat.
b. Mendapatkan parameter yang berkaitan dengan tanah, batuan dan air tanah untuk menghasilkan rekabentuk dan kaedah pembinaan yang optimum. Antara parameter yang boleh diperolehi melalui penyiasatan tanah adalah seperti SPT- *N Value*, klasifikasi tanah, kekuatan ricih tanah, paras serta tekanan air tanah dan *Rock Quality Designation* (RQD) di sesuatu kawasan.
c. Mengesan pencemaran kesan dari penggunaan tapak sebelumnya bagi mengenalpasti implikasi ke atas cadangan pembangunan.

2.2 Kepentingan

a. Membantu dalam rekabentuk geoteknik dan pembaikan tanah untuk mengawal risiko kegagalan geoteknik yang seringkali dikaitkan dengan maklumat yang tidak mencukupi. Kegagalan geoteknik ini boleh mengakibatkan peningkatan kos pembinaan/pembaikan, kelewatan penyiapan projek dan berisiko terhadap keselamatan awam.
b. Merancang kaedah yang terbaik untuk kerja-kerja pembinaan termasuk mengenalpasti implikasi terhadap perubahan yang mungkin berlaku terhadap tanah serta struktur sedia ada di lokasi persekitaran.

3.0 KAJIAN MEJA

Kajian meja adalah tindakan awalan yang perlu dilakukan sebelum kerja-kerja siasatan tapak dimulakan bertujuan untuk mendapatkan maklumat-maklumat awal tapak. Kajian meja hendaklah mengandungi fakta teras yang membolehkan tafsiran ke atas aspek-aspek fizikal, geo-persekitaran, geoteknik dan geomorfologi untuk menghasilkan model tapak dan model konsep tapak. Maklumat-maklumat di bawah diperlukan dalam merancang kerja-kerja penyiasatan tapak.

3.1 Jenis Pembangunan

Sebelum kerja-kerja penyiasatan tapak dilaksanakan, skop dan jenis projek hendaklah dikenalpasti terlebih dahulu samada projek tersebut adalah projek pembinaan jalan, jambatan, bangunan, maritim, rel, cerun, forensik dan sebagainya. Perkara ini penting bagi tujuan penentuan skop siasatan tapak yang bersesuaian dengan projek tersebut**.**

3.2 Geologi

Pengetahuan tentang kawasan dan sekitar adalah penting kerana ia berkait rapat dengan geologi setempat bagi kerja penyiasatan tapak. Peta geologi merupakan suatu lembar peta yang menggambarkan keadaan dan informasi geologi suatu kawasan. Di antaranya adalah formasi batuan, litologi, fosil,

stuktur geologi di tapak tertentu. Kepentingan maklumat geologi harus ditafsirkan dengan betul oleh jurutera/ahli geologi bagi membantu perancangan kerja-kerja penyiasatan tapak dan mengetahui secara umum keadaan sekitar tapak bina, sempadan kawasan jalan-jalan yang menghubungkannya, sungai-sungai dan yang paling penting adalah geologi tanah kawasan berhampiran. Senarai peta geologi seperti berikut:-

a. Lampiran 2a: Peta Geologi Semenanjung Malaysia, 2014 (Edisi ke-9)
b. Lampiran 2b: Peta Geologi Sarawak, 2013 (Edisi Ke-3)
c. Lampiran 2c: Peta Geologi Negeri Sabah, 2015 (Edisi Ke-4)

Peta tersebut boleh diperolehi daripada Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia (JMG).

3.3 Geomorfologi

Geomorfologi merupakan kajian atau pengetahuan tentang perkara-perkara yang berkaitan dengan bentuk bentuk muka bumi, samada daratan, lautan atau apa-apa kajian dalam kerak bumi atau lapisan bumi.

3.4 Sejarah Tapak

Sejarah penggunaan tapak termasuk maklumat potensi arkeologi, aset diwartakan sebagai warisan, hutan simpan, struktur binaan, infrastruktur, serta potensi pencemaran (bekas tapak buangan sisa, bekas kilang toksik dan lain-lain) antara faktor yang perlu diambilkira.

3.5 Peta Topografi

Maklumat asas seperti lokasi sungai, kawasan berpaya, tasik, kawasan perumahan, jalan, kawasan perkuburan, kawasan pertanian dan sebagainya boleh diperolehi daripada peta topo yang boleh diperolehi daripada Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM).

3.6 Gambar Udara

Maklumat-maklumat yang tidak dapat diperolehi daripada peta topo dan peta geologi boleh diperolehi daripada penafsiran gambar udara. Fenomena seperti kesan tanah runtuh, perubahan pembangunan sekitar, jalan dan bangunan baru sekitar, kesan-kesan sungai bermusim boleh dikesan menggunakan gambar udara.

3.7 Rekod Perlombongan

Rekod-rekod perlombongan semasa, masa lalu dan akan datang hendaklah dikenalpasti.

3.8 Rekod Kajicuaca

Data-data perubahan iklim amat penting bagi kawasan yang mengalami perubahan iklim yang ketara kerana kelembapan memainkan peranan dalam masalah tanah. Contohnya maklumat hujan dan faktor kemungkinan berlaku banjir perlu diperolehi. Sebarang keadaan yang berkemungkinan akan berlaku seperti gempa bumi, hakisan, banjir, ribut taufan dan sebagainya.

3.9 Paras Air Pasang Surut

Maklumat pasang surut air untuk kerja-kerja yang melibatkan kawasan pantai, laut, sungai dan tasik disemak terlebih dahulu.

3.10 Pelan Kawasan Pembinaan Yang Lalu

Pelan kawasan pembinaan lampau perlu dikumpul di mana di dalamnya menunjukkan bangunan dan jalan sedia ada serta menunjukkan keadaan tanah sekitarnya atau kerja tanah yang telah dijalankan.

3.11 Kemudahan Utiliti

Kemudahan utiliti yang terdapat di kawasan penyiasatan tapak seperti jajaran kabel elektrik, telefon, paip air, gas, kabel fiber optik dan sebagainya perlu diketahui agar kerosakkan utiliti sedia ada dapat dielakkan disamping mencegah daripada berlakunya tragedi yang tidak diingini.

3.12 Data Lubang Gerek Lampau

Data lubang gerek lampau yang mempunyai maklumat strata lapisan tanah, kedudukan paras air tanah dan keputusan ujian makmal untuk tanah dan batuan dari kawasan bersebelahan yang telah dibangunkan amat berguna bagi tujuan rujukan. Skop kerja dapat ditentukan dengan berkesan dengan adanya data ini.

Fakta teras yang perlu ada dalam suatu kajian meja dan sumber maklumat adalah sebagaimana ditunjukkan dalam Jadual 1.

Jadual 1 : Fakta Teras Bagi Kajian Meja dan Sumber Maklumat

Aspek	Maklumat terperinci	Sumber maklumat
Jenis Pembangunan	Keperluan dan jenis pembangunan yang akan dilaksanakan seperti projek pembinaan jalan, jambatan, bangunan, maritim, cerun, rel, forensik dan sebagainya	Klien Pemaju Perekabentuk
Maklumat Umum Tapak	Lokasi (alamat, koordinat), sempadan, hakmilik tanah, guna tanah, taburan hujan, potensi banjir, status perlindungan alam sekitar, utiliti dan maklumat lain yang berkaitan.	Pelan Tapak Pelan Ukur Tanah Peta Utiliti (TNB, Air, TELCO dll) Jadual pasang surut (JPS), Data Banjir Data Meteorologi (MET Malaysia)
Sejarah Tapak	Pengenalpastian potensi arkeologi, aset diwartakan sebagai warisan, hutan simpan, struktur binaan, infrastruktur (terowong, paip, kabel), serta potensi pencemaran (bekas tapak buangan sisa, bekas kilang toksik dan lain-lain)	Dokumen/penerbitan, gambar (Jabatan Arkib Negara) Peta Gunatanah (PLANMalaysia) Warta Kerajaan
Geologi Tapak	Maklumat geologi umum termasuk kawasan sensitif geologi (batu kapur, enapan koluvium, tanah gambut, tanah berpaya, *boulders*, zon sesar, zon gempa bumi), hidrogeologi dan potensi mineral.	Laporan siasatan tapak terdahulu (JKR, JMG, agensi/PBT lain) Peta Geologi, Peta Bahaya Gempa Bumi (JMG)
Geomorfologi	Merupakan kepelbagaian bentuk muka bumi seperti rupa bentuk geometri kawasan, topografi, sungai, tasik, kawasan paya, lombong, laut, bukit, cerun bekas tanah runtuh dan sebagainya	Peta topografi (JUPEM) Imej satelit (*Google Earth*, ARSM) Foto udara (JMG, UAV, LIDAR)

Maklumat-maklumat lengkap bagi perkara dalam Jadual 1 boleh diperolehi melalui rujukan-rujukan berikut:-

a. Malaysian Standard MS 2038 (*Site Investigations – Code of Practice*) terkini.

b. Peta Geologi
   i. Peta Geologi Semenanjung Malaysia, 2014 (Edisi ke-9) - Lampiran 2a
   ii. Peta Geologi Sarawak, 2013 (Edisi Ke-3) - Lampiran 2b
   iii. Peta Geologi Negeri Sabah, 2015 (Edisi Ke-4) - Lampiran 2c

c. Peta Bahaya Seismik
   i. Peta Bahaya Seismik Bagi Semenanjung Malaysia - Lampiran 3a
   ii. Peta Bahaya Seismik Bagi Sabah dan Sarawak - Lampiran 3b

d. Garis Panduan Perancangan Pembangunan di Kawasan Bukit dan Tanah Tinggi, Jabatan Perancang Bandar dan Desa (JPBD) 2009.

e. *Guidelines for Construction on Peat and Organic Soils in Malaysia, CREAM,* 2015.

f. Lain-lain rujukan berkaitan. Contoh *Google Earth Map.*

Antara contoh rujukan yang boleh digunakan adalah seperti dalam Foto 1 (Imej Satelit *Google Earth*).

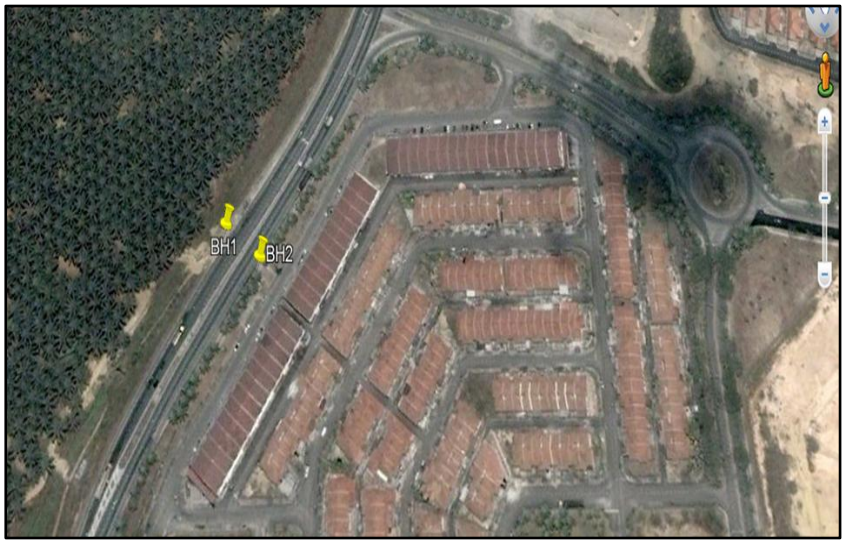


Foto 1 : Imej Satelit *Google Earth*

3.13 Tinjauan Tapak/ Lawatan Tapak

Pemeriksaan secara visual di tapak perlu dijalankan bagi menentukan keadaan sebenar di tapak dan menguatkan penemuan yang telah diperolehi daripada kajian meja (*desk study*). Maklumat-maklumat yang diperolehi

daripada kajian meja hendaklah dibandingkan dengan keadaan sebenar di tapak. Ini adalah diperlukan kerana kemungkinan terdapat perbezaan atau perubahan yang telah berlaku di tapak.

Tinjauan di tapak perlu dilaksanakan secara menyeluruh untuk mengenalpasti risiko, halangan perkara luar jangka yang terdapat di tapak supaya maklumat yang diperolehi dapat dinilai dengan tepat dan terperinci.

Sebelum melaksanakan tinjauan/ lawatan tapak perkara-perkara di bawah perlu disediakan :-

a. Pelan tapak/ lokasi daripada Pejabat Tanah dan Galian (PTG), peta topografi, peta geologi, gambar foto daripada JUPEM, imej satelit dari Agensi Remote Sensing Malaysia (ARSM), maklumat pasang surut dari Jabatan Laut Malaysia dan JUPEM dan sebagainya mengikut kesesuaian data tapak yang diperlukan;
b. Kebenaran untuk memasuki tapak telah diperolehi daripada pemilik dan penghuni;
c. Peralatan-peralatan tertentu yang perlu dibawa bagi tujuan mengumpul maklumat seperti kamera, pita ukur, *rangefinder*, *Global Positioning System* (GPS), *clinometer*, kompas, buku cacatan dan sebagainya.

Beberapa maklumat umum perlu diperhatikan dan direkodkan untuk memudahkan kerja-kerja membawa masuk alatan atau loji yang akan digunakan semasa kerja-kerja penyiasatan tanah adalah :-

a. Lokasi tempat cadangan kerja-kerja penyiasatan tanah perlu ditandakan;
b. Semak dan rekodkan perbezaan yang telah berlaku pada pelan, imej satelit, peta sempadan jalan, bangunan dan sebagainya;
c. Setiap halangan yang berada di tapak direkodkan melalui pemerhatian penanda utiliti seperti kabel bawah tanah, pencawang elektrik, paip bekalan air, terowong bawah tanah dan sebagainya;
d. Kenalpasti akses keluar dan masuk bagi merancang pergerakan peralatan dan loji di tapak;
e. Pemeriksaan dan pemerhatian di tapak berkaitan paras air, arus, sungai / terusan / parit serta paras banjir dan perubahan yang mungkin berlaku di tapak;
f. Struktur binaan yang berisiko mengalami kerosakan semasa atau selepas kerja-kerja penyiasatan tanah yang akan dilaksanakan;
g. Mengenalpasti cerun, bangunan dan struktur-struktur yang mungkin memberi kesan sebelum kerja-kerja penyiasatan tapak dilaksanakan;
h. Mengenalpasti kawasan sensitif yang mana terdapat kekangan dari segi masa, laluan, kawasan yang terhad sebelum kerja-kerja penyiasatan tapak dilaksanakan seperti (istana, parlimen, kawasan perubatan, bangunan berkepentingan tinggi, kawasan sensitif bunyi, kawasan persenjataan, kawasan mudah terbakar, bahan radioaktif dan sebagainya).

Penilaian risiko dari segi keselamatan dan kesihatan perlu dilaksanakan sebelum lawatan tapak dilaksanakan. Penilaian perlu berdasarkan daripada keputusan kajian meja yang terkini. Jika terdapat sebarang bahan atau keadaan yang membahayakan seperti bahan tercemar, bahan radioaktif dan sebagainya, penilaian risiko perlu dikaji semula dan langkah kawalan yang bersesuaian perlu diambil seperti penggunaan alat perlindungan diri. Dapatkan nasihat pakar jika perlu. Taklimat keselamatan tentang bahaya dan risiko serta langkah-langkah keselamatan perlu diberikan kepada pihak yang akan melaksanakan tinjauan atau lawatan tapak bagi kawasan sensitif dan merbahaya.

Contoh senarai semakan lawatan tapak adalah seperti dalam Lampiran 4 : Senarai Semak Lawatan Tapak.

4.0 KAEDAH EKSPLORASI DAN UJIAN DI TAPAK

4.1 Kaedah Eksplorasi di Tapak

Kerja-kerja penyiasatan tapak terbahagi kepada dua kaedah *destructive* (kaedah eksplorasi) dan *non-destructive* (ujian di tapak).

Antara ujian yang boleh dijalankan dalam lubang gerek ialah *Standard Penetration Test* (SPT), *Geonor Field Vane Shear Test*, *Parallel Seismic, Inclinometer* dan *Piezometer*.

4.1.1 Lubang Gerek (BH)

Lubang gerek merupakan satu kaedah penyiasatan geoteknik untuk mengenalpasti parameter tanah seperti komposisi tanah, profil tanah, nilai SPT-N dan lain – lain.

Terdapat 2 jenis kaedah yang biasa digunakan untuk membuat lubang gerek iaitu :-

a. Kaedah *Rotary Drilling*

Lubang gerek digerudi menggunakan *rod dan casing* sepertimana yang disyorkan dalam MS 2038. Mata gerudi yang digunakan adalah dari jenis *tricone bit/ fish tail bit.* Kebiasaannya tempoh penggerudian adalah 3 hari untuk satu lubang. Semasa penggerudian dijalankan, air dialirkan ke dalam *casing*. Ianya tidak sesuai digunakan di kawasan berpasir. Kaedah ini dapat mengurangkan gangguan pada sampel.

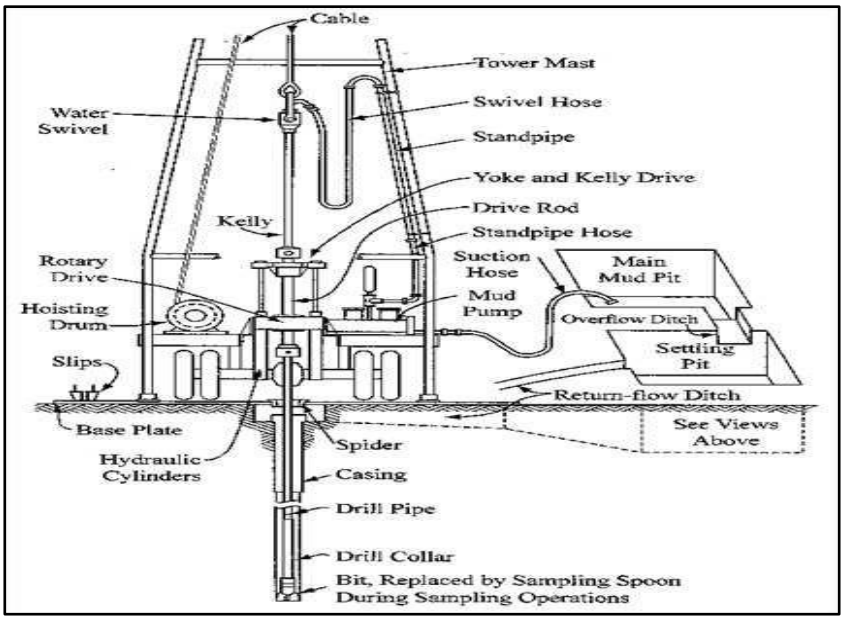
b. Kaedah *Wash Boring*

Kaedah *Wash Boring* merupakan kaedah penggerudian tanah dengan menggunakan gabungan tindakan penggerudian bit dan tekanan air. Lubang gerek dibuat dengan melonggarkan/ meleraikan tanah dengan pancutan air bertekanan tinggi di mana sampel tanah yang lebih dalam boleh diperolehi.

Kaedah ini menggunakan air dipam masuk melalui rod yang berongga. Partikel tanah akan dicuci naik ke atas permukaan. Tanah yang dipecahkan akan dibawa ke atas permukaan oleh air dalam bentuk campuran air tanah. Perbezaan warna air dan kadar penggerudian akan dapat memberi maklumat berkenaan perubahan lapisan tanah. Pengenalan tepat jenis tanah sukar ditentukan oleh kerana partikel tanah telah dipecahkan oleh pahat penggerudi dan campuran bahan berlaku semasa partikel-partikel tanah tersebut dipam keluar. Hanya pekerja mahir sahaja boleh merasai perubahan yang berlaku daripada bunyi dan pertukaran warna air yang naik ke permukaan apabila sempadan strata tanah yang berlainan ditemui. Sampel tanah

yang didapati dengan kaedah ini adalah jenis sampel tanah terganggu.

Antara peralatan yang digunakan untuk aktiviti eksplorasi di bawah permukaan tanah adalah dengan menggunakan *spindle machine* seperti dalam Rajah 1. Penggerudi dilengkapi dengan *drilling rod* seperti dalam Foto 2 yang berfungsi sebagai penghubung dari *spindle machine* kepada mata pemotong samada *drill bit* seperti dalam Foto 3 ataupun *rock core bit* seperti dalam Foto 4 dan ianya boleh disesuaikan mengikut kedalaman.



Rajah 1 : *Spindle Machine*

Foto 2 : *Drilling Rod*

Foto 3 : *Drill Bit*

Foto 4 : *Rock Core Bit*

Selain daripada itu, kaedah ini juga digunakan untuk pengambilan sampel seperti berikut:

a. Sampel Terganggu (Foto 5)
b. Sampel Tidak Terganggu (Foto 6 dan Foto 7)
c. Sampel Batuan (Foto 8)

Foto 5 : Sampel Terganggu Diambil Menggunakan *Split Spoon Sampler*

Foto 6 : Sampel Tidak Terganggu Diambil Menggunakan *Thin Wall Sampler*

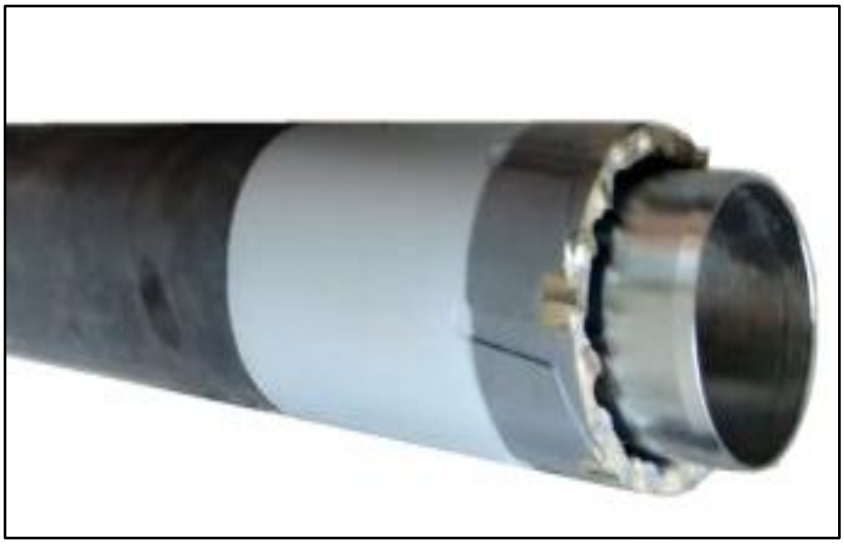


Foto 7 : Sampel Tidak Terganggu Diambil Menggunakan *Mazier Sampler*

Foto 8 : Sampel Batuan

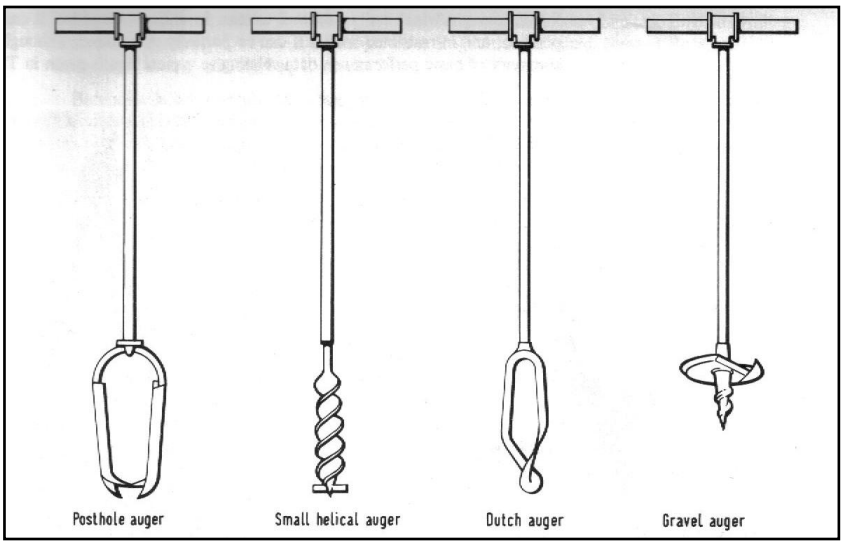
4.1.2 Hand Auger

Hand Auger boleh digunakan untuk proses pengambilan sampel terganggu, bukaan tiub yang kecil dan pemantauan air tanah.

Kaedah ini menggunakan alatan yang ringan dan dikorek menggunakan tangan. Lubang berdiameter minima 100mm dan dikorek sehingga kedalaman 7.5m.

Kaedah ini tidak dapat dilaksanakan di kawasan tanah yang berpasir dan kawasan yang mempunyai paras air tanah yang tinggi kerana tanah tersebut berisiko untuk runtuh. Maklumat daripada hasil ujian akan dicatat dalam borang seperti di Lampiran 7 : Hand Auger Log.

Foto 9 : *Hand Auger*



Rajah 2 : Ilustrasi *Hand Auger*

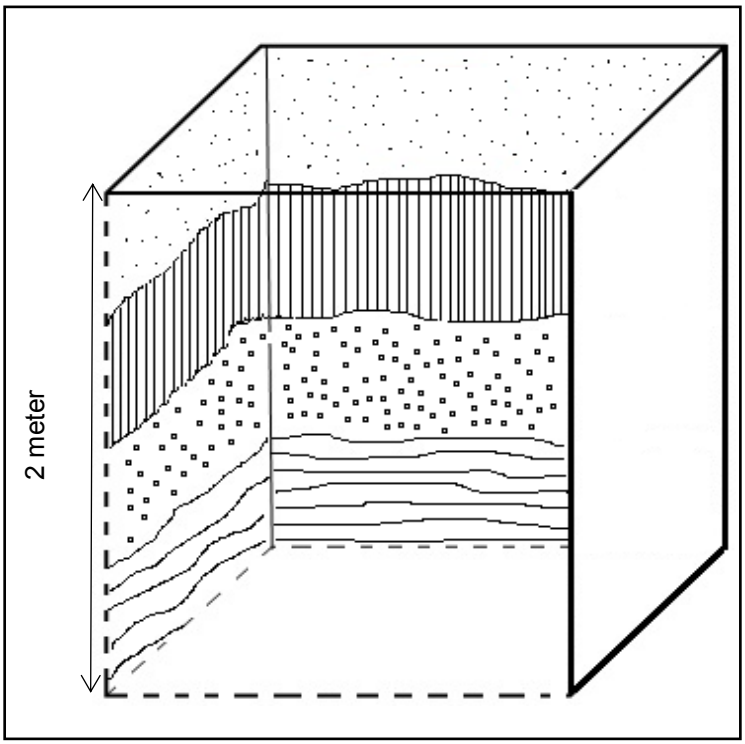
4.1.3 *Trial pit*

Trial pit adalah kaedah penyiasatan tapak yang cetek iaitu sehingga kedalaman 3m. Kerja pengorekan dilaksanakan secara manual atau jentera pengorek kecil. Melalui kaedah ini urutan strata tanah dan ketebalan boleh dilihat dan diperiksa pada dinding lubang. Selain daripada itu, sampel terganggu dan sampel tidak terganggu secara pukal lebih mudah diperolehi dan diuji bagi mengenalpasti klasifikasi tanah yang berkaitan.

Sampel terganggu diambil dan dikenalpasti sebagai sampel pukal dan sampel tidak terganggu dikenalpasti sebagai sampel blok.

a. Sampel pukal:
   Diambil dengan menggunakan peralatan menggali secara manual dan diletakkan ke dalam plastik dan ditutup dengan sempurna untuk mengekalkan kelembapan tanah.

b. Sampel blok:
   Blok kecil dihasilkan dalam lubang yang telah digali menggunakan alatan menggali yang lebih kecil seperti pisau dan spatula. Sampel tersebut perlu dibalut menggunakan *plastic membrane* dan *heavy duty foil.*



Rajah 3 : Ilustrasi *Trial Pit*

Foto 10 : Sampel Blok

4.2 Ujian di Tapak

Ujian yang dijalankan di tapak bertujuan mendapatkan bacaan terus (*direct reading*) parameter-parameter yang diperlukan oleh perekabentuk seperti kekuatan tanah. Ujian di tapak adalah diperlukan bagi mengambil sampel tanah bagi tujuan mengenalpasti komposisi dan kekuatan tanah.

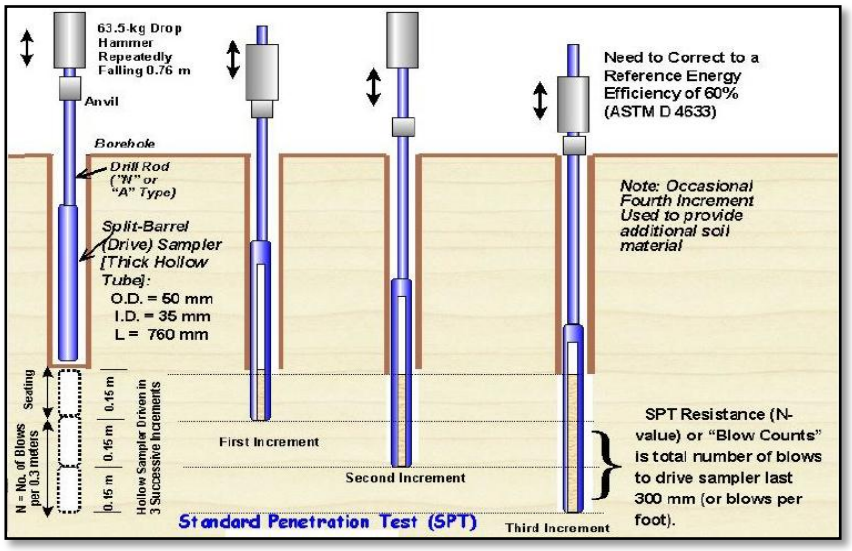
Antara ujian yang dijalankan di tapak adalah seperti berikut:

a. Ujian Penusukan Piawai, *Standard Penetration Test* (SPT)
b. Proba JKR/*Mackintosh Probe* (MP)
c. *Vane Shear Test*
d. *Piezocone (CPTu)*
e. Kajian Geofizik

4.2.1 Ujian Penusukan Piawai, *Standard Penetration Test* (SPT)

SPT merupakan ujian yang digunakan untuk menentukan keupayaan galas bagi tanah. Satu tiub pemisah sampel *(split barrel sampler)* berdiameter 50mm dimasukan ke dalam tanah pada paras tapak lubang gerek dan kemudian ia diketuk masuk sedalam 450mm ke dalam tanah dengan menggunakan tukul seberat 63.5 kg dan tinggi jatuhan 0.76m. Bilangan hentaman dicatat untuk tusukan sedalam 300mm. Bilangan hentaman dikenali sebagai SPT-N.

Rajah 4 menunjukkan kaedah bagi mendapatkan nilai SPT-N. Nilai ini direkodkan dalam borang *Borelog*. Contoh *Borelog* yang digunakan seperti Lampiran 5 : *Borelog*.



Rajah 4 : Ilustrasi Pengambilan Nilai SPT-N

4.2.2 Proba JKR/Mackintosh Probe (MP)

Proba JKR / *Mackintosh Probe* merupakan satu alat untuk mengenalpasti keupayaan galas tanah (*bearing capacity*) berdasarkan bilangan hentaman.

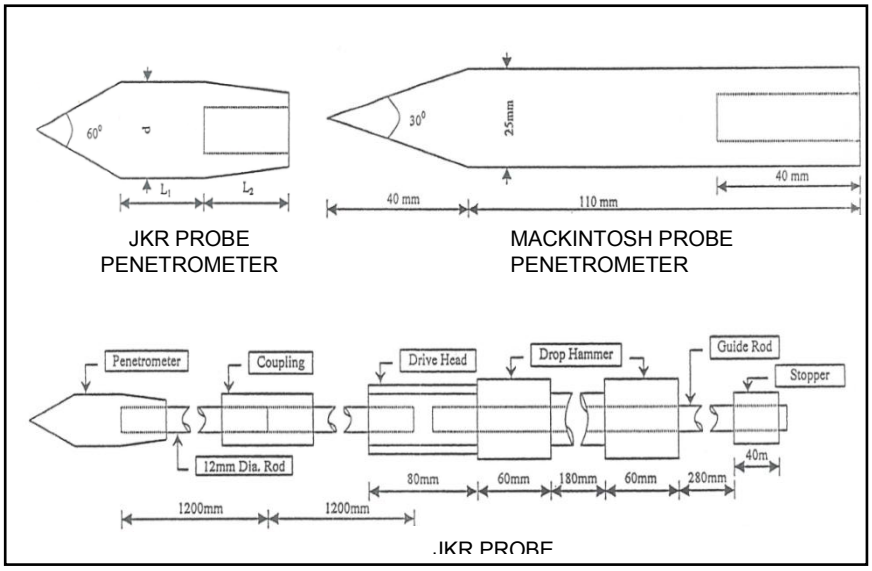
Jatuhan 4.5 kg *hammer* adalah pada ketinggian 300mm dan bacaan bilangan jatuhan akan diambil pada setiap kedalaman 300mm.

Ujian ini akan ditamatkan sehingga 400 hentaman per 300mm atau 15m mana yang terdahulu. Bacaan hentaman direkodkan di dalam borang *MP log* seperti Lampiran 6 : *Mackintosh Probe* log.

Kelebihan alat ini adalah ringan dan mudah digunakan. Namun begitu, terdapat beberapa kekurangan seperti berikut:

a. Ketepatan data diragui kerana terdapat banyak bilangan ketukan yang terlibat dan jatuhan *hammer* tidak konsisten.
b. Hanya digunakan bagi asas yang cetek.
c. Tiada pengambilan sampel tanah.
d. Tidak dapat menembusi lapisan yang terlalu keras dan berbatu.

Foto 11 : Proba JKR



Rajah 5 : Ilustrasi Proba JKR / *Mackintosh Probe*

4.2.3 Ujian Ricih Bilah (*Vane Shear Test*, VST)

Ujian Ricih Bilah adalah bertujuan untuk mendapatkan nilai ricih tanah. Pada kebiasaannya alat *Vane* ditekan bermula dari dasar lubang gerek sehingga pada kedalaman yang dikehendaki. Dengan menggunakan *torque meter*, kilasan pada kadar 6 darjah setiap minit dibuat pada pangkal alat.

Ujian Ricih Bilah tidak sesuai digunakan pada tanah berbutir kasar dan tanah liat yang sangat keras.

Foto 12 : Komponen Bagi Alat Ricih Bilah

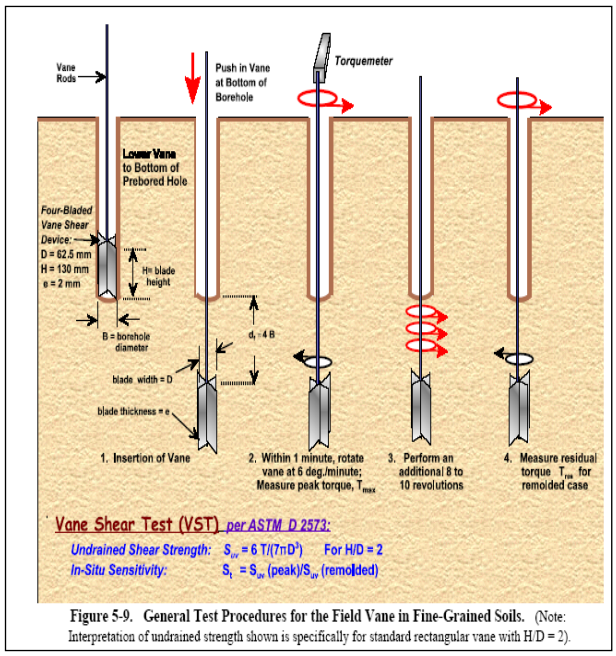


Figure 5-9. General Test Procedures for the Field Vane in Fine-Grained Soils. (Note: Interpretation of undrained strength shown is specifically for standard rectangular vane with H/D = 2).

Rajah 6 : Ilustrasi Ujian Ricih Bilah

4.2.4 *Cone Penetration Test* (CPT)

Cone Penetration Test (CPT) digunakan untuk menentukan daya rintangan tanah, mengukur tekanan air liang serta mengenalpasti lapisan tanah. Ujian ini disyorkan untuk dilaksanakan di kawasan tanah lembut dan tapak yang terdedah kepada risiko pencairan.

Kaedah ini menggunakan kon yang ditusuk secara berterusan dan seragam di tapak.

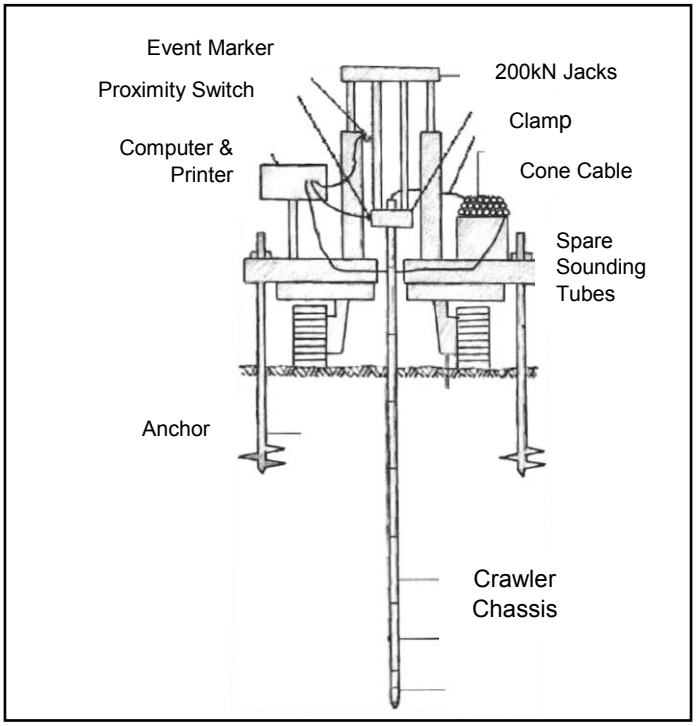
Ujian CPT yang biasa dilaksanakan boleh dikategorikan dalam 3 jenis iaitu:-

i. *Deep sounding test* – Ujian ini dilaksanakan dengan menekan kon ke dalam tanah dengan kadar seragam yang perlahan untuk mengukur rintangan tusukan (q_c) pada hujung kon dan rintangan geseran (q_s) pada rod.

ii. *Piezocone test* – Ujian ini menggunakan proba yang konnya mempunyai *piezometric sensor* untuk mengukur tekanan air liang selain daripada mendapatkan nilai q_c dan q_s.

iii. *Dissipation test* juga boleh dilaksanakan pada kedalaman tertentu dengan ujian Piezocone untuk memperoleh parameter *hydraulic conductivity* (k) bagi tanah. Ujian ini perlu dijalankan sehingga *degree of dissipation*, U mencapai sekurang-kurangnya 50%.

Ujian CPT perlu dilaksanakan berpandukan piawaian yang telah digariskan iaitu dalam MS 1056 Part 9, JKR/SPJ/2-13-S17 dan ASTM D-5778.



Rajah 7 : Ilustrasi *Piezocone*

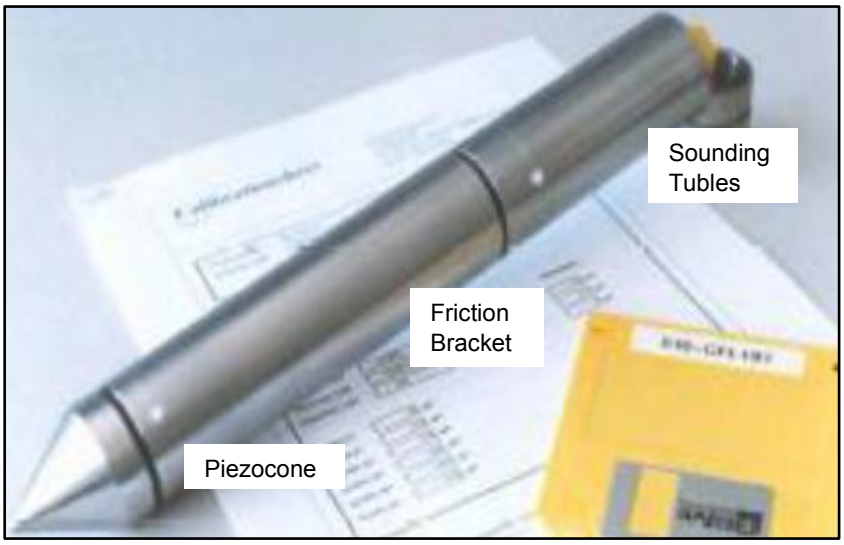


Foto 13 : *Piezocone*

4.2.5 Kajian Geofizik

Kajian geofizik boleh didefinisikan sebagai suatu kaedah eksplorasi atau penentuan ciri-ciri bawah permukaan melalui pengukuran dan pentafsiran sifat fizikal bahan bahan bumi. Kelebihan kaedah geofizik adalah ia dapat meliputi kawasan yang lebih luas dengan kos yang lebih rendah berbanding lubang gerek.

Dalam bidang kejuruteraan geoteknik, kaedah geofizik biasa digunakan untuk menentukan jenis bahan bumi, kekuatan batuan, dan kedalaman batuan dasar. Di samping itu, ia juga boleh digunakan untuk siasatan lubang benam *(sinkhole),* penentuan kaviti dan morfologi batu kapur, kewujudan bongkah batuan (*boulders*), penentuan zon lemah seperti *fractured zone* dan *fault zone* serta siasatan tanah runtuh. Penentuan utiliti bawah permukaan dan siasatan terowong serta empangan juga boleh menggunakan kaedah geofizik.

Kajian geofizik yang biasa digunakan dalam bidang kejuruteraan adalah:

a. Kajian Seismik
b. Pengimejan Resistiviti 2-Dimensi (2D-ERI)
c. Graviti
d. *Ground Penetration Radar (GPR)*

Sebaiknya kajian geofizik dijalankan terlebih dahulu diikuti oleh pembinaan lubang gerek untuk mengesahkan penemuan daripada

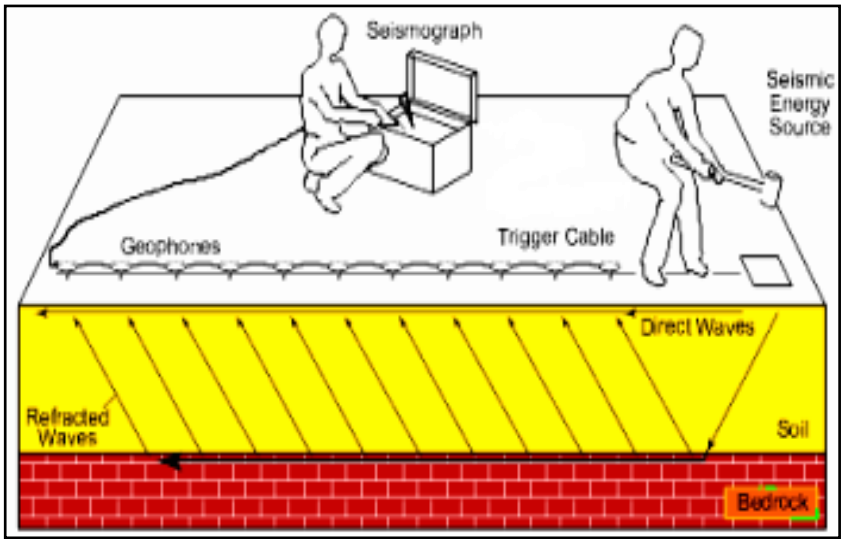
kajian geofizik. Lokasi lubang gerek hendaklah dibina berpandukan kepada penemuan kajian geofizik.

a. Kajian Seismik

Kaedah seismik yang biasa digunakan dalam siasatan tapak adalah seismik biasan (*seismic refraction*) dan *parallel seismic*.

i. Seismik Biasan (*Seismic Refraction*)

Kaedah seismik biasan biasanya digunakan bagi penyiasatan bahan bumi pada kedalaman yang cetek. Kaedah ini berasaskan pengukuran masa pergerakan gelombang elastik dalam bahan bumi yang dihasilkan oleh sumber gelombang melalui ketukan, jatuhan bahan beban atau letupan. Gelombang yang telah dihantar ke dalam bumi kemudiannya akan dibiaskan semula ke permukaan untuk diterima oleh penerima gelombang (*geofon*) dan masa ketibaan direkodkan oleh Seismograf.



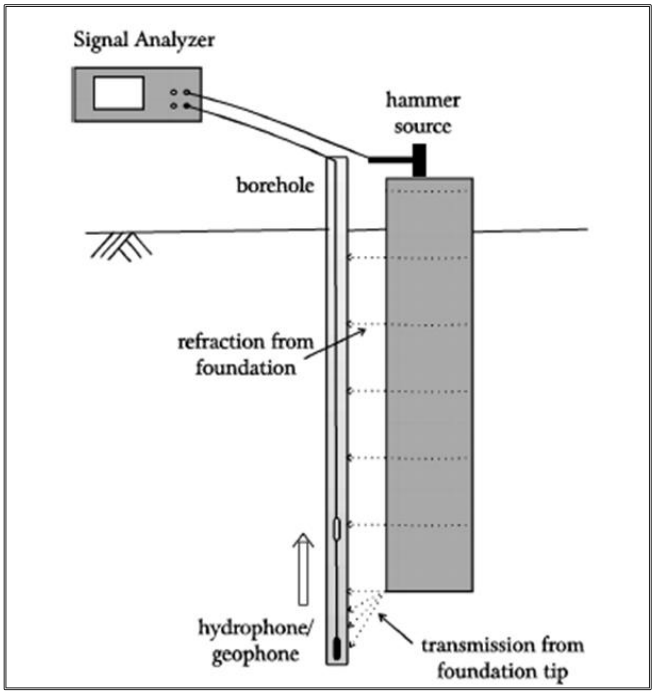
Rajah 8 : Ilustrasi Proses Seismik Biasan

Foto 14 : Peralatan Lapangan Kaedah Seismik

ii. Parallel Seismic

Parallel Seismic adalah satu kaedah ujian dalam lubang gerek bertujuan untuk menentukan kedalaman yang tidak diketahui bagi suatu asas binaan (*foundation).* Kaedah ini juga boleh mengesan anomali utama di sekitar asas binaan serta memberikan profil halaju tanah di sekeliling.

Kaedah ini memerlukan lubang gerek berdiameter 50mm yang disimenkan (*grouted*) untuk memastikan lubang sentiasa terbuka dan *casing* adalah bersentuhan dengan bahan bumi. Geofon sebagai penerima gelombang dimasukkan ke dalam lubang gerek pada kedalaman tertentu.



Rajah 9 : Skematik Kaedah *Parallel Seismic*

b. Kaedah Pengimejan Resistiviti 2-Dimensi (2D-ERI)

Kaedah pengimejan resistiviti 2-Dimensi (2D-ERI) merupakan suatu kaedah di mana arus eletrik dialirkan ke bawah permukaan dan seterusnya nilai keberintangan bahan bumi diukur. Umumnya kaedah ini sesuai untuk menentukan lapisan berbeza, zon sesar, satah gelinciran, kaviti, bongkah batuan (*boulders*), paras air tanah dan lain-lain.

Terdapat pelbagai susun atur elektrod untuk mengukur keberintangan elektrik antaranya ialah susun atur *Wenner, Schlumberger, dipole-dipole, pole-dipole* dan lain-lain. Kesesuaian penggunaan susun atur elektrod bergantung kepada objektif atau output kajian yang dikehendaki.

c. Kaedah Mikrograviti

Kaedah mikrograviti merupakan salah satu kaedah yang digunakan dalam bidang geofizik untuk melihat struktur di bawah permukaan bumi berdasarkan perbezaan ketumpatan batuan. Umumnya kaedah ini sesuai untuk mendapatkan maklumat morfologi batu kapur seperti kaviti.

Foto 15 : Graviti Meter Untuk Cerapan Data Graviti

d. Kaedah *Ground Penetrating Radar* (GPR)

Kaedah GPR merupakan salah satu kaedah geofizik di mana gelombang elektromagnet digunakan untuk menghasilkan imej sub-permukaan dengan resolusi tinggi yang boleh digunakan untuk mengesan objek bawah permukaan. GPR menggunakan antena yang menghantar gelombang radio berfrekuensi tinggi ke permukaan dan menggunakan antena penerima untuk merekod isyarat pantulan yang terhasil.

Umumnya penggunaan GPR dalam siasatan tapak adalah bertujuan untuk mengesan utiliti seperti kabel, paip dan lain-lain. Kekangan GPR adalah ia tidak dapat mengesan objek-objek yang terletak jauh di bawah permukaan bumi iaitu biasanya had pengesanan tidak melebihi 10m. Had pengesanan juga bergantung kepada sifat atau keadaan bawah tanah. Kawasan yang diliputi pasir kering lazimnya mempunyai had pengesanan yang lebih baik berbanding pasir basah, tanah liat dan juga bahan konduktif seperti air masin.

Foto 16 : Penggunaan Alat GPR di Tapak

5.0 PANDUAN PENYEDIAAN SKOP KERJA PENYIASATAN TANAH

Skop kerja penyiasatan tanah dalam garis panduan ini terbahagi kepada empat kategori jenis projek fizikal iaitu bangunan, jalan, jambatan dan marin. Skop ini juga dikategorikan berdasarkan aspek geomofologi dan formasi geologi.

5.1 Bangunan

Jadual 2 : Keperluan Minima Skop Siasatan Tapak Untuk Projek Bangunan

Jenis Bangunan	**Geomorfologi (Keadaan Mukabumi)**				**Formasi geologi (jenis tanah / batuan)**			
	Kawasan Rata / *Residual Soil*		**Kawasan Berbukit / Batuan Dasar Cetek / *Boulders***		**Tanah lembut (*marine clay*)**		**Batu Kapur**	
	Bil. penyiasatan	**Kriteria Penamatan**	**Bil. Penyiasatan**	**Kriteria Penamatan**	**Bil. Penyiasatan**	**Kriteria Penamatan**	**Bil. Penyiasatan**	**Kriteria Penamatan**
Bangunan Bertingkat (Ketinggian melebihi 15m) atau Bangunan Kompleks (contoh: Hospital, Stadium, dll)	5 BH/Blok	N = 50 berturut-turut sehingga 5 kali hentaman atau kedalaman maksima 60 m (mana terlebih dahulu) Jika N = 50 yang pertama dicapai pada kedalaman < 20m hendaklah N=50 berturut-turut 10 kali hentaman Batu: Rujuk Lampiran 8: Kawasan Potongan: 8 m dari Aras Formasi	5 BH/Blok *2 lines resistivity or 2 lines seismic*	N = 50 berturut-turut sehingga 5 kali hentaman atau kedalaman maksima 60 m (mana terlebih dahulu) Jika N = 50 yang pertama dicapai pada kedalaman < 20m hendaklah N=50 berturut-turut 10 kali hentaman Batu: Rujuk Lampiran 8 Kawasan Potongan: 8 m dari Aras Formasi	- 5 BH / CPTu / Blok - 5 Geonor VS	N = 50 berturut-turut sehingga 5 kali hentaman atau kedalaman maksima 60 m (mana terlebih dahulu) Jika N = 50 yang pertama dicapai pada kedalaman < 20m hendaklah N=50 berturut-turut 10 kali hentaman	- 5 BH / Blok *2 lines resistivity or/and 5m spacing microgravity*	N = 50 berturut-turut sehingga 5 kali hentaman atau kedalaman maksima 60 m (mana terlebih dahulu) Jika N = 50 yang pertama dicapai pada kedalaman < 20m hendaklah N=50 berturut-turut 10 kali hentaman Batu: Rujuk Lampiran 8 Kawasan Potongan: 5 m dari Aras Formasi
Bangunan (Ketinggian kurang dari 15m)	3 BH/Blok		3 BH/Blok *2 lines resistivity or 2 lines seismic*		- 3 BH / Blok - 3 Geonor VS	Maksimum BH:45m CPTu : sehingga menolak VS : sehingga menolak	-3 BH / Blok *2 lines resistivity or/and 5m spacing microgravity*	
Bangunan sampingan (contoh: TNB *Sub Station*, Rumah Pam, Stor)	1 BH/Blok	N = 50 berturut-turut sehingga 5 kali hentaman atau kedalaman maksima 45 m (mana terlebih dahulu) Batu: Rujuk Lampiran 8 Kawasan Potongan: 5 m dari Aras Formasi	1 BH/Blok	N = 50 berturut-turut sehingga 5 kali hentaman atau kedalaman maksima 45 m (mana terlebih dahulu) Batu: Rujuk Lampiran 8 Kawasan Potongan: 5 m dari Aras Formasi	1 BH / Blok	N = 50 berturut-turut sehingga 5 kali hentaman atau kedalaman maksima 45 m (mana terlebih dahulu Batu: Rujuk Lampiran 8 Kawasan Potongan: 5 m dari Aras Formasi	1 BH / Blok	
Struktur minor (Contoh: Garaj)	4 MP / Blok	15m atau 400 Blows / 300mm	4 MP/Blok	15m atau 400 Blows/ 300mm	- 4 MP / Blok	-15m atau 400 blows/300mm	- 4 MP / Blok	-15m atau 400 blows / 300mm

Nota:
1)*Berdasarkan *FOUNDATION DESIGN & CONSTRUCTION 7TH EDITION (pg 5) by M.J. Tomlinson* : Profil tanah dibawah asas bangunan kedalaman 1.5x lebar asas perlu dikenalpasti.
FOUNDATION DESIGN & CONSTRUCTION 7TH EDITION (pg 5) by M.J. Tomlinson "the 'rule of thumb' for a borehole depth of one and half times the foundation width should be used with caution. Deep fill material could be present on some sites and geological conditions at depth could involve a risk of foundation instability"
2) Minimum 3 bilangan borehole untuk setiap tapak pada lokasi yang kritikal dari segi beban kenaan dan kekuatan tanah.
3) Jadual ini tidak dapat digunapakai bagi ketinggian bangunan yang melebihi 45m
4) Rujuk Lampiran 8 untuk kedalaman jenis batuan

5.2 Jalan

Jadual 3 : Keperluan Minima Skop Siasatan Tapak Untuk Projek Jalan

<table>
<tr><th colspan="4">KEADAAN MUKA BUMI (GEOMORFOLOGI) DAN FORMASI GEOLOGI</th></tr>
<tr><th>Kawasan Tambakan (Rata/Beralun)</th><th colspan="2">Kawasan Berbukit (Cerun Potong)/ Kawasan Berbatu)</th><th>Kawasan Berpaya/ Tanah Lembut</th><th>Kawasan Marine Clay</th></tr>
<tr><td>Bilangan BH</td><td>Ketinggian cerun</td><td>Bilangan BH</td><td rowspan="4">1 BH bagi setiap kawasan berpaya/tanah lembut
ATAU
10 BH/ km

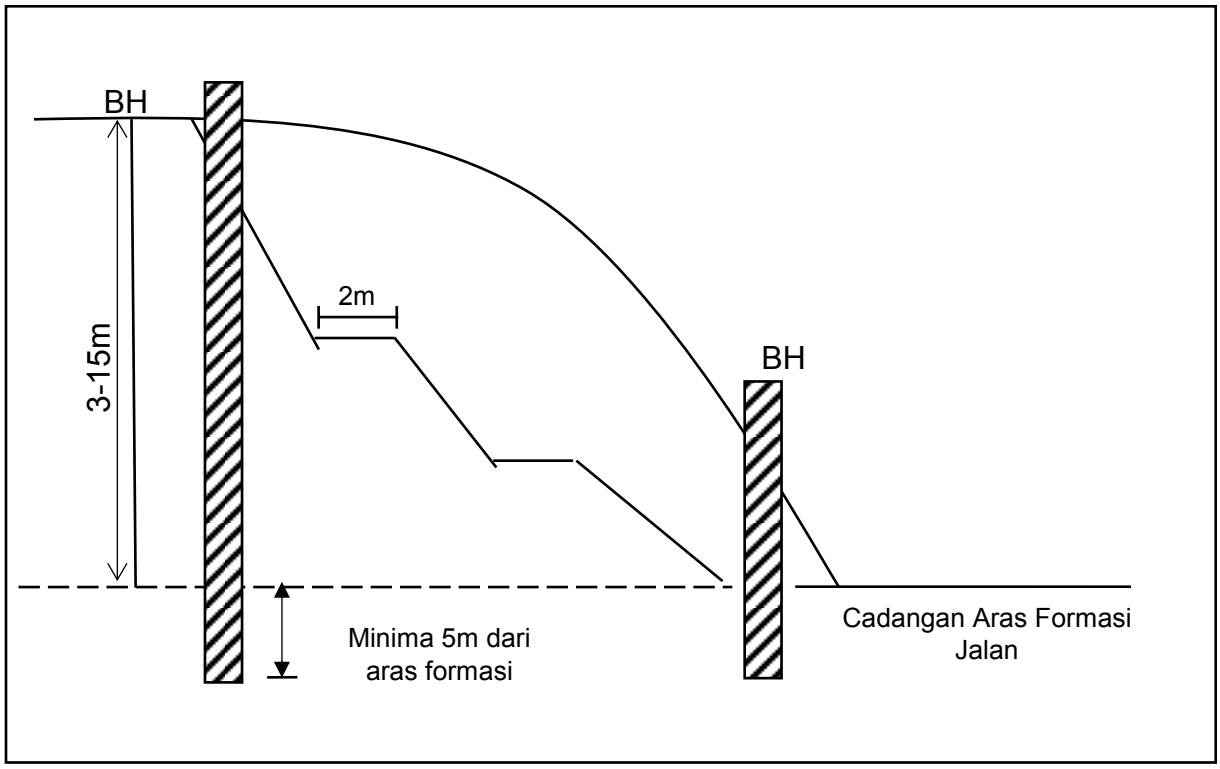
(Rujuk ilustrasi Rajah 12)</td><td rowspan="4">i. 2 BH / km
ii. 2 CPTu / km
iii. 10 HA atau MP / km
iv.Vane Shear</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2 BH dan
10 HA atau
MP / km</td><td>3m - 15m</td><td>4 BH / km
(Rujuk ilustrasi Rajah 10)</td></tr>
<tr><td>15m - 36m</td><td>6 BH / km
(Rujuk ilustrasi Rajah 11)</td></tr>
<tr><td colspan="2">dan
2 lines resistivity / 2 lines seismic setiap cerun, Trial Pit</td></tr>
</table>

Nota:

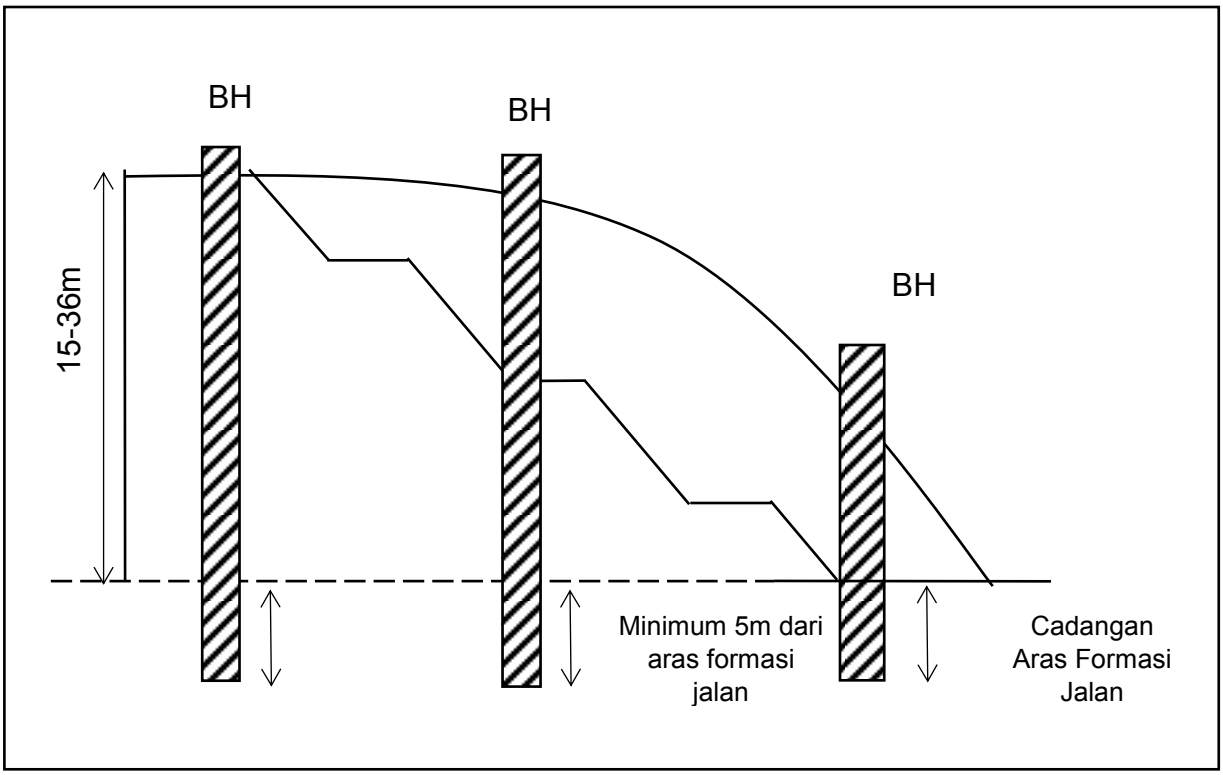
- Rujuk ilustrasi sebagai panduan.
- Bilangan, jenis kombinasi ujian bergantung kepada keadaan tapak dan pertimbangan rekabentuk.

Jadual 4 : Kriteria Penamatan Kerja Penggerekan

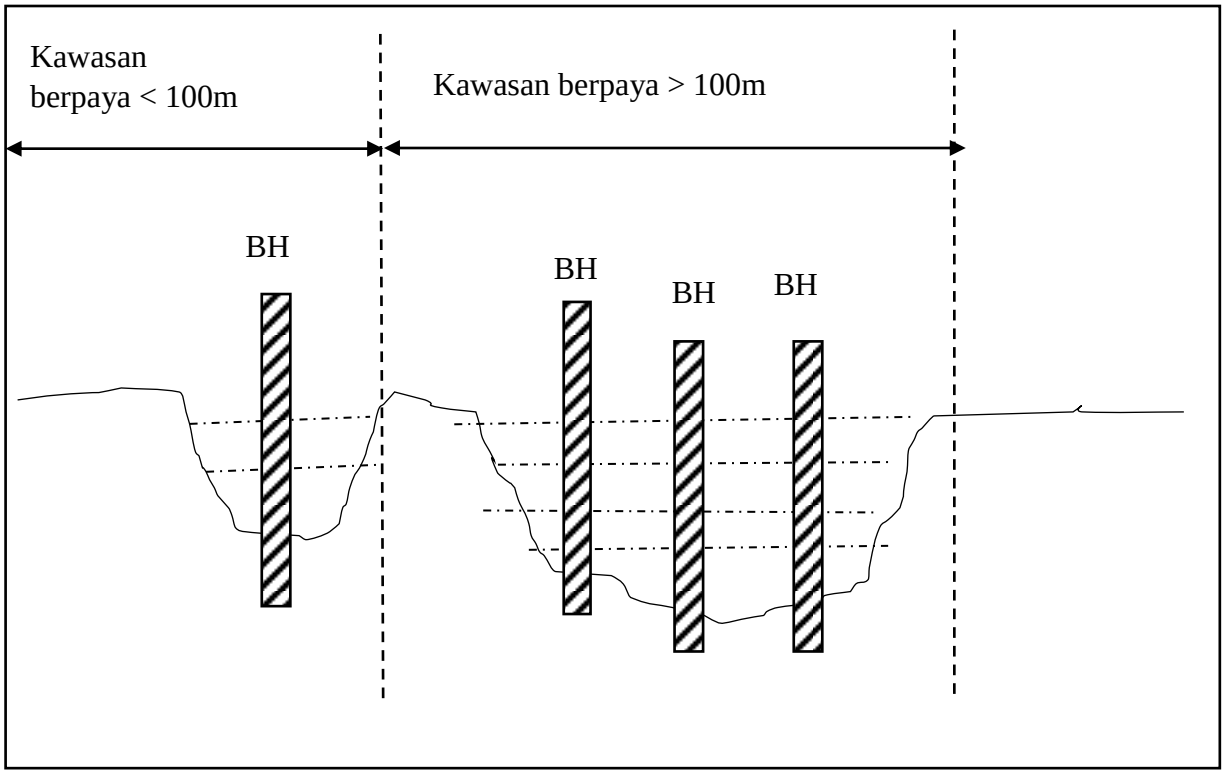
Kriteria Penamatan	***Embankment***	**Kawasan Potong**
Nilai SPT-N	(3) kali berturut-turut nilai SPT-N=50	Sekiranya batu ditemui, Rujuk Lampiran 8
Atau*		
Kedalaman / Penamatan (m)	30	Sekiranya batu tidak ditemui, minimum 5m dari aras formasi



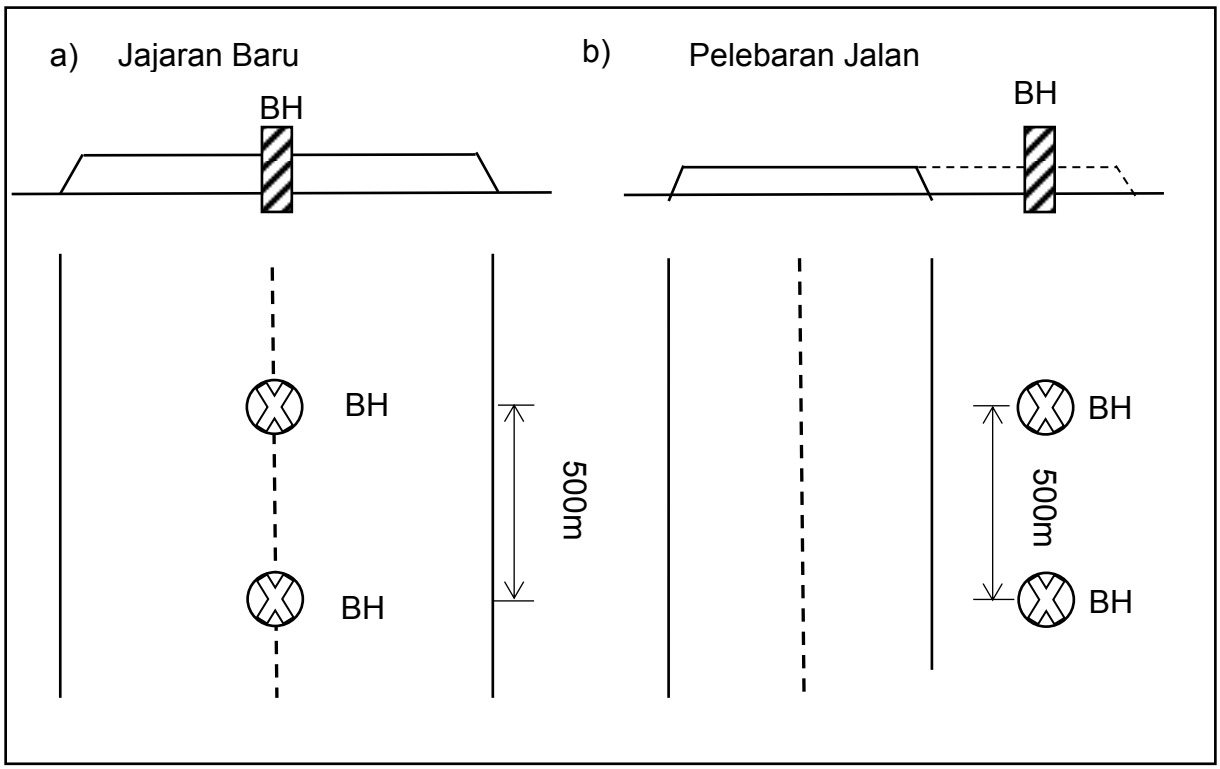
Rajah 10 : Kedudukan BH di Kawasan Berbukit (3m - 15m)



Rajah 11 : Kedudukan BH di Kawasan Berbukit (15m - 36m)



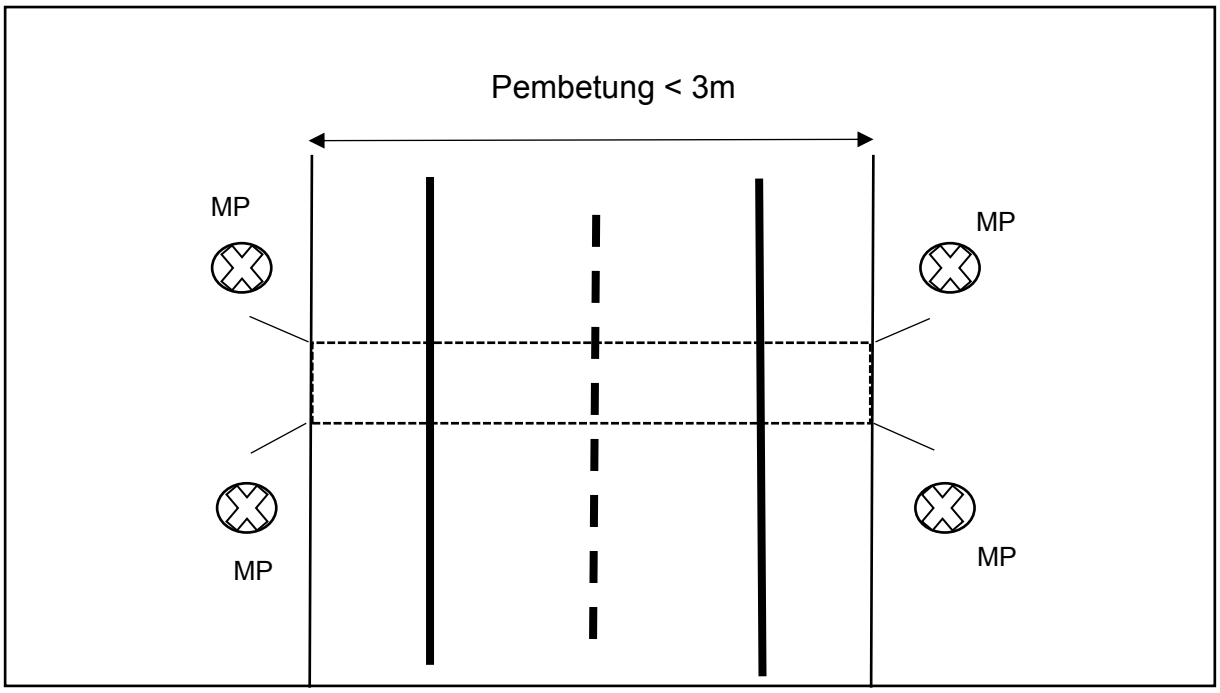
Rajah 12: Penentuan Bilangan dan Kedudukan BH di Kawasan Berpaya



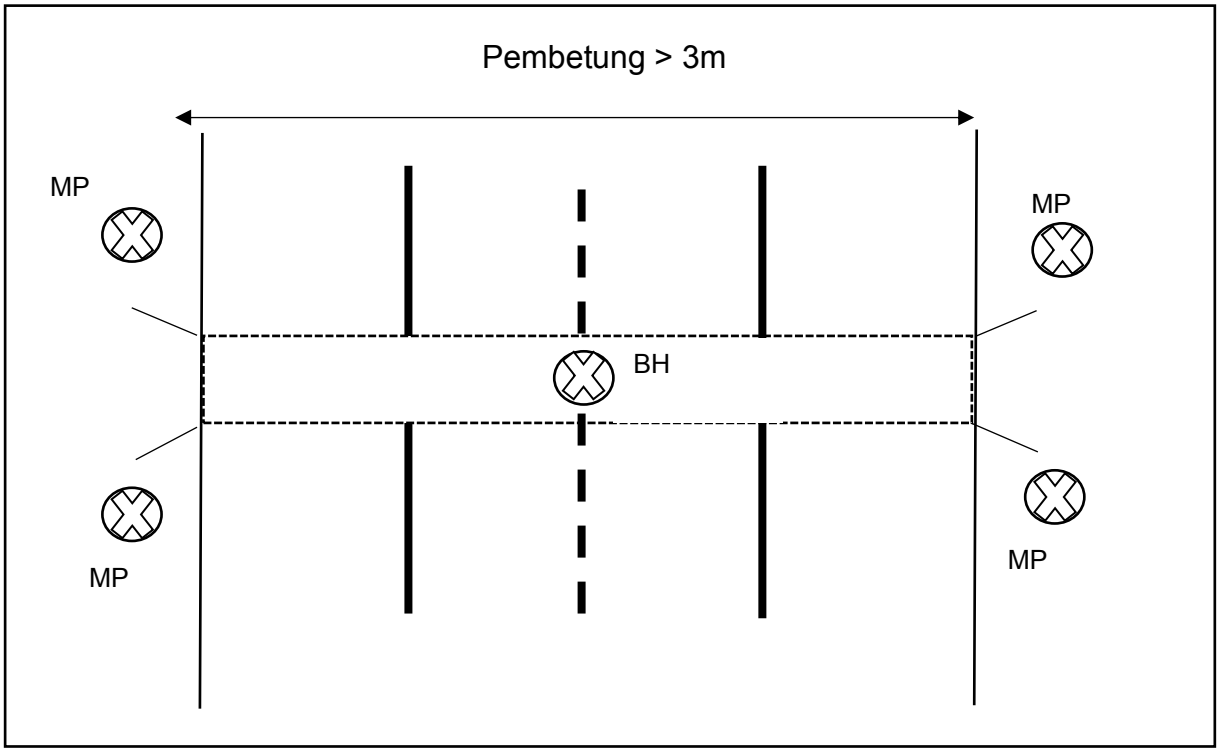
Rajah 13 : Kedudukan BH bagi Jalan Jajaran Baru dan Pelebaran

Jadual 5 : Keperluan Minima Skop Siasatan Tapak Untuk Pembinaan Pembetung

Pembetung *(Culvert)*	
Saiz Culvert	Bil. BH/MP
< 3 m	4 MP (Rujuk ilustrasi Rajah 14)
> 3m	1 BH & 4 MP (Rujuk ilustrasi Rajah 15)
Saiz: 3m x 3m *box culvert* atau 3 diameter *pipe culvert*	



Rajah 14 : Saiz Pembentung Kurang Dari 3 Meter



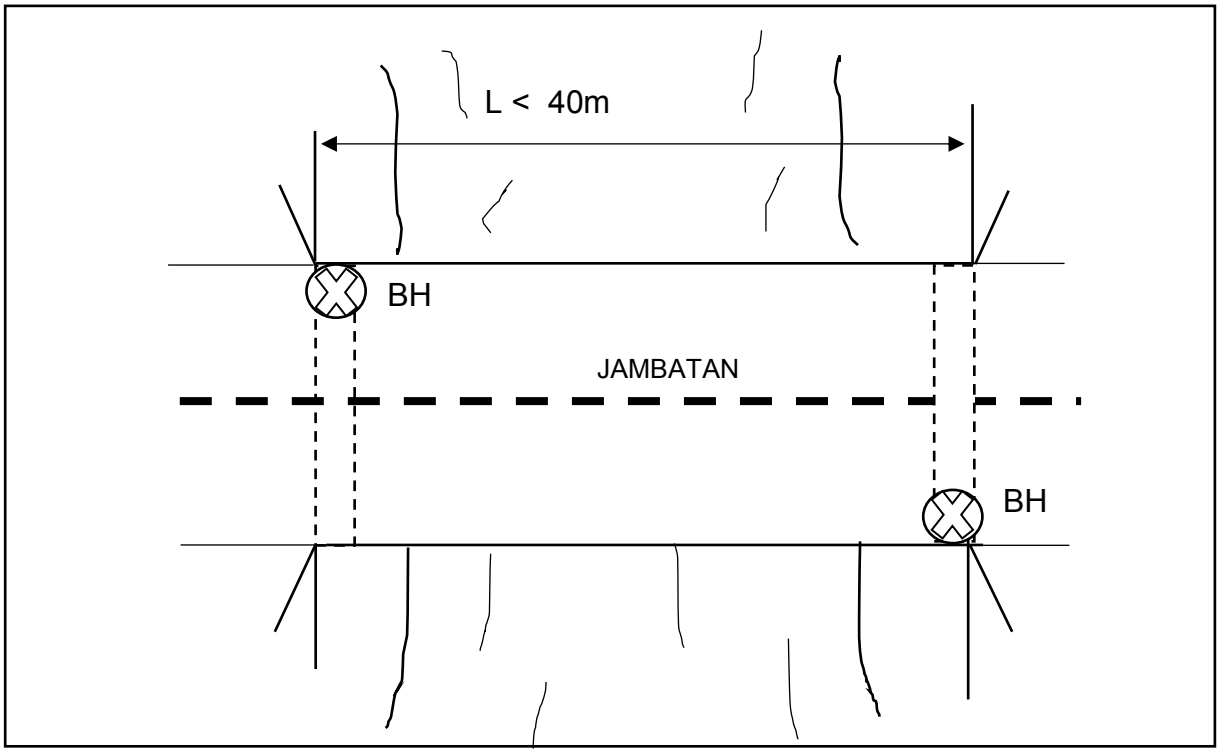
Rajah 15 : Saiz Pembentung Kurang Dari 3 Meter

5.3 Jambatan

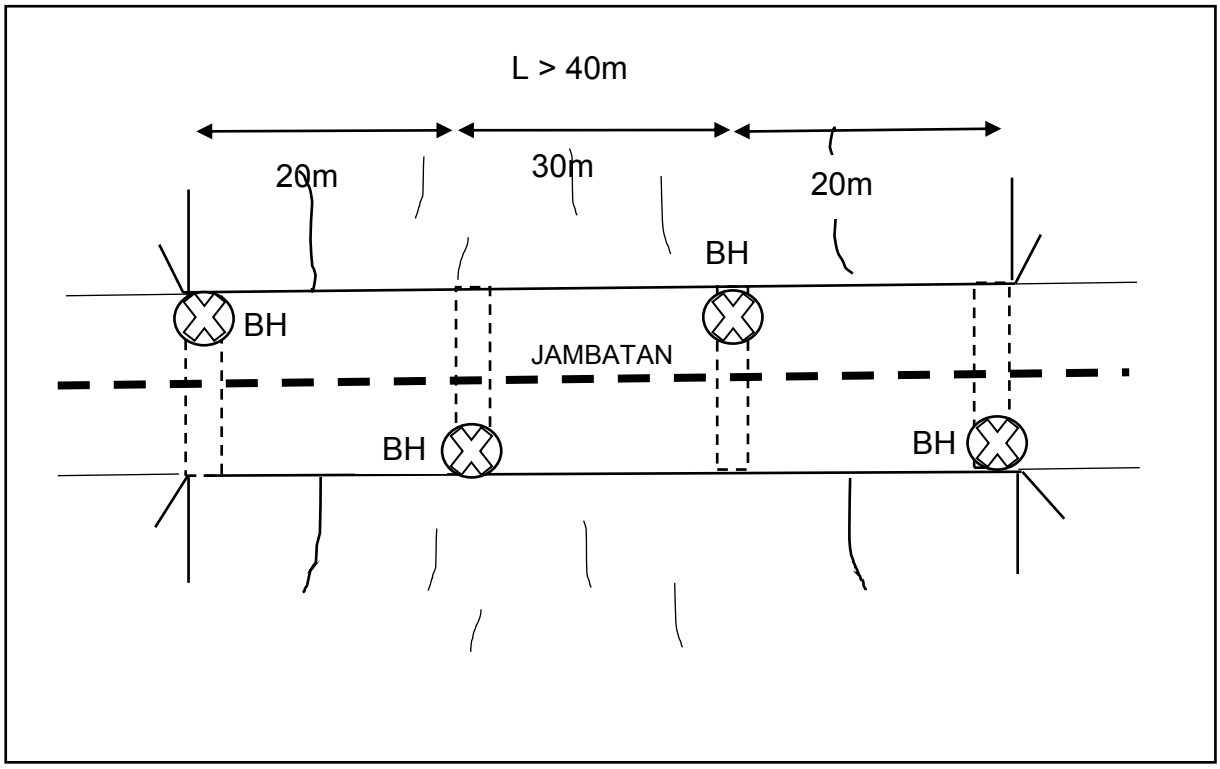
Jadual 6 : Keperluan Minima Skop Siasatan Tapak Untuk Projek Jambatan

Bil	Jenis Jambatan	Bilangan Borehole (BH)	Kriteria Penamatan
1	*Jambatan Jenis Satu Rentang* (*Merentasi Jalan/ Merentasi Sungai*	Minima 2BH •Setiap *Abutment* (bertentangan & bersilang) (Rujuk ilustrasi Rajah 16)	N = 50 berturut-turut sehingga 7 kali hentaman atau kedalaman maksima 50 m (mana terlebih dahulu) Sampel batu perlu digerudi mengikut Lampiran 8
2	Jambatan Jenis Berbilang Rentang (*Merentasi Jalan/ Merentasi Sungai*)	Setiap Abutment dan Pier Jarak antara BH minima 20m (bertentangan & bersilang) (Rujuk ilustrasi Rajah 17)	
3	Jejantas *Jenis Satu Rentang*	Setiap Pier = 2BH *Jika terdapat *Ramp* tambahan 2BH (Rujuk ilustrasi Rajah 18 & 19)	
4	Jejantas Jenis Berbilang Rentang	1 BH di setiap Pier *Jika terdapat *Ramp* tambahan 2BH (Rujuk ilustrasi Rajah 20 & 21)	
5	*Vehicular Box Culvert (VBC)*	Kiri dan kanan VBC 2BH < 20m (bertentangan & bersilang) 3BH > 20m (bertentangan & bersilang) (Rujuk ilustrasi Rajah 20 & 21)	

a. Jambatan

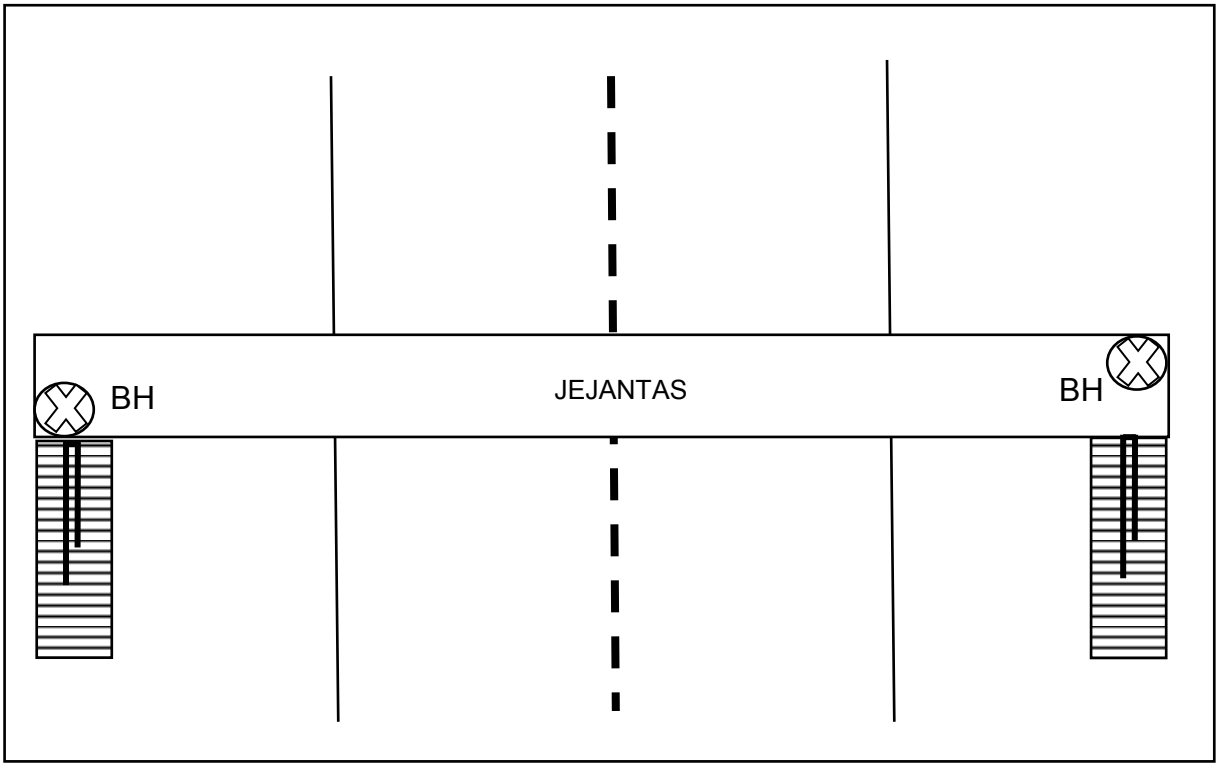


Rajah 16: Jambatan Jenis Satu Rentang (panjang jambatan kurang daripada 40m)

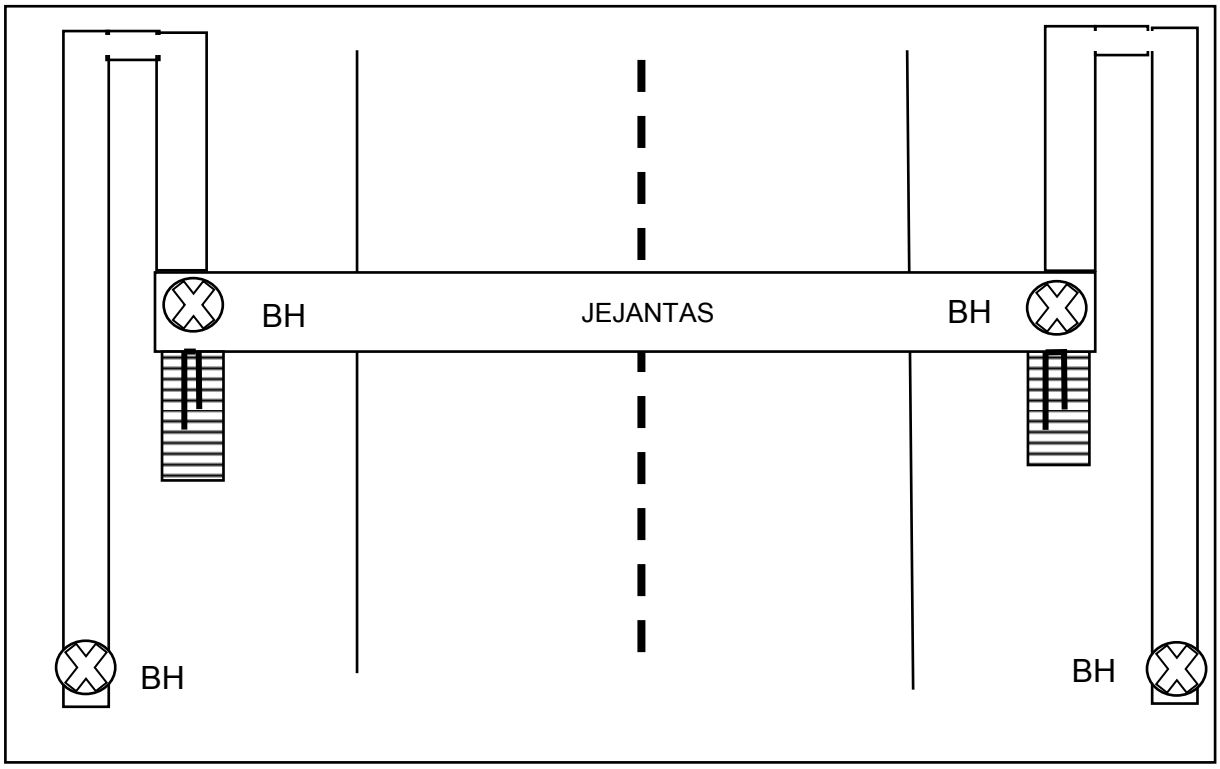


Rajah 17: Jambatan Jenis Berbilang Rentang (panjang jambatan melebihi 40m)

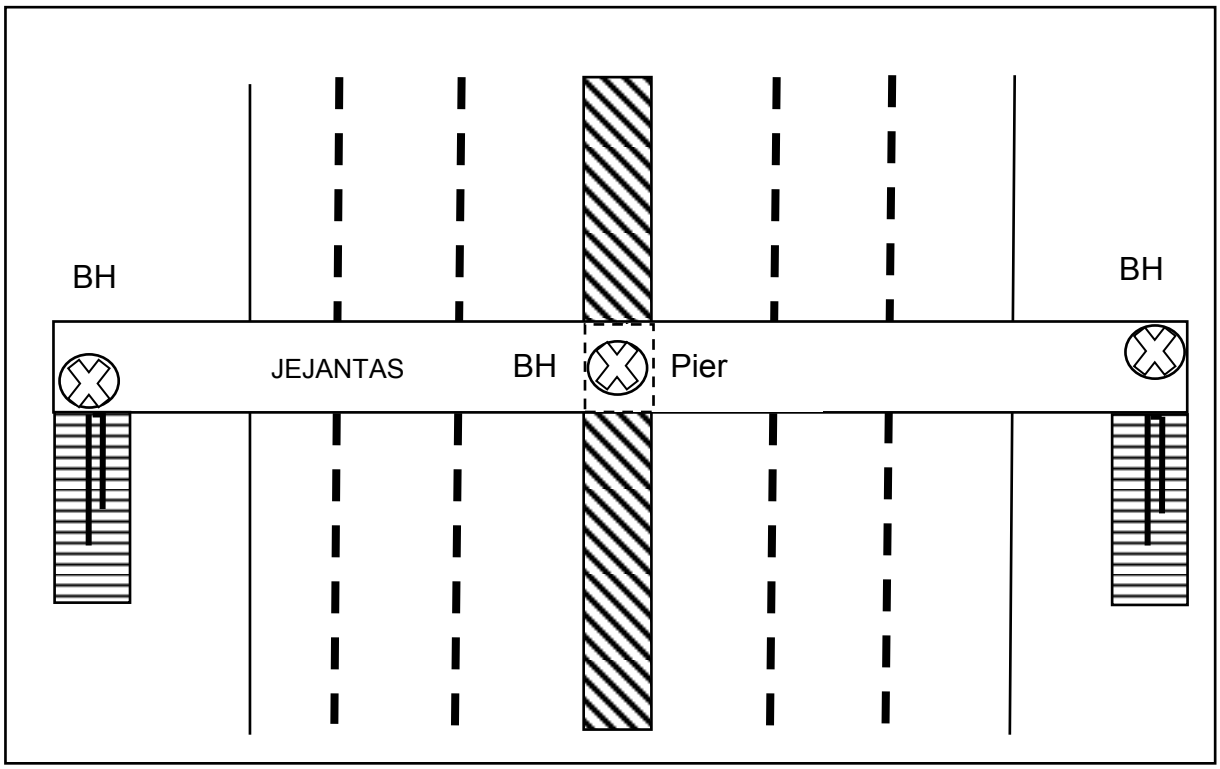
b. Jejantas



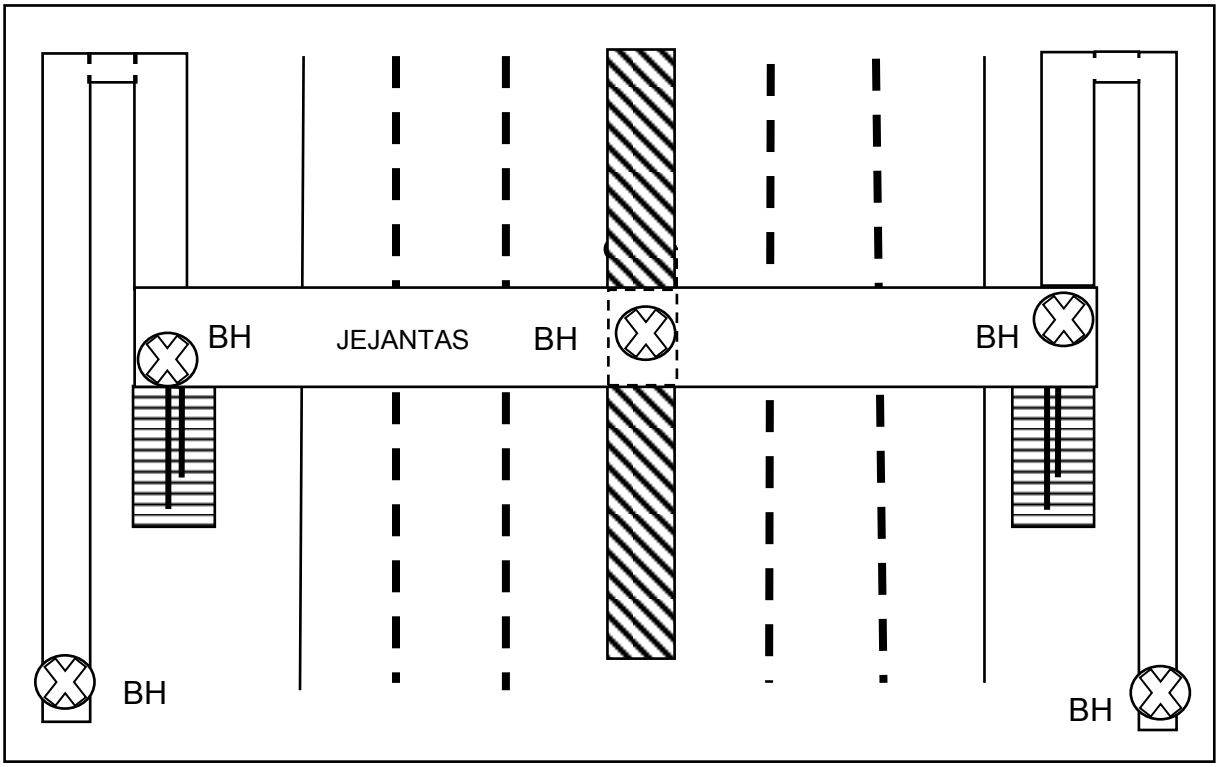
Rajah 18: Satu Rentang Tanpa Tanjakan



Rajah 19: Satu Rentang Dengan Tanjakan

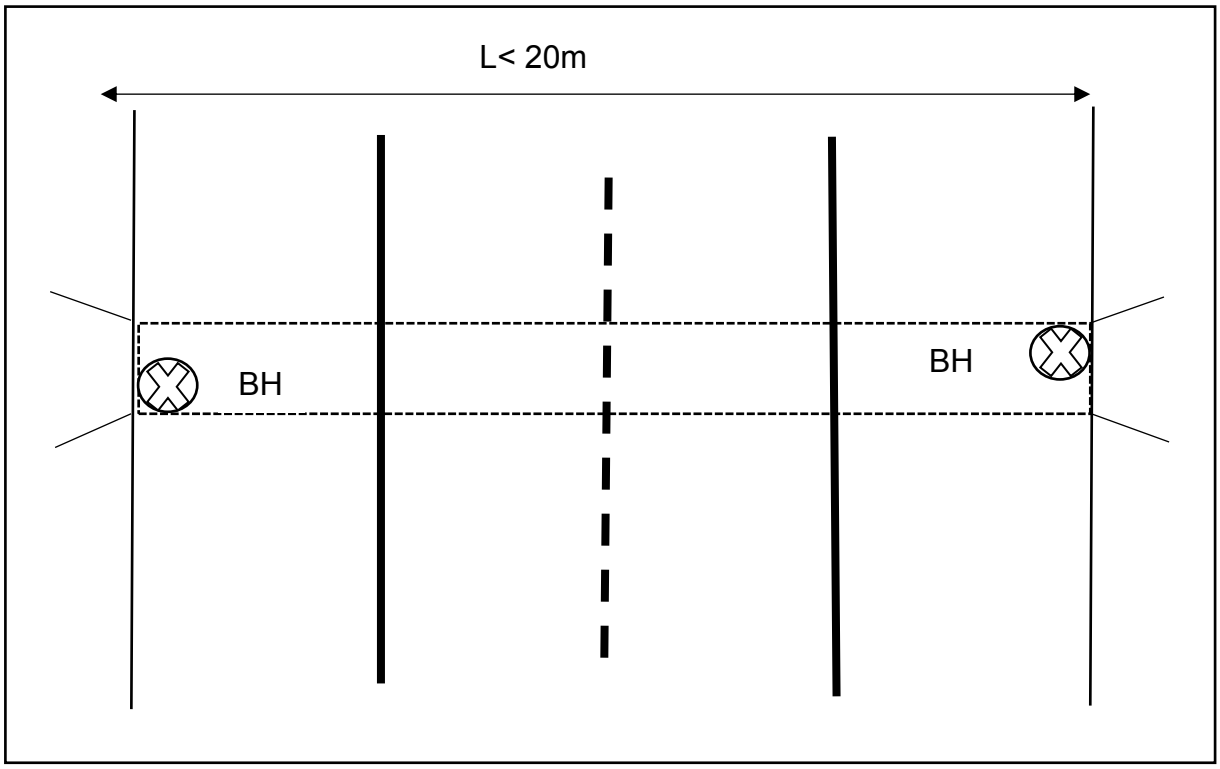


Rajah 20 : Berbilang Rentang Tanpa Tanjakan

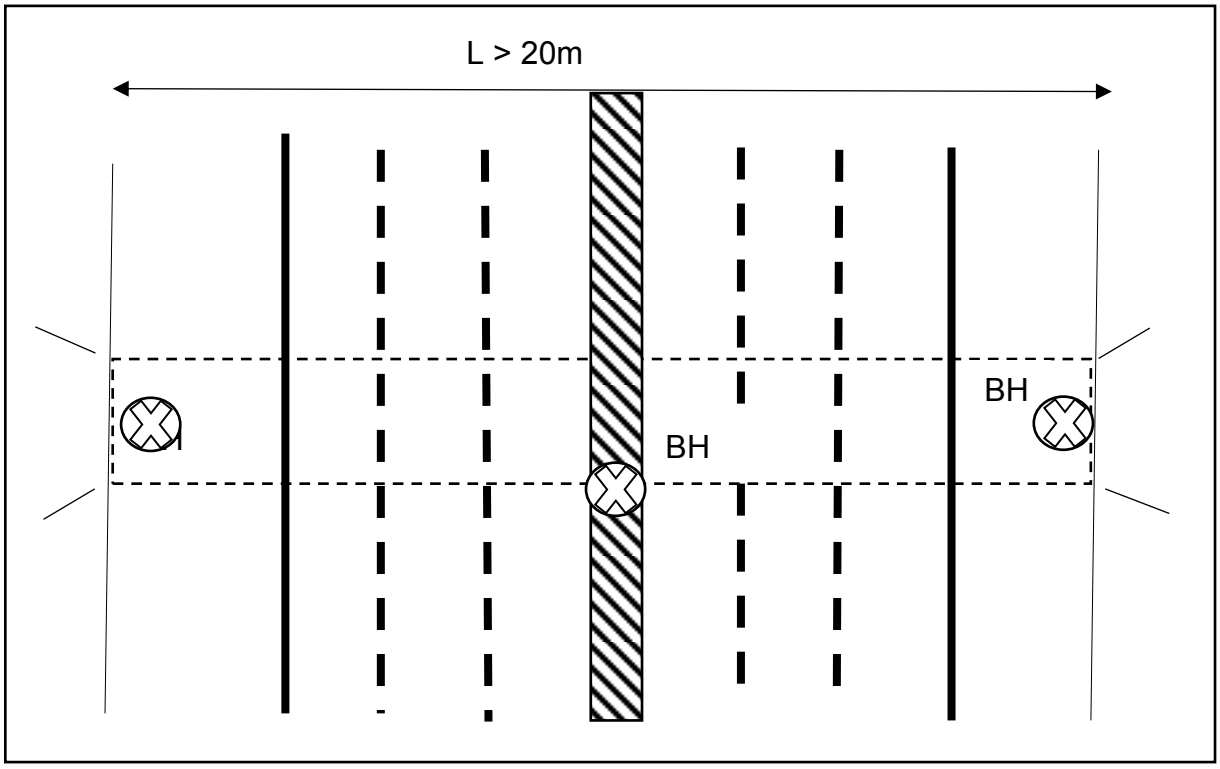


Rajah 21: Berbilang Rentang Dengan Tanjakan

c.*Vehicular Box Culvert (VBC)*



Rajah 22: VBC panjang kurang dari 20m



Rajah 23 : VBC panjang lebih dari 20m

5.4 Marin

Jadual 7 : Keperluan Minima Skop Siasatan Tapak Untuk Projek Marin

Jenis Struktur	**Bilangan dan jarak Borehole (BH)**	**Kriteria Penamatan (SPT-N)**
Approach Bridge & Jetty Head	i) 3 nos BH (Rujuk ilustrasi Rajah 24)	N = 50 berturut-turut sehingga 7 kali hentaman atau kedalaman maksima 50 m (mana terlebih dahulu)
• *Coastal Revetment* • *Breakwater*	i) 2 nos BH (Rujuk ilustrasi Rajah 25)	N = 30 berturut-turut sehingga 3 kali hentaman atau kedalaman maksima 30 m (mana terlebih dahulu)
• *Slipway* • *Boat Ramp*	i) 2 nos BH (Rujuk ilustrasi Rajah 26)	N = 50 berturut-turut sehingga 7 kali hentaman atau kedalaman maksima 50 m (mana terlebih dahulu)
• *Pontoon* • *Guide Pile* • *Gangway*	i) 2 nos BH (Rujuk ilustrasi Rajah 27)	
• Rumah Api • Kelong	i) 2 nos BH (Rujuk ilustrasi Rajah 28)	
Quay wall	i) 3 nos BH (Rujuk ilustrasi Rajah 29)	
Tambakan pesisir pantai	- 2 nos BH - 3 VS *(Insitu Vane Test*) *Untuk keadaan tanah lembut sahaja (Rujuk ilustrasi Rajah 30)	N = 50 berturut-turut sehingga 7 kali hentaman atau kedalaman maksima 60 m (mana terlebih dahulu)

"Nota :

i) Kaedah kerja SI marin perlu mengambilkira 3 faktor utama iaitu lokasi tapak projek, keadaan arus/ombak dan kedalaman air dengan kos pengangkutan perlu melalui darat (seperti lori) dan laut (seperti tongkang, bot).

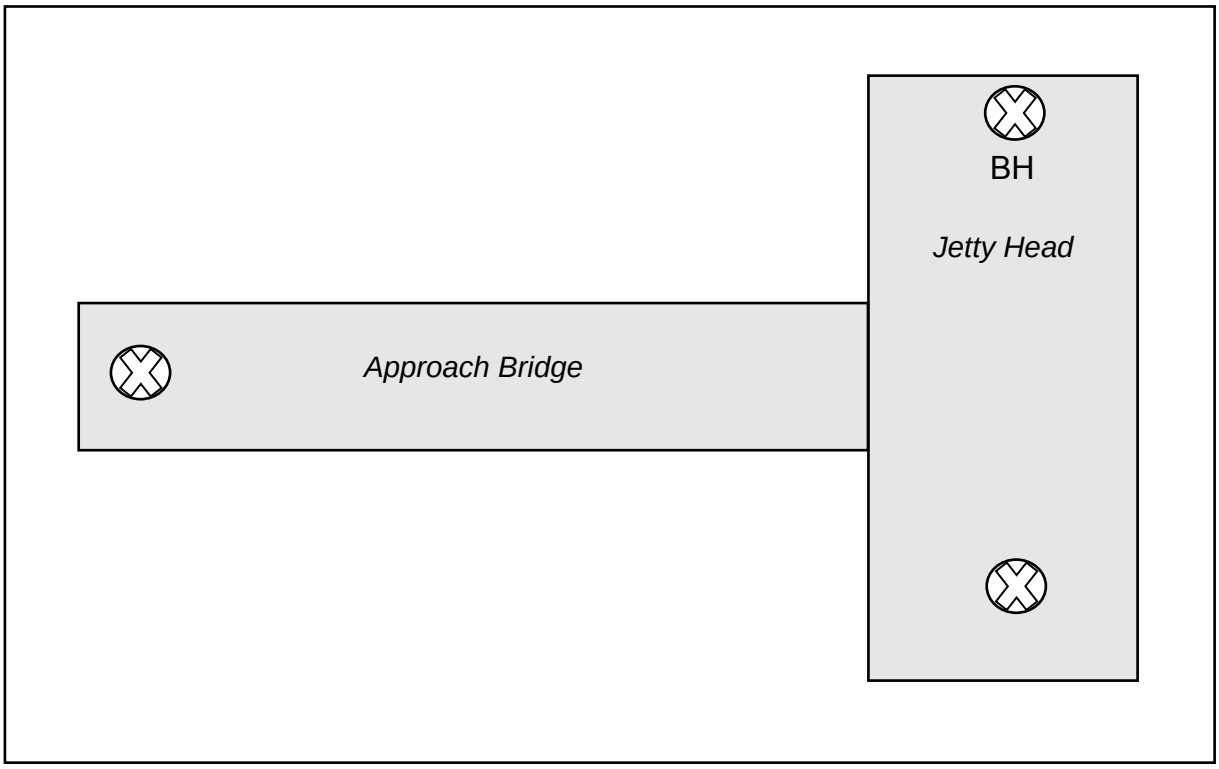
ii) Pemilihan platfom boleh dibahagikan kepada kategori :-

a) *Normal staging* - keadaan seperti tepi tebing/bercerun, tiada kesan pasang surut aras air sungai/laut

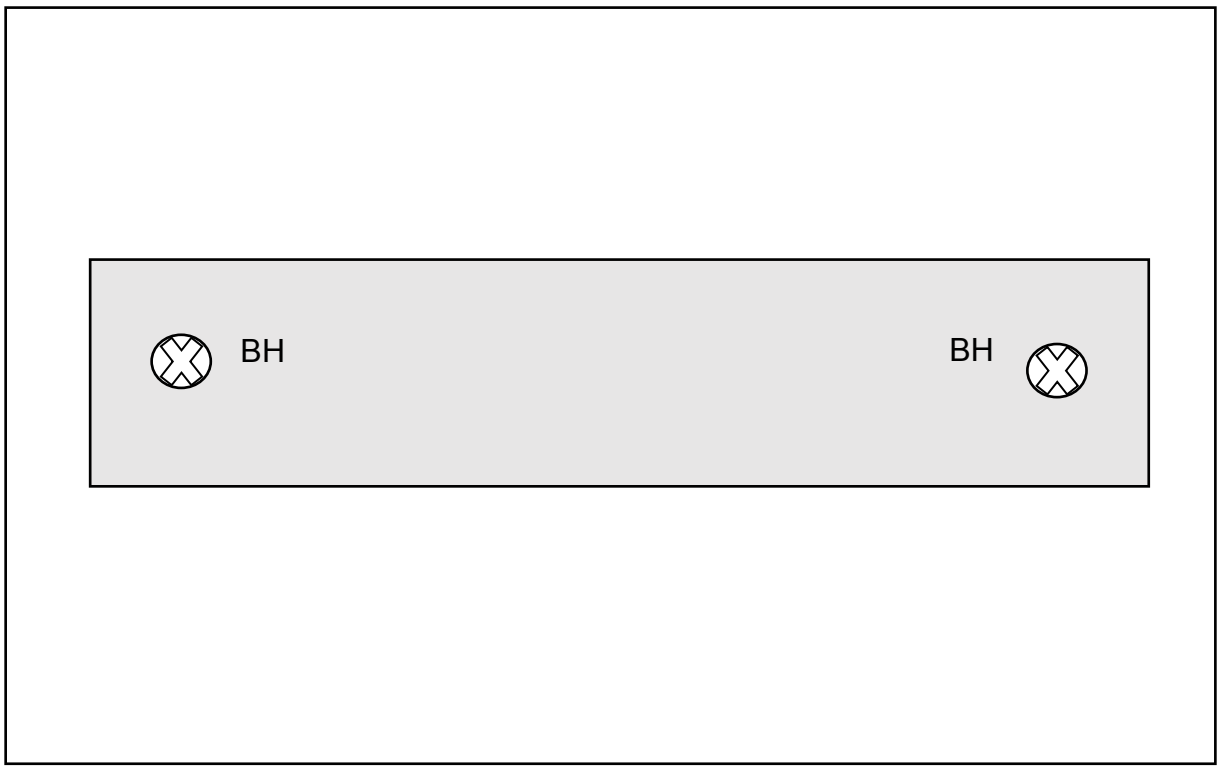
b) *Drum pontoon* - keadaan seperti tasik/sungai yang cetek (dasar < 3m), tiada arus/ombak yang kuat

c) *Jack-up pontoon (fix anchor)*- keadaan seperti sungai/laut yang dalam (dasar >3m), arus/ombak yang kuat

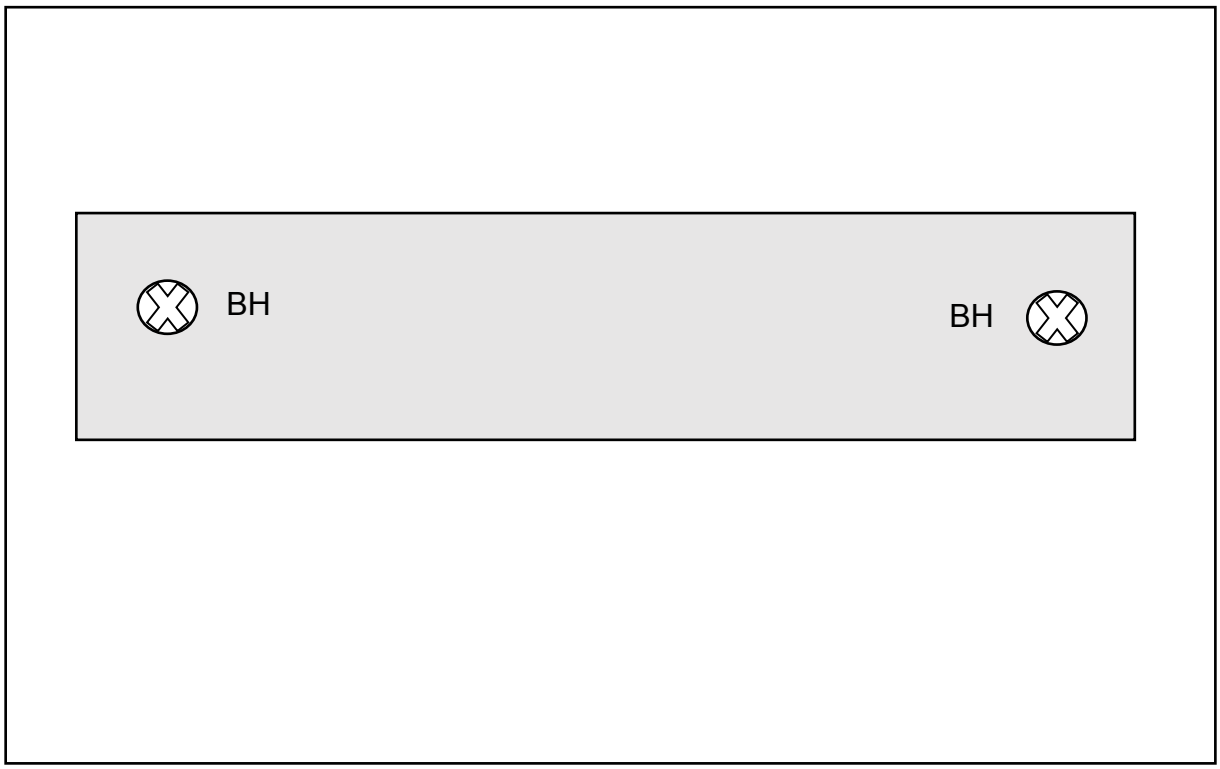
d) Tongkang *(barge)* - keadaan seperti sungai/laut yang sangat dalam (dasar >10m), arus/ombak yang sangat kuat.



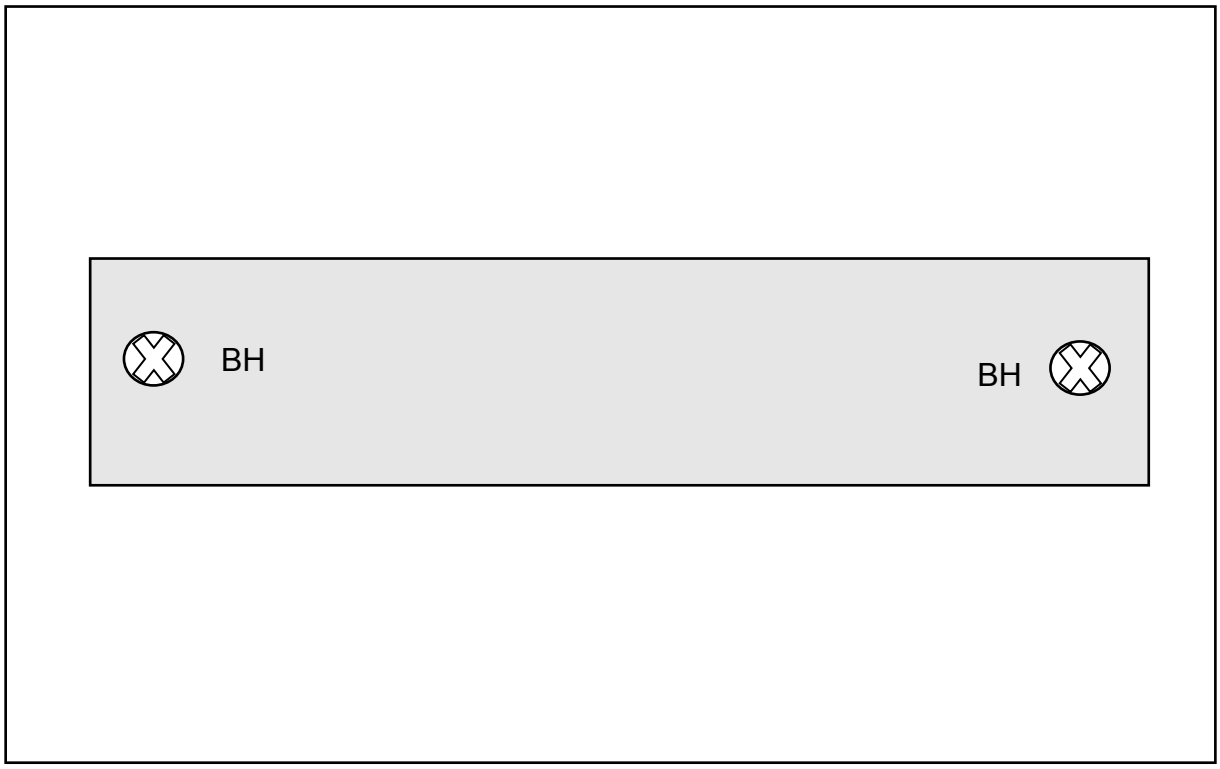
Rajah 24 : Lokasi BH di *Approach Bridge* dan *Jetty Head*



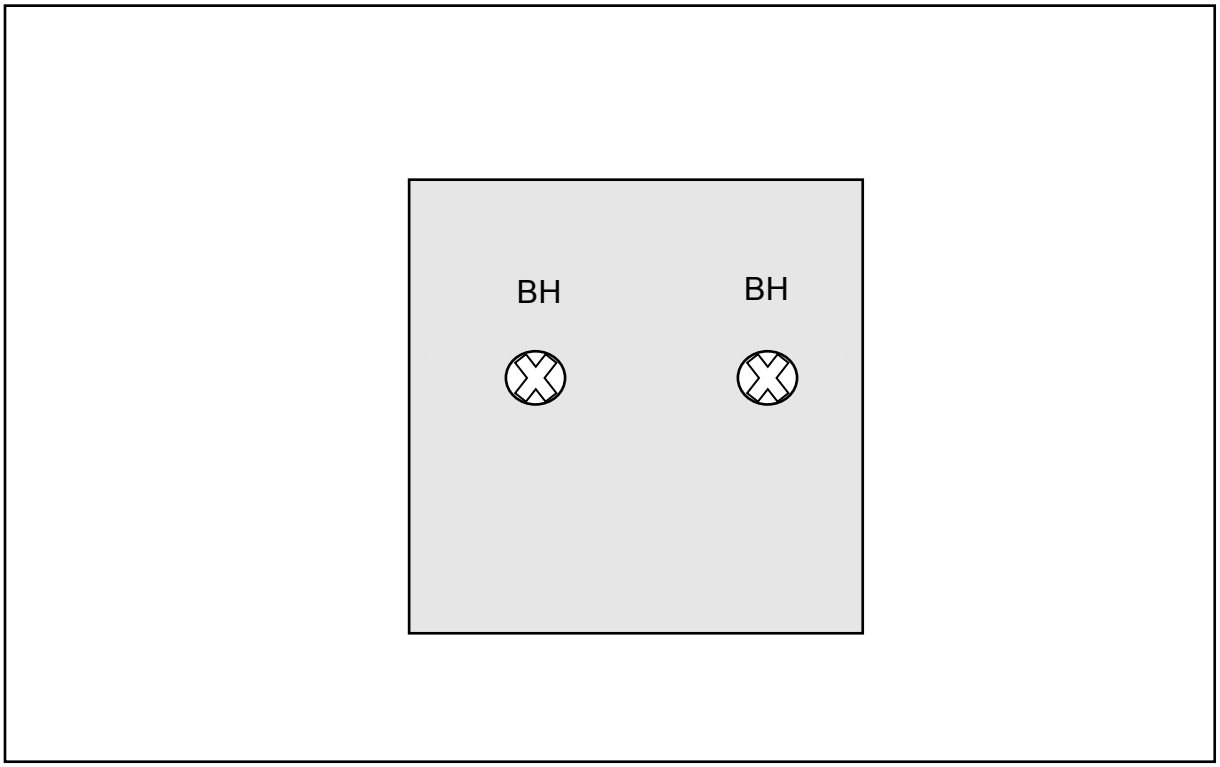
Rajah 25: Lokasi BH di *Coastal Revetment* / *Breakwater*



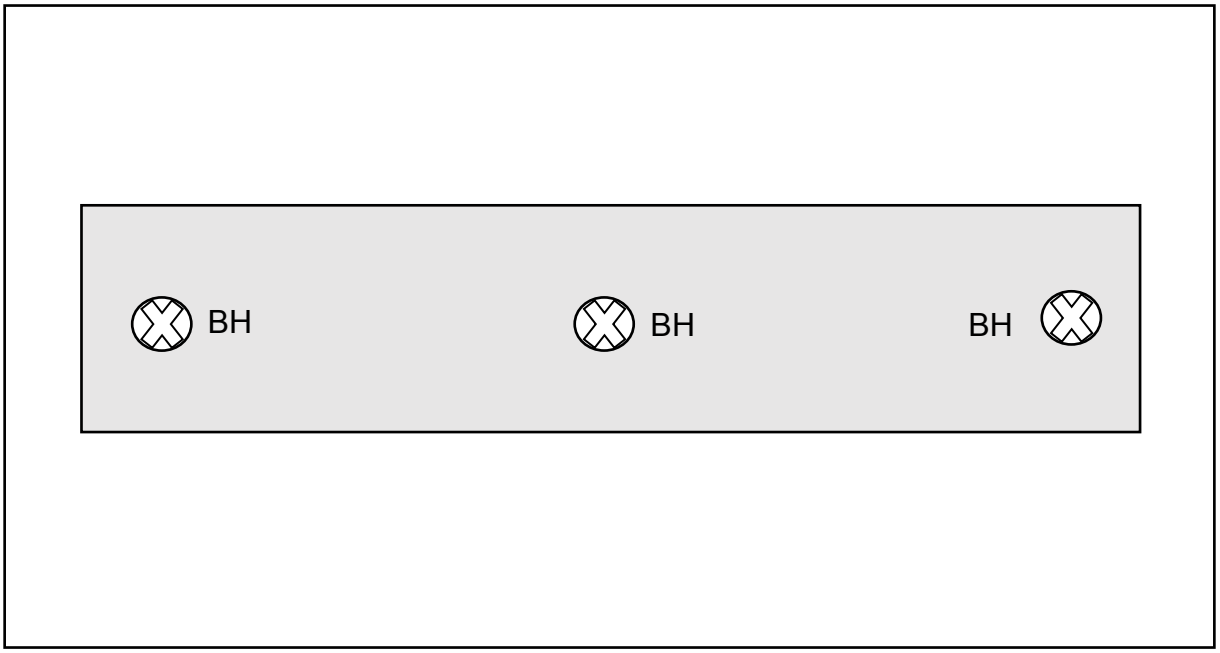
Rajah 26 : Lokasi BH di *Slipway* / *Boat Ramp*



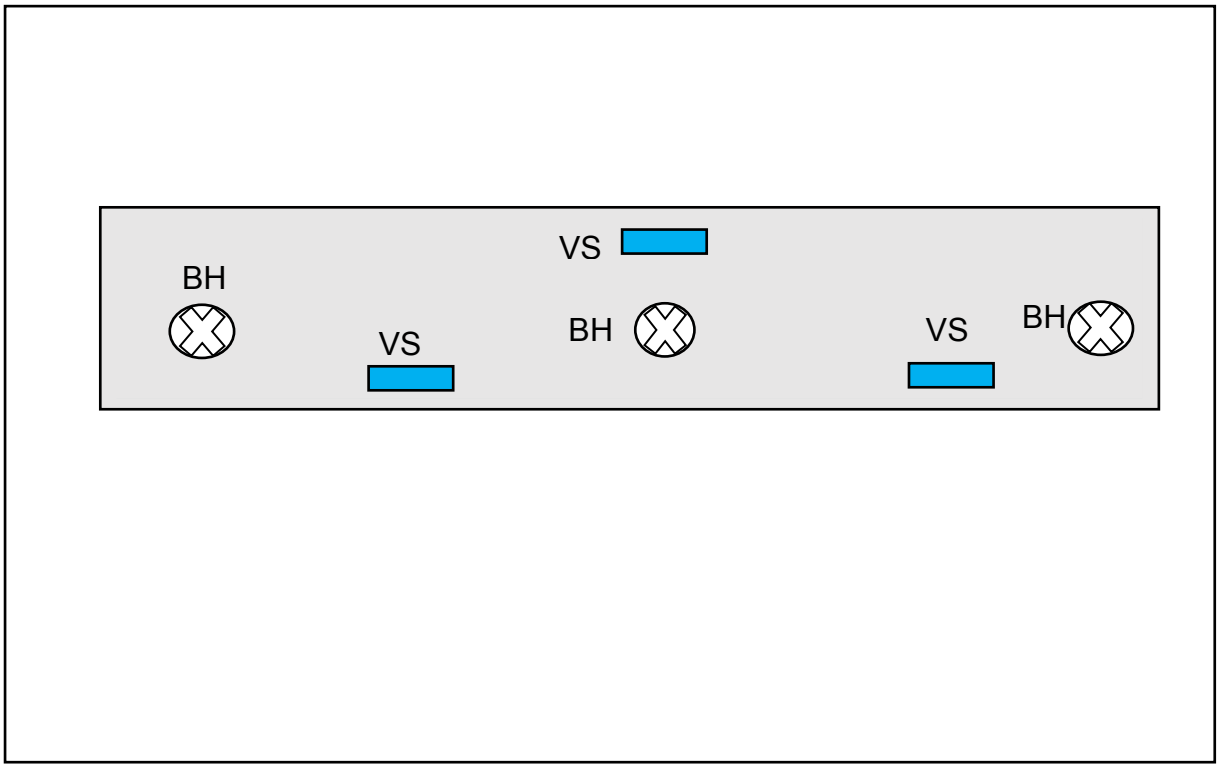
Rajah 27: Lokasi BH di *Pontoon* / *Guide Pile* / *Gangway*



Rajah 28 : Lokasi BH di Rumah Api / Kelong



Rajah 29 : Lokasi BH di *Quay Wall*



Rajah 30 : Lokasi BH dan VS di Kawasan Tambakan Pesisir Pantai
*Untuk keadaan tanah lembut sahaja

6.0 UJIAN MAKMAL

Ujian makmal diperlukan untuk mendapatkan parameter yang tidak diperolehi dari ujian lapangan. Selain itu, ujian makmal juga bertujuan mengesahkan maklumat yang diperolehi di tapak.

Penentuan ujian makmal dibuat oleh perekabentuk berdasarkan *field borelog* bagi setiap lokasi *borehole* dan *trial pit*.

Secara ammya, terdapat 3 jenis sampel yang boleh diperolehi daripada kerja lapangan iaitu sampel terganggu, sampel tidak terganggu dan sampel batuan. Berikut adalah jenis – jenis ujian berdasarkan jenis sampel :

6.1 Sampel Terganggu:

a. *Classification Test (Moisture Content, Atterberg Limit, Particle Size Distribution, Dry Density Test, Bulk Density Test, Specific Gravity dan lain - lain);*
b. *Chemical Test* (Bergantung kepada keperluan perekabentuk dan persekitaran kawasan projek);
c. *California Bearing Ratio* (CBR);
d. *Compaction Test*

6.2 Sampel Tidak Terganggu:

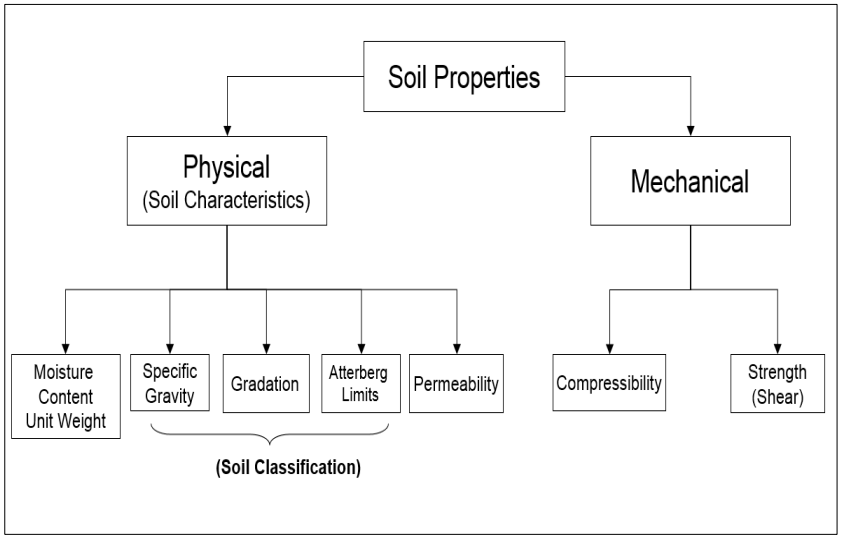
a. *Classification Test (Moisture Content, Atterberg Limit dan Particle Size Distribution*);
b. *Soil Strength Test (Triaxial Test UU/CIU/CD) ;*
c. *Consolidation Test;*
d. *Compressibility Test;*
e. *Permeability Test*

6.3 Sampel Batuan:

a. *Point Load Test* ;
b. *Unconfined Compressive Strength* (UCS);
c. *Petrographic Analysis;*
d. *Splitting Tensile Strength;*
e. *Direct Tensile Strength;*
f. *Brazilian Tensile Strength*

6.4 Antara keperluan ujian makmal adalah:-

a. Untuk mengklasifikasikan jenis sampel tanah dan batuan.
b. Untuk mendapat parameter yang relevan bagi tanah dan batuan bagi tujuan rekabentuk.
c. Untuk mengesahkan pemerhatian sampel di tapak berdasarkan keputusan ujian makmal.



Rajah 31 : Jenis Ujian Tanah

Jadual 8 : Rujukan Bagi Ujian Makmal

JENIS UJIAN MAKMAL	RUJUKAN
General Requirements & Sample Preparation	MS 1056: 2005: PART 1
Classification Tests	MS 1056: 2005: PART 2 MS 2038: 2006
Chemical and Electro-Chemical Test	MS 1056: 2005: PART 3
Compaction Related Test	MS 1056: 2005: PART 4
Compressibility, Permeability & Durability Test	MS 1056: 2005: PART 5
Consolidation & Permeability Test in Hydraulic Cells & Pore Pressure Measurement	MS 1056: 2005: PART 6
Shear Strength Test (Total & Effective Stress)	MS 1056: 2005: PART 7 & 8
In-Situ Tests	MS 1056: 2005: PART 9
Rock & Aggregate Testing	ASTM, BS 812

6.5 Jenis Ujian Makmal Yang Biasa Dilaksanakan

6.4.1 Moisture Content, *w(%)*

Ujian ini untuk mendapatkan peratusan jumlah air yang terkandung dalam tanah.

$$w(\%) = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

M_w – Jisim air
M_s – Jisim tanah

Foto 17 : *Moisture Content*

6.4.2 *Specific Gravity,* G_s

Ujian ini untuk mendapatkan nisbah ketumpatan tanah kepada ketumpatan air.

$$Gs = \frac{jisim\ tanah}{jisim\ air}$$

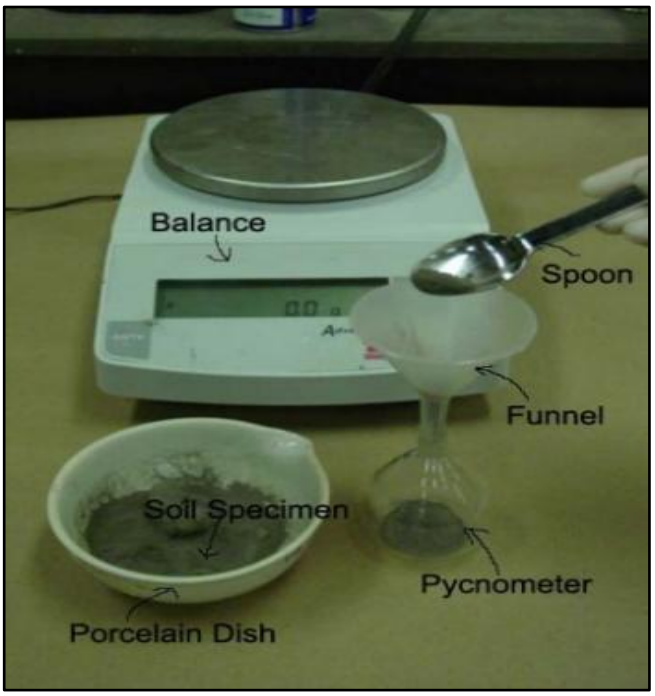


Foto 18 : *Specific Gravity*

6.4.3 *Gradation/ Particle Size Distribution*

Ujian yang dijalankan untuk menentukan saiz dan klasifikasi tanah ialah:-

a) *Sieve Analysis* (*course grain*)
b) *Hydrometer Analysis* (*fine grain*, No. 200 *sieve* (< 0.075mm))

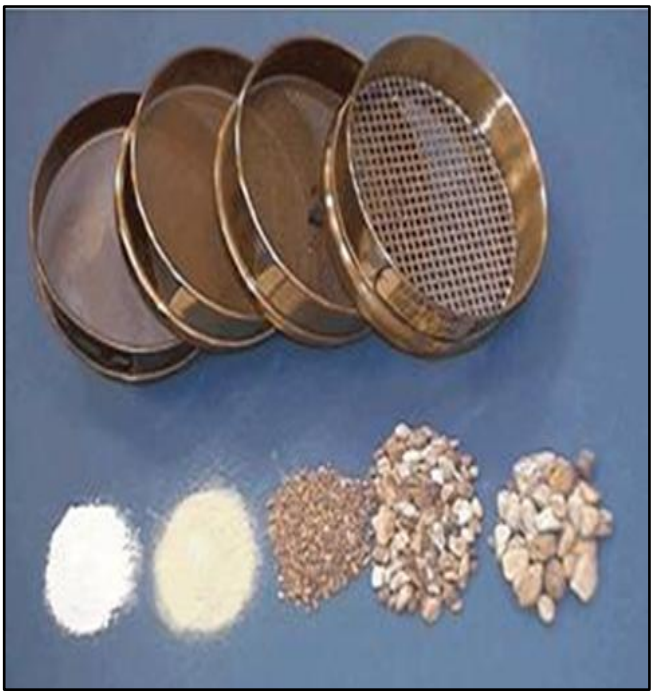
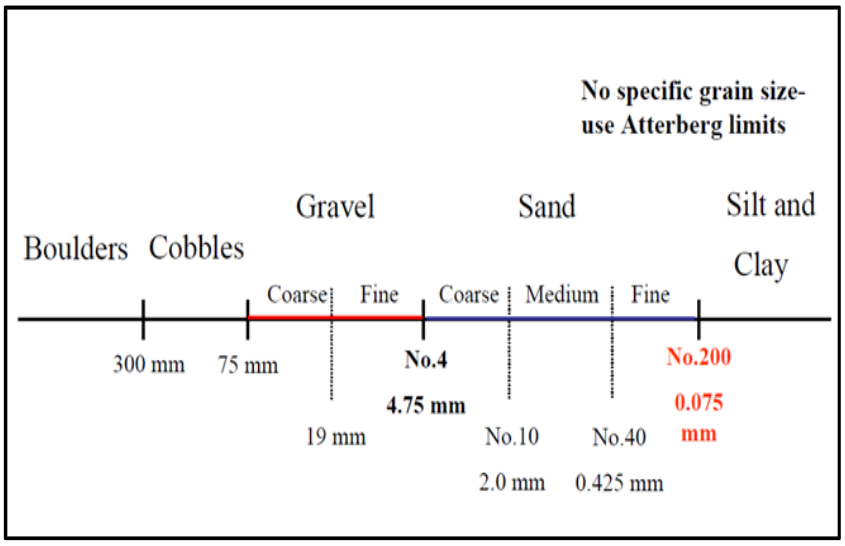


Foto 19 : *Sieve Analysis*

Foto 20 : *Hydrometer Analysis*



Rajah 32: *Particle Size Distribution*

6.4.4 *Atterberg Limits (LL,PL,SL,PI)*

a) *Liquid Limit (LL),*
Peratusan kandungan lembapan maksimum sebelum sifat tanah bertukar menjadi bahan cecair.

b) *Plastic Limit (PL)*
Peratusan kandungan lembapan maksimum sebelum sifat tanah bertukar menjadi bahan plastik.

c) *Shrinkage Limit (SL)*
Peratusan kandungan lembapan ketika tanah tidak lagi mengalami perubahan isipadu walaupun kadar kandungan lembapan dikurangkan.

d) *Plasticity Index (PI)*

Pengukuran tahap plastik tanah iaitu perbezaan peratusan kandungan lembapan di antara LL dan PL. *(PI = LL-PL)*

Foto 21 : *Atterberg Limits*

6.4.5 *Soil Strength Test*
Terdapat beberapa jenis ujian untuk mendapatkan kekuatan ricih tanah:-

a) *Triaxial Test*

Mengukur kekuatan ricih tanah dalam keadaan penyaliran yang terkawal. Spesimen tanah diletakkan dalam tekanan cecair terkurung dan diletakkan beban paksi sehingga mengalami kegagalan.

i) Consolidated Drained (CD)

Mendapatkan parameter c' (kN/m^2) & φ' (°) parameter ini diperlukan bagi analisa tegasan efektif (effective stress analysis).

ii) Consolidated Undrained (CiU)

Mendapatkan parameter c & φ, (total stress analysis)

iii) Unconsolidated Undrained (UU)

Mendapatkan parameter c_u & φ_u, (total stress analysis)

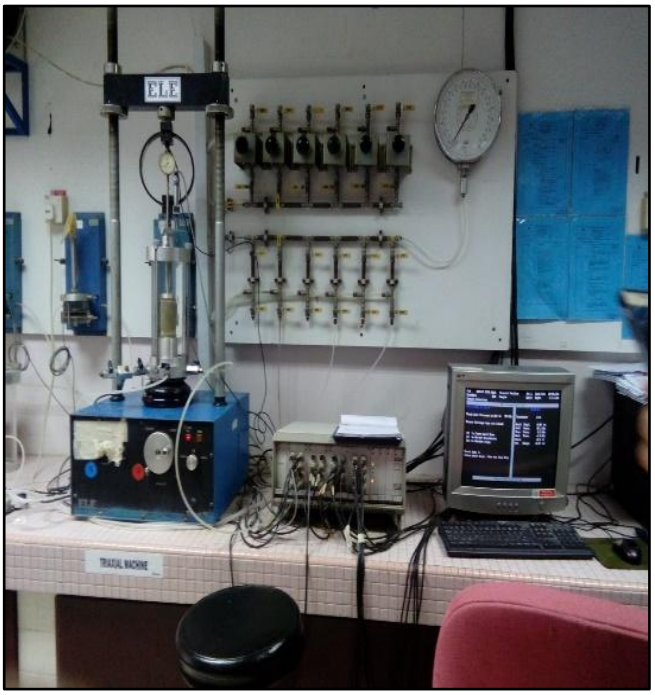


Foto 22 : *Triaxial Test*

b) *Consolidation Test*

Untuk mendapatkan parameter:-

i) *Coefficient of volume compressibility* , mv
ii) *Coefficient of consolidation*, c_v
iii) *Coeficient of compressibility* , a_v
iv) *Compression index*, c_c

Mendapatkan ciri-ciri pengukuhan bagi tanah yang mempunyai kebolehtelapan yang rendah seperti tanah liat. Kebiasaannya parameter di atas digunakan untuk meramal kadar dan jumlah enapan struktur.

Foto 23 : *Consolidation Test*

c) *Direct Shear Test*

Mendapatkan parameter daya ricih, c & φ dengan menggunakan *shear box*.

Foto 24 *Direct Shear Test*

6.4.5 *Rock Strength Test*

Ujian ini dijalankan untuk menilai dan mendapatkan kekuatan dan ciri-ciri batu semasa beban dikenakan.

a) *Uniaxial Compressive Strength*, UCS
Untuk mendapatkan parameter *measured compressive strength*, q.
Nilai q menunjukkan kekuatan dan rintangan terhadap beban.

b) *Point Load Index Strength*
Mendapatkan nilai index, I_s . Ujian UCS lebih diutamakan berbanding *Point Load Index Strength* Walaubagaimanapun, penyediaan sampel bagi ujian UCS adalah lebih rumit.

Foto 25 *: Uniaxial Compressive Strength* (UCS)

Foto 26 : *Point Load Test*

RUJUKAN

EN 1997 – 2 : 2007. Eurocode 7 - Geotechnical Design - Part 2: Ground Investigation and Testing. European Committee for Standardization.

GEO, 1987. Guide to Site Investigation (Geoguide 2). Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.

GEO, 1988. Guide to Rock and Soil Description (Geoguide 3). Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.

Guidelines For Planning Scope Of Site Investigation Works For Road Projects - REAM-GI 6/2004

Guidelines For Construction On Peat And Organic Soils In Malaysia-CREAM CIDB-2015

JKR 21300-0077-16. Geotechnical Engineering Handbook, 2016. Geotechnical Engineering Branch, Public Works Department Malaysia.

JKR/SPJ/2013-S17 : Standard Specification for Road Works Section 17 : Site Investigation. Jabatan Kerja Raya Malaysia.

M. J. Tomlinson, R. Boorman., 2001. Foundation Design and Construction, 7th Edition.

MS 1056 : 2005. Soils for Civil Engineering Purposes – Test Method, Part 1 to Part 9. Department of Standards Malaysia.

MS 2038 : 2006. Site Investigation – Code of Practice. Department of Standards Malaysia.

Site Investigation for Organic Soils and Peat, 1995. Geoguide 6. Geotechnical Research Unit, Institut Kerja Raya Malaysia (IKRAM).

Introduction To Geotechnical Engineering Part II, 2007. Universiti Teknologi Malaysia Skudai, Johor.

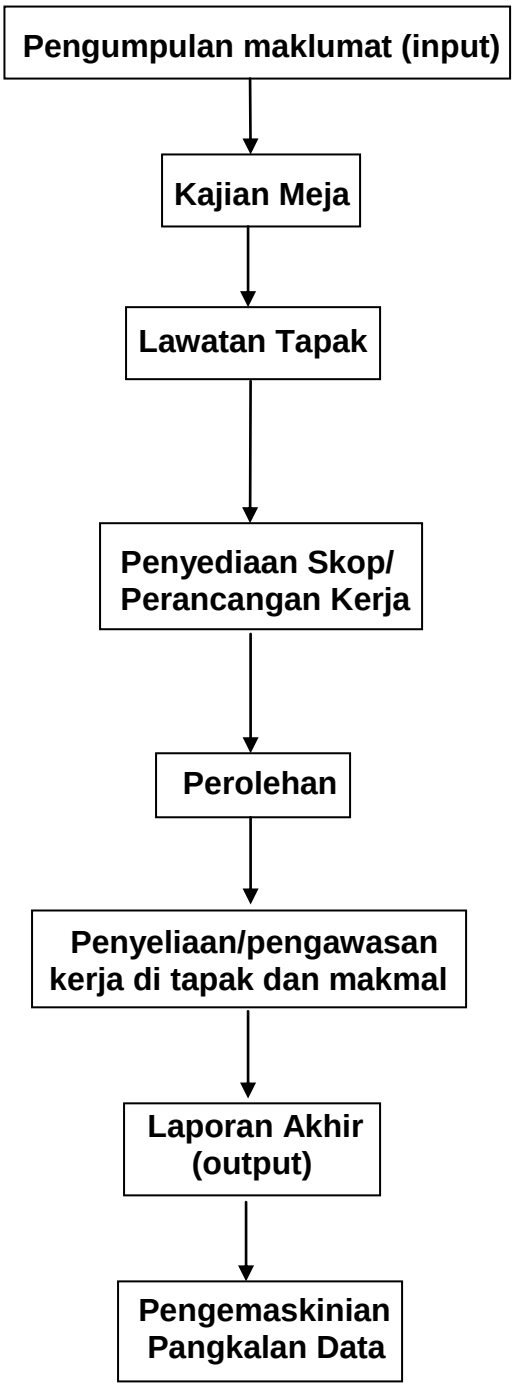
PENGHARGAAN

Pihak jabatan merakamkan ucapan penghargaan dan terima kasih kepada Ahli Jawatankuasa yang terlibat menyediakan Garis Panduan Perancangan Kerja Penyiasatan Tapak dan Ujian Makmal yang terdiri daripada para pegawai Jabatan Kerja Raya Malaysia dari Cawangan Kejuruteraan Geoteknik, Cawangan Jalan, dan Cawangan Kejuruteraan Awam Dan Struktur.

Pihak jabatan juga merakamkan penghargaan dan terima kasih kepada pakar-pakar di kalangan agensi kerajaan, universiti awam iaitu Universiti Teknologi Malaysia, Universiti Sains Malaysia dan Universiti Teknologi Mara, Juruperunding dan pihak industri seperti IKRAM, MSIA dan lain-lain, yang telah terlibat di dalam pemurnian garis panduan yang telah disediakan.

Pihak jabatan juga, tidak lupa untuk merakamkan penghargaan dan terima kasih kepada pakar – pakar dalam JKR iaitu Dato' Ir. Dr Che Hassandi B Abdullah, (Pegawai Kanan Pusat Kecemerlangan Kejuruteraan dan Teknologi JKR (CREaTE)), Ir. Kamal Bahrin bin Jaffar (JAPK, Cawangan Kejuruteraan Cerun) dan Ir. Ismail bin Abd. Rahman (Pengarah JKR Melaka) yang telah memberi ulasan akhir terhadap garis panduan ini.

CARTA ALIRAN KERJA PENYIASATAN TAPAK



Senarai semak:-
- Pelan survei, pelan lokasi tapak, peta topografi,
- Cadangan pembangunan

- Data: Peta Geologi, peta gempa bumi, maklumat akses dll
- Menghasilkan model tapak

- Mengesahkan model tapak
- Mengenalpasti kekangan laluan masuk tapak.
- Mengenalpasti risiko yang bakal wujud.

Parameter:
- Kaedah/jenis ujian lapangan.
- Bilangan dan kedudukan titik/garisan penyiasatan.
- Penentuan dan ciri-ciri kekuatan tanah yang diperlukan untuk rekabentuk.

Kaedah perolehan:
- Lantikan Terus
- Sebutharga
- Tender

- untuk rujukan bagi pembangunan akan datang

Lampiran 2a

PETA GEOLOGI SEMENANJUNG MALAYSIA

GEOLOGICAL MAP OF PENINSULAR MALAYSIA

EDISI KE-9, 2014

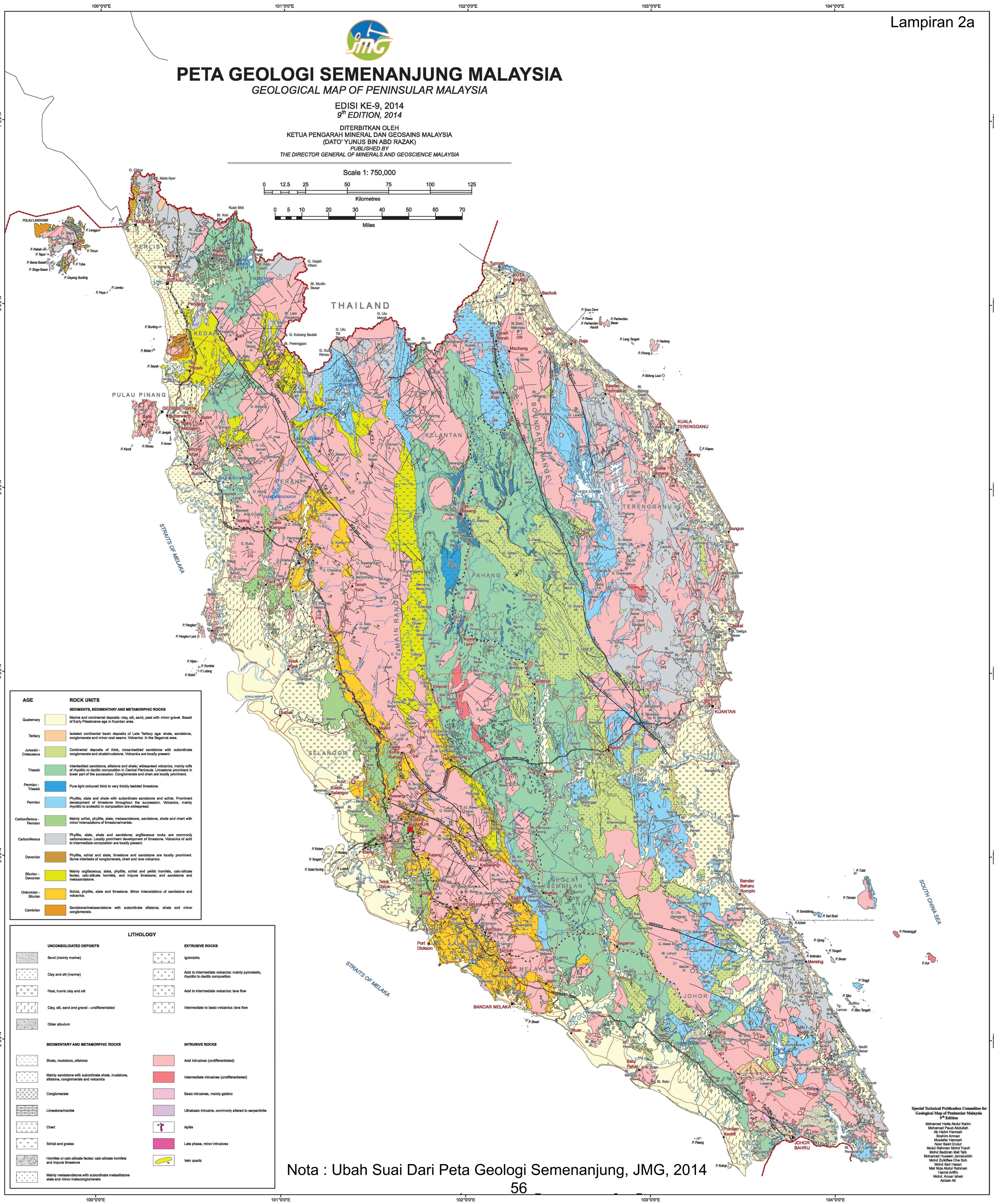
9th EDITION, 2014

DITERBITKAN OLEH
KETUA PENGARAH MINERAL DAN GEOSAINS MALAYSIA
(DATO' YUNUS BIN ABD RAZAK)
PUBLISHED BY
THE DIRECTOR GENERAL OF MINERALS AND GEOSCIENCE MALAYSIA

Scale 1: 750,000

0 12.5 25 50 75 100 125 Kilometres

0 5 10 20 30 40 50 60 70 Miles


THAILAND
PERLIS
KEDAH
PULAU PINANG
PERAK
KELANTAN
TERENGGANU
PAHANG
SELANGOR
NEGERI SEMBILAN
MELAKA
JOHOR
MAIN RANGE
STRAITS OF MELAKA
SOUTH CHINA SEA
KUALA LUMPUR
KUALA TERENGGANU
KUANTAN
BANDAR MELAKA
JOHOR BAHRU
Mersing
Kota Tinggi
Pontian Kechil
Port Dickson
Kuala Selangor
Kuala Kangsar
Taiping
Ipoh
Butterworth
GEORGETOWN
Alor Setar
Kota Bharu
Kuala Krai
Temerloh
Segamat
Batu Pahat
Muar
Kluang
Bandar Baharu Rompin
Dungun
Chukai
Marang
Pekan
Raub
Cameron Highlands
Gua Musang
Jerantut
Kuala Lipis
Tanah Rata
Tapah
Bahau
Seremban
Kuala Pilah
Kuala Berang
Machang
Tumpat
Bachok
Pasir Puteh
Kg. Raja
Tanah Merah
Kuala Nerang
Jitra
Kangar
Pendang
Yan
Sg. Petani
Baling
Gerik
Lumut
Teluk Intan
Sabak
Tg. Malim
Rawang
Kajang
Port Dickson
Telok Datok
Kuala Kubu Bahru
Bentong
Temerloh
Kuala Selangor
Kuala Lumpur
Kuala Terengganu
Kuala Berang
Kuala Krai
Kuala Lipis
Kuala Kelawang
Kuala Pilah
Kuala Selangor
Kuala Kubu Bahru
Kuala Kangsar
Kuala Lipis
Kuala Krai
Kuala Ber

PETA GEOLOGI SARAWAK

GEOLOGICAL MAP OF SARAWAK

THIRD EDITION 2013

SCALE 1 : 750, 000

ROCK UNITS

SEDIMENTARY

AGE			LITHOLOGY	FORMATION
PERIOD	EPOCH			
QUATERNARY	PLEISTOCENE - HOLOCENE		Coastal and riverine alluvium, and terraces of clay, silt, sand and gravel with layers of peat.	
TERTIARY	PLIOCENE - PLEISTOCENE	N_3	Sand, clay and gravelly sand lenses with abundant lignite and lignite clay : poorly consolidated.	Liang (N_3L)
	MIOCENE - PLIOCENE	N_2	Sandstone, siltstone, shale, sand, clay with some conglomerate and lignite : poorly consolidated in general.	Tukau (N_2Tk), Seria (N_2Se), Begrih (N_2Bg) Miri (N_2M) and Belait (N_2Be)
	MIOCENE	N_1	Sandstone, shale, mudstone, siltstone with some limestone and conglomerate lenses.	Sibuti (N_1Si), Meligan (N_1Me) and Plateau Sandstone (N_1Ps)
	OLIGOCENE - MIOCENE	P_3	Sandstone, shale, mudstone, limestone, lignite with some marlstone, siltstone and calcareous sandstone.	Balingian (P_3Ba), Lambir (P_3La), Tangap (P_3Tg), Tubau (P_3Tu), Setap Shale (P_3S) and Nyalau (P_3Ny)
	OLIGOCENE	P_2	Shale, mudstone, siltstone, sandstone with minor lignite.	Kelabit (P_2Kb), Buan (P_2B) and West Crocker (P_2WCr)
	EOCENE - MIOCENE	P_1	Thick biohermal limestone, mainly calcarenite, some calcilutite and rare marlstone.	Melinau Limestone (P_1Ml)
	EOCENE - OLIGOCENE	P_4	Silty and carbonaceous mudstone and shale with sandstone, mudstone, conglomerate, coal seam and some marlstone.	Silantek (P_4Sl)
			Sandstone, siltstone, shale with intercalations of marlstone, limestone, conglomerate and acid volcanics.	Tatau (P_4Tat)
	EOCENE	P_5	Hard, massive sandstone interbedded with sandstone, shale and siltstone. Weak regional metamorphism.	Pelagus (P_5Pel), Metah (P_5Mt), Bawang (P_5Bw), Members of Belaga Formation
	PALAEOCENE - EOCENE	P_6	Shale, slate, phyllite, sandstone with marlstone, calcareous sandstone, conglomerate and limestone lenses. Weak regional metamorphism.	Kalalan (P_6Ka), Mulu (P_6Mu), Kapit Member (P_6Kt) of Belaga Formation
			Chaotic assemblage of sandstone, mudstone, siltstone, chert, gabbro, basalt, spilite, limestone blocks in pervasively sheared pelitic matrix.	Julan Formation (P_6Ju), Lubok Antu Melange (P_6LA),
	LATE CRETACEOUS - MIOCENE	P_7	Thick-bedded sandstone intercalated with siltstone, varicoloured mudstone, conglomerate and rare limestone lenses.	Kayan Sandstone (P_7Ky)
		K	Rhythmically-interbedded shale, mudstone, slate, phyllite, metagraywacke with some conglomerate lenses. Strong regional metamorphism.	Layar Member (KLy) of Belaga Formation Lupar ($KLup$)
		JK	Shale, mudstone, sandstone, conglomerate with lenses of chert, acid to intermediate lavas and associated tuffs.	Pedawan ($JKPed$)
			Massive limestone with thin beds of calcareous sandstone and conglomerate.	Kedadom ($JKKd$) Bau Limestone ($JKBl$)
		JK	Shale, slaty slate, phyllite, metagraywacke, chert, conglomerate and bouldery slate, with some conglomerate, hornfels, marble associated with metamorphosed gabbro, diabase, basalt and spilite. Strong regional metamorphism.	Sejingkat ($JKSej$), Serabang ($JKSer$) Sebangan Hornstone ($JKSeb$)
		TR	Feldspathic sandstone, shale, arkose with subordinate conglomerate, limestone, chert and tuff.	Sadong ($TRSa$)
		PC	Massive limestone, recrystallised, silicified and dolomitised, and chert with subordinate shale.	Terbat (PC Ter)
		PZ	Phyllite, metagraywacke, quartz schist, quartz-mica schist, quartz - tremolite schist, epidote schist with some silicified tuff. Strong regional metamorphism.	Kerait Schist ($PzKs$) Tuang ($PzTg$)

IGNEOUS

PLEISTOCENE - HOLOCENE	Dacite and basalt lavas in Upper Rajang at Linau Balui Plateau, Pila and Pliaran; andesite at Sematan.
PLIOCENE - PLEISTOCENE	Upper Rajang andesite and basalt lavas at Hose Mountains, Usun Apau Plateau, Nieuwenhuis Mountain; microtonalite at Bt. Kalulong, Tinjar Valley; microgranodiorite, microtonalite, andesite and basalt dikes at Linau Balui and Nieuwenhuis Mountain.
MIOCENE	West Sarawak granite, diorite, gabbro, microtonalite, microgranite intrusions in Semalan, Lundu, Kuching, Kuap, Bau, Silantek and Engkilili areas.
EOCENE - OLIGOCENE	Granodiorite intrusion at Bt. Piring; andesite and rhyolite lavas at Arip; gabbro at Bt. Kunang; and basalt and andesite at Bt. Besai and at Bt. Mersing.
CRETACEOUS	Gabbro, diabase, basalt and spilite in the Lupar Valley; adamellite and granodiorite intrusions at G. Puah, G. Gading, Tg. Dalu, G. Buri, Tinteng Bedil, Sebuyau; and gabbro in Semalan Area.
LATE TRIASSIC	Dacite, andesite, trachyte and basalt lavas, breccia and tuff of Serian Volcanics. Small diorite intrusions in the Serian Volcanics and Sadong Formation.
PRE - TRIASSIC	Granodiorite at G. Jagoi.

SYMBOL

SEDIMENTARY ROCKS

- Marine facies predominantly non - calcareous
- Marine facies predominantly calcareous
- Continental facies
- Mixed facies : marine and continental

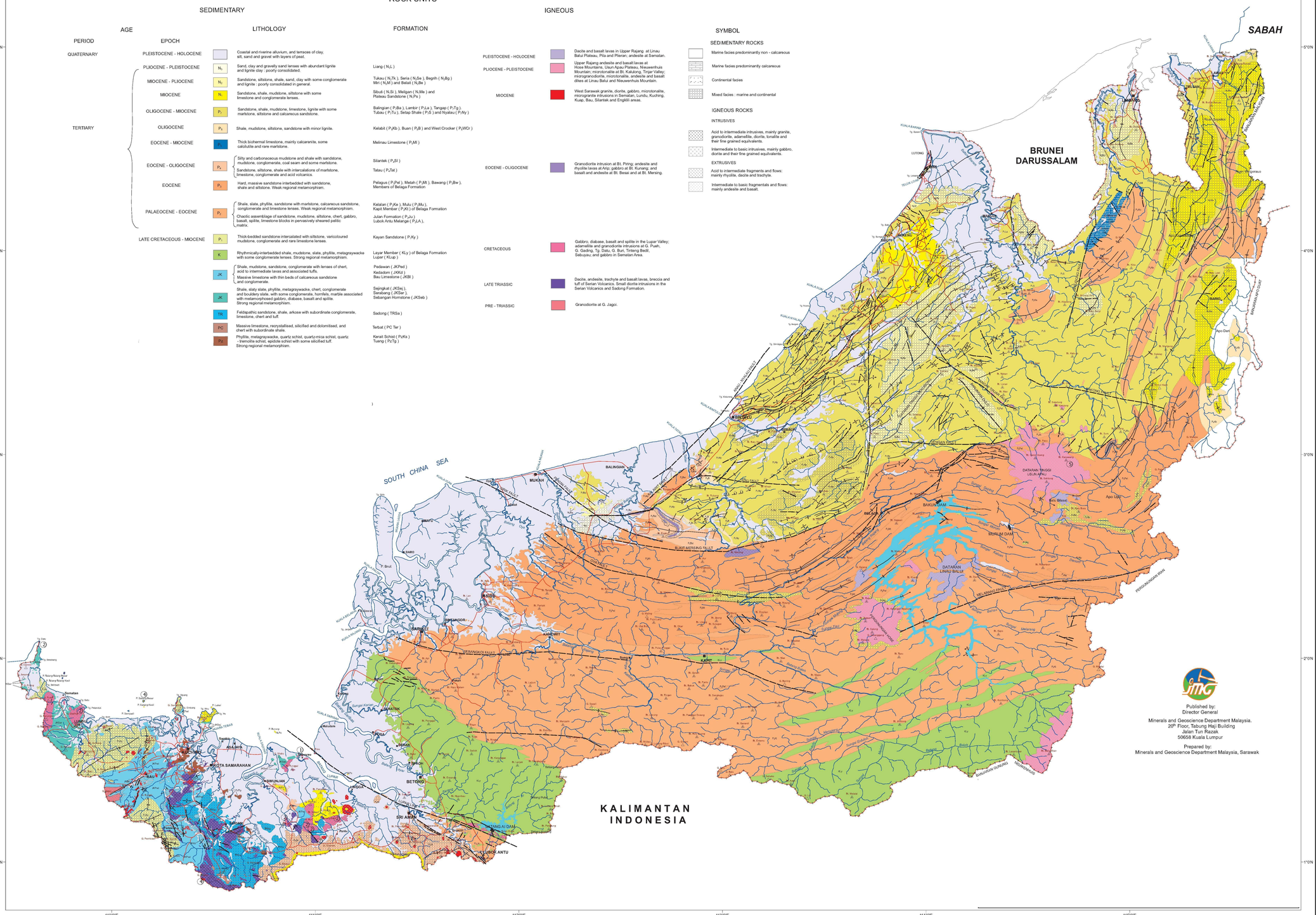
IGNEOUS ROCKS

INTRUSIVES

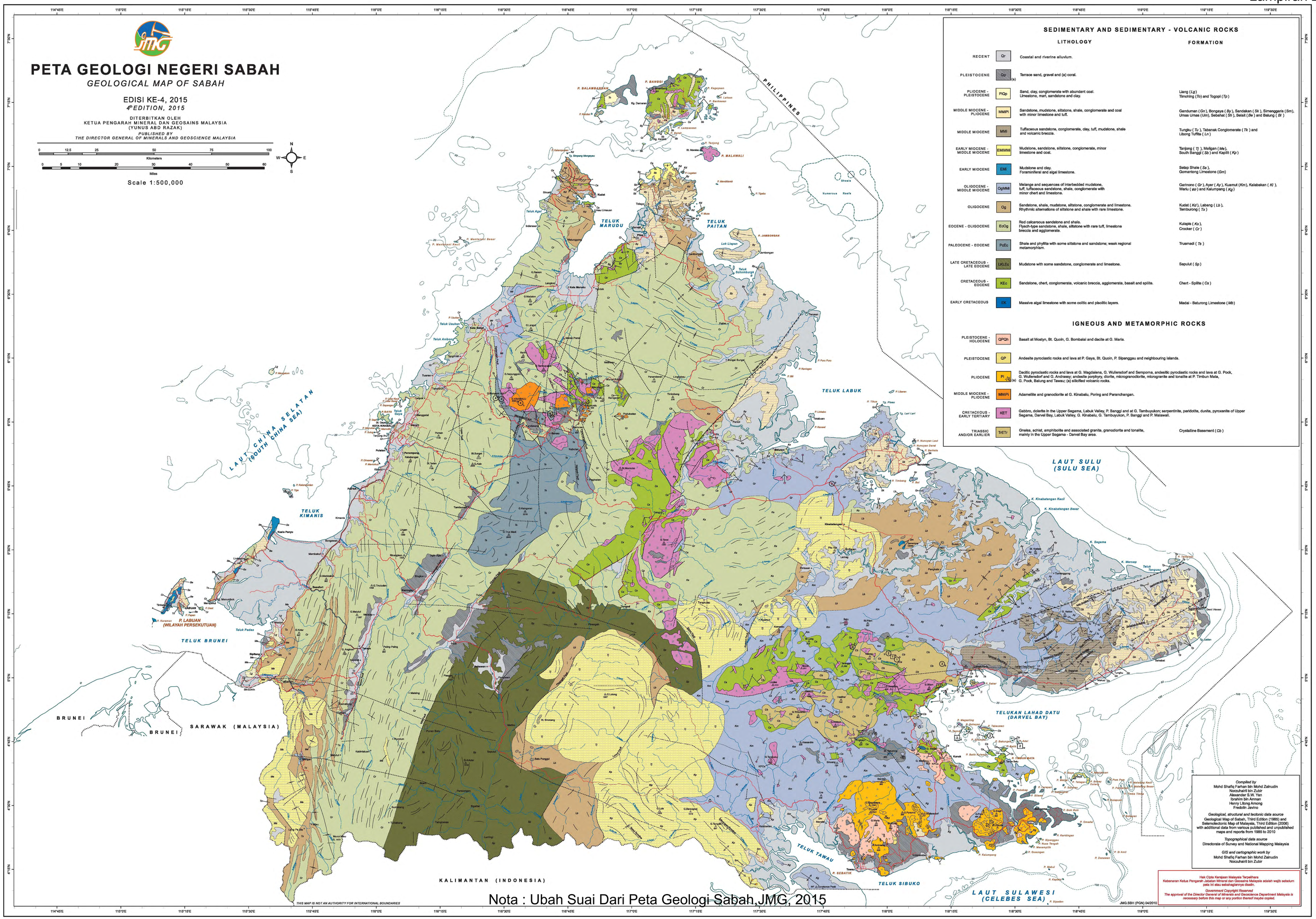
- Acid to intermediate intrusives, mainly granite, granodiorite, adamellite, diorite, tonalite and their fine grained equivalents.
- Intermediate to basic intrusives, mainly gabbro, diorite and their fine grained equivalents.

EXTRUSIVES

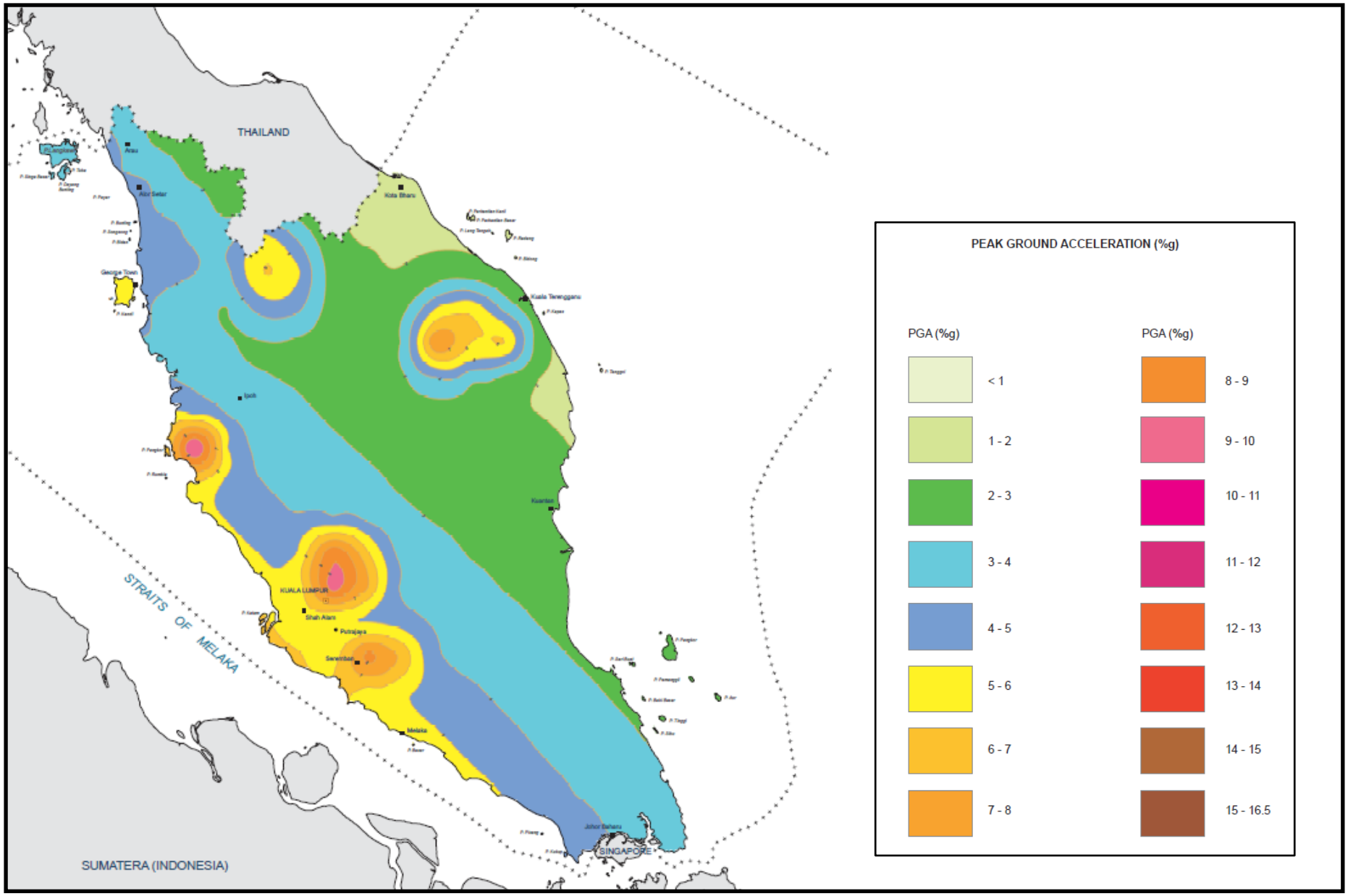
- Acid to intermediate fragments and flows: mainly rhyolite, dacite and trachyte.
- Intermediate to basic fragmentals and flows: mainly andesite and basalt.



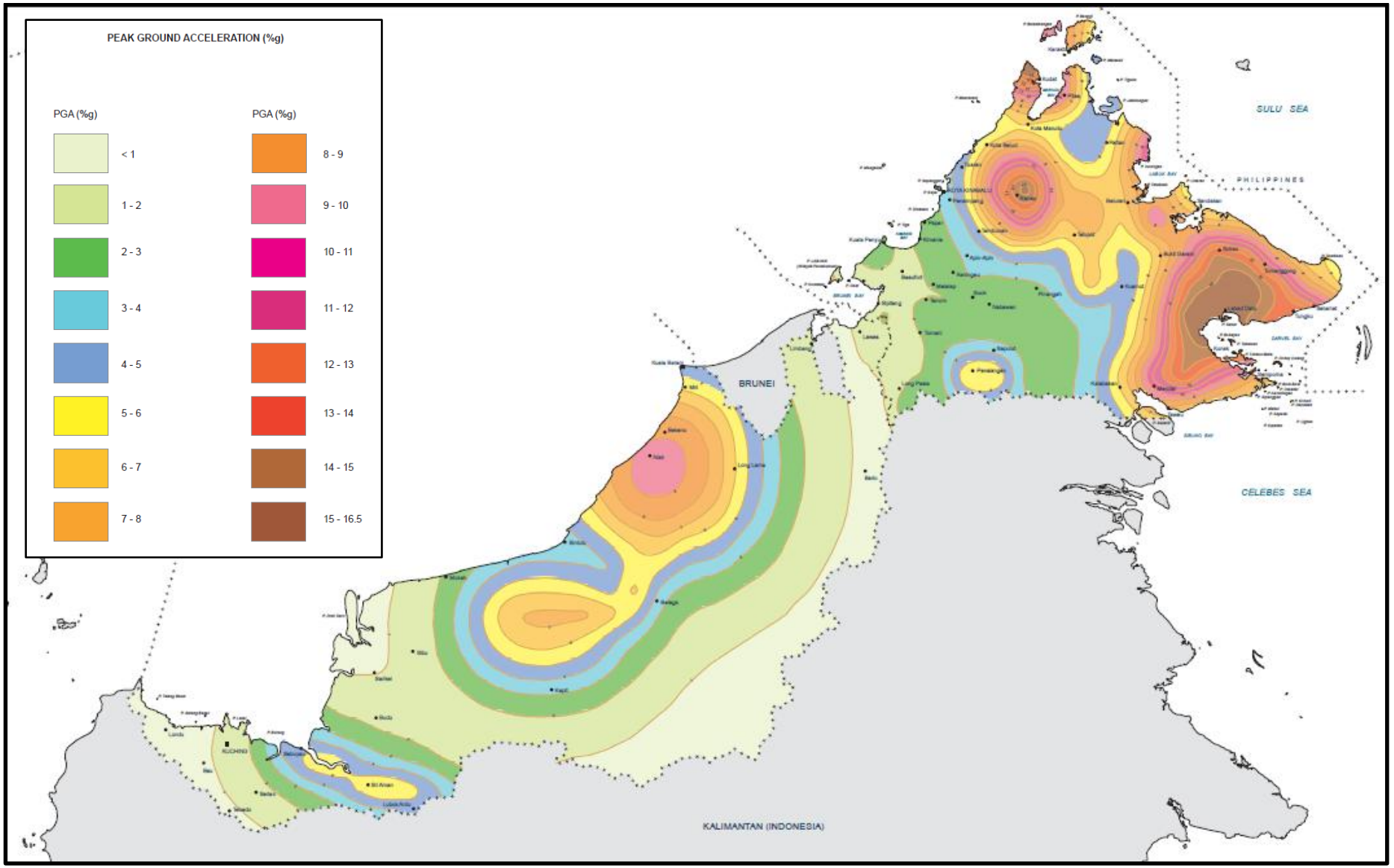
Nota Ubah Suai Dari Peta Geologi Sarawak, JMG, 2013



Nota : Ubah Suai Dari Peta Geologi Sabah,JMG, 2015



Peta Bahaya Seismik Bagi Semenanjung Ubahsuai Dari *Seismic Hazard Map of Malaysia*, JMG (2017)



Peta Bahaya Seismik Bagi Sabah dan Sarawak Ubahsuai Dari *Seismic Hazard Map of Malaysia*, JMG (2017)

JKR MALAYSIA	PROSEDUR PERANCANGAN PELAKSANAAN PROJEK	No. Dokumen : JKR.PK(O).01-3 No. Keluaran : 05 No. Pindaan : 00 Tarikh : 1 Jun 2017 Muka Surat : 1 / 2

LAMPIRAN 3

SENARAI SEMAKAN LAWATAN TAPAK

No.	PERKARA	CATATAN
1.	Lokasi Tapak	
2.	Saiz Dan Zon	
3.	Akses Ke Tapak	
4.	Ciri-ciri semulajadi tapak: a. Kontur b. Corak aliran perparitan c. Pokok-pokok d. Batu-batan e. Lembah-lembah f. Kolam/kubang/paya/lopak, dll.	
5.	Elemen buatan manusia: a. Bangunan b. Dinding/pagar/penghalang c. Pili bomba, dll.	
6.	Peredaran/pergerakan laluan: a. Kenderaan b. Pejalan kaki	
7.	Utiliti: a. Elektrik b. Pembetung c. Gas d. Air e. Telefon f. *District Cooling*	
8.	Alam Sekitar/Pembangunan Lestari: a. Kawasan tanah tinggi b. Rizab hidupan liar c. Warisan semulajadi dan antikuiti d. Hutan simpan kekal	

@ HAKCIPTA JKR MALAYSIA

DOKUMEN TERKAWAL

No.	PERKARA	CATATAN
	e. Tadahan air dan air tanah f. Dataran sungai, tanah lembab, bekas lombong, tasik dan sungai Kawasan pertanian makanan g. Simpanan mineral dan bencana geologi h. Persisiran pantai dan pinggir laut i. Tapak pelupusan sisa pepejal dan toksik j. Laluan matahari *(sun path)* k. *Irradiation* matahari l. Halaju angin m. Lain-lain	

Nota : sertakan lampiran maklumat / data terperinci sekiranya ada.

Nama Pegawai : _____

Tarikh Lawatan : _____

@ HAKCIPTA JKR MALAYSIA

DOKUMEN TERKAWAL

JABATAN KERJA RAYA Cawangan Kejuruteraan Geoteknik	BORELOG	BOREHOLE NO : BH 1 SHEET NO : 1 OF 1	Lampiran 5

Project : KERJA-KERJA PENYIASATAN TANAH DAN UJIAN MAKMAL BAGI PROJEK XXX

Client : JABATAN KERJA RAYA MALAYSIA	Coordinate (Cassini) : N: -XXXXX.XXX, E: -XXXXX.XXX	Consultant : -
Location : XXX	Coordinate (RSO) : N: XXXXXX.XXX, E: XXXXXX.XXX	Reduced Level (XX.XX
Job No. : (16)JKR.CKG.BST.XXX.XXX/XX/XX	Logged By : (NAME OF SITE SUPERVISOR)	Starting Date : DD.MM.YYYY
Type of Drill : ROTARY DRILL	Drilled By: (NAME OF COMPETENT DRILLER)	Finishing Date : DD.MM.YYYY

Scale	Drilling Method (Casing Size)	Soil Description	Graphic Log	Legend	Type No.	Depth	Recovery (%)	Sample & Test: SPT Test Results: Blow/cm	SPT Details (Seating & Test) 75 mm	75 mm	75 mm	75 mm	75 mm	75 mm	Rock: CR (m)	CRR (m)	RDQ (%)	Remarks
1		Very loose, dark brown, silty SAND			D1	0.00 0.45												
2		Very soil, light brown mottled yellow, fine to coarse sandy SILT of high plasticity with traces of clay and gravel			P1 D2	1.50 1.95	84	0 30	1	0	0	0	0	0				
3		No recovery			UD 1	2.00 2.50	NIL											
4		Very soil, light brown mottled light grey, fine to coarse sandy SILT of high plasticity with traces of clay and very little gravel			P2 D3	3.00 3.45	60	0 30	1	1	0	0	0	0				
		No recovery			UD 2	3.50 4.00	NIL											
5		Very loose, light to dark grey sandy GRAVEL with a little silt and clay. Presence of organic materials			P3 D4	4.50 4.95	24	4 30	1	0	1	1	1	1				
7		Light grey, slightly weathered, slightly fractured, GRANITE			C1	6.00 7.45									1.5	0.56	40	
8		Light grey, slightly weathered, slightly fractured, GRANITE			C2	7.50 9.00									1.5	0.56	40	
10		Light grey, slightly weathered, slightly fractured, GRANITE *Borehole Terminated at XX.XX M			C3	9.00 10.50									1.5	0.78	45	

LEGEND :

- Standard Penetration Test (P)
- Undisturbed Samples (UD)
  Open Drive Thickwall Sample (OD)
- Mazier Sample (MZ)
  DenisonSample (DS)
- Attemped (UD),(OD),(PS), (MZ) & (DS)
- Piston Sample (PS)
- Core Run

GROUND WATER LEVEL

DATE	TIME	BORING DEPTH (m)	CASING DEPTH (m)	WATER LEVEL (m)
DD/YY/YYYY	6.00 p.m	X.XX	X.XX	X.XX
DD/YY/YYYY	9.00 a.m	X.XX	X.XX	X.XX
DD/YY/YYYY	6.00 p.m	X.XX	X.XX	X.XX

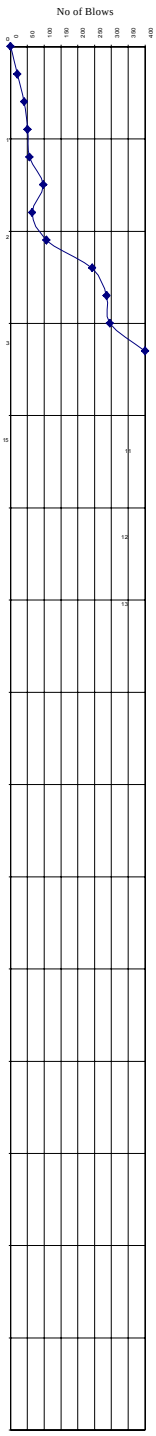
JABATAN KERJA RAYA
Cawangan Kejuruteraan Geoteknik

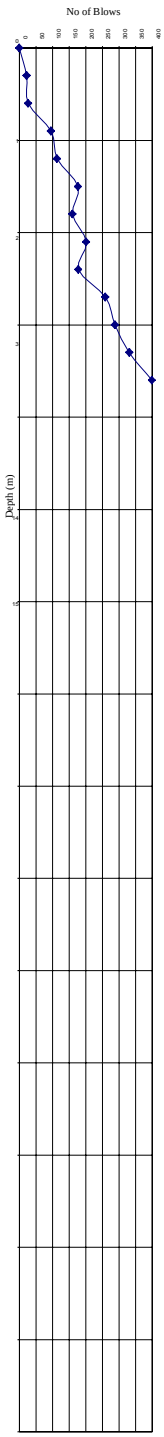
MACKINTOSH PROBE

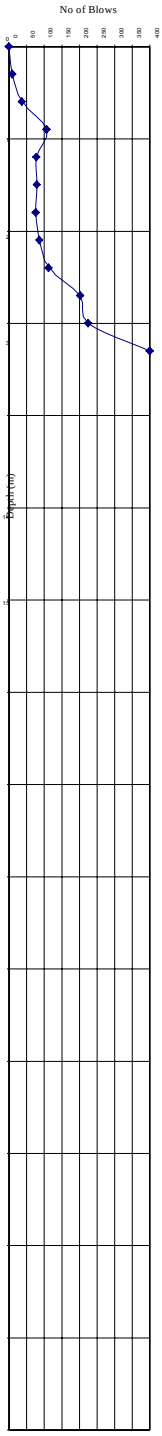
Project: XXXXXXXX

Position No.	MP 1	MP 2	MP 3
Coordinates	N: -22880.372 E: 9762.279	N: -22850.842 E: 9753.309	N: -22823.381 E: 9746.951
	N: 328349.508 E: 421723.603	N: 328379.061 E: 421714.706	N: 328406.538 E: 421708.416
R/ Level (m)	29.952	29.329	30.205
Date	26.11.2017	26.11.2017	26.11.2017

Depth (m)	No of Blows	No of Blows	No of Blows
0.0 - 0.3	20	22	10
0.3 - 0.6	40	27	37
0.6 - 0.9	51	96	108
0.9 - 1.2	56	114	78
1.2 - 1.5	97	177	80
1.5 - 1.8	64	160	76
1.8 - 2.1	106	202	87
2.1 - 2.4	242	178	113
2.4 - 2.7	286	260	202
2.7 - 3.0	295	288	225
3.0 - 3.3	400	331	400
3.3 - 3.6		400	240mm
3.6 - 3.9			
Final Depth	**3.30 m**	**3.60 m**	**3.2 m**







	JABATAN KERJA RAYA Cawangan Kejuruteraan Geoteknik	**HAND AUGER LOG**

Project :	XXXXXXXXX			Job No.
HAND AUGER : HA-1	Co-ordinate (Cassini) :	R.L :	Supervisor :	
Sheet No. 1 of 1	Co-ordinate (RSO) :		Date :	

Depth (m)	**DESCRIPTION OF SOIL** Colour, Grain Size, Texture etc.	British Soil Classification	Sample No.	Remarks
0.00	Top Soil :			
to	Light brown SILT of high plasticity	MH	DS1	
0.20				
1.50				
to	Light brown SILT of high plasticity	MH	DS2	
1.70				
3.00				
to	Light brown SILT of high plasticity	MH	DS3	
3.20				
4.00				
to	Light grey SILT of high plasticity	MH	DS4	
4.20				
5.00				
to	Light grey SILT of high plasticity	MH	DS5	
5.20				
	End of Hand Auger at 5.20m			

Remarks	Water level at 3.50m	Logged by	
		Checked by	

Jadual Kedalaman Pengorekan Batu

Rock Type	Minimum Continuous Core length (M)
Igneous rocks	4.5
Shale/schist/slate/sandstone Recovery ratio R/r <50%	6
Shale/schist/slate/sandstone Recovery ratio R/r >50%	3
Limestone R/r >50% and no cavity	6
Limestone R/r <50% or with cavity	9-21
Other rocks R/r >50%	4.5
Other rocks R/r <50%	6