

KANDUNGAN		MUKA SURAT
PRAKATA		4
SINOPSIS		6
BAB 1		7
LATAR BELAKANG		7
1.1 PENGENALAN		7
1.2 DEFINISI		7
1.3 TUJUAN GARIS PANDUAN		8
1.4 KONSEP FORENSIK ALAM SEKITAR		8
1.5 STRUKTUR FORENSIK ALAM SEKITAR DALAM AKTIVITI PENGUATKUASAAN		9
1.6 ELEMEN UTAMA PENYIASATAN FORENSIK ALAM SEKITAR		9
BAB 2		14
GAMBARAN KESELURUHAN PENYIASATAN FORENSIK ALAM SEKITAR		14
2.1 LANGKAH-LANGKAH PENYIASATAN ALAM SEKITAR		14
BAB 3		18
PENYIASATAN DI LOKASI JENAYAH		18
3.1 PELAN PERSAMPELAN		18
3.2 STRATEGI PERSAMPELAN		20
3.3 PERALATAN PERSAMPELAN		22
3.4 PERSAMPELAN INVASIF DAN IDENTIFIKASI		24
3.5 PERALATAN PEGANG MUDAH ALIH UNTUK PENGUKURAN /PENGANALISAAN DI LAPANGAN		24
3.6 PENENTUAN BILANGAN SAMPEL		26
		1

3.7 ANALISIS GEOSTATISTIK	27
3.8 BAHAN KIMIA KHAS	27
BAB 4	29
GARIS PANDUAN UNTUK MAKMAL FORENSIK ALAM SEKITAR	29
4.1 TUJUAN	29
4.2 SKOP	29
4.3 KEPERLUAN PENGURUSAN	29
4.4 KEPERLUAN TEKNIKAL	31
BAB 5	37
TEKNIK STATISTIK UNTUK PENYIASATAN FORENSIK ALAM SEKITAR	37
5.1 STATISTIK UNTUK ANALISA DATA	37
5.2 GEOSTATISTIK	39
5.3 PENYEDIAAN PELAN ANALITIKAL	43
BAB 6	45
RANGKA KERJA PERUNDANGAN FORENSIK ALAM SEKITAR	45
6.1 FOKUS RANGKA PERUNDANGAN FORENSIK ALAM SEKITAR	45
6.2 PERUNTUKAN PERUNDANGAN UNTUK MEMASUKKAN PENYIASATAN FORENSIK ALAM SEKITAR DI BAWAH AKTA 127	47
BAB 7	54
KAJIAN KES FORENSIK ALAM SEKITAR	54
KAJIAN KES 1 : KAJIAN KES SISA BERBAHAYA/BAHAN BERBAHAYA DI LUPUS SECARA HARAM DI TAPAK PELUPUSAN SISA PEPEJAL	54
KAJIAN KES 2 : PELEPASAN KUMBAHAN SECARA HARAM MELALUI PEMBUANGAN TERUS OLEH LORI TANGKI SEPTIK KE ATAS TANAH DAN SETERUSNYA MENGALIR KE SUNGAI	61

KAJIAN KES 3 : PENYIASATAN UNTUK MENGENALPASTI PUNCA PELEPASAN BAU YANG MENGANGGU PENDUDUK	69
KAJIAN KES 4 : PENYIASATAN UNTUK MENGENAL PASTI PUNCA BAU SENGIT YANG TERBEBAS KE KAWASAN SEKITAR BELUKAR SELEPAS HUJAN LEBAT AKIBAT PEMBUANGAN HARAM SISA BUANGAN TERJADUAL	71
KAJIAN KES 5 : PENYIASATAN UNTUK MENGENAL PASTI PUNCA KEMUSNAHAN ALAM SEKITAR YANG BERKAITAN DENGAN AKTIVITI KERJA TANAH DARIPADA PROJEK – PROJEK EIA	74
KAJIAN KES 6 : PENYIASATAN UNTUK MENENTUKAN SEJAUHMANA TINDAKAN PEMULIHAN YANG DIPERLUKAN	76
KAJIAN KES 7 : TUMPAHAN SISA MINYAK TERPAKAI KE AIR PERMUKAAN ATAU PERMUKAAN TANAH	78
KAJIAN KES 8 : PEMBAKARAN TERBUKA DARIPADA SUMBER BUKAN BAHAN BERBAHAYA	81
Lampiran 1	84
Lampiran 2	88
Lampiran 3	90
RUJUKAN	91

PRAKATA

GARIS PANDUAN FORENSIK ALAM SEKITAR DALAM PENGUATKUASAAN

Kes – kes jenayah alam sekitar yang semakin rumit dan kompleks pada masa kini memerlukan satu pendekatan penyiasatan yang lebih baik. Penerapan ilmu dan kemahiran dalam bidang forensik amat diperlukan bagi memastikan kes – kes jenayah alam sekitar dapat disiasat secara terperinci. Ini boleh membantu pegawai – pegawai penyiasat melakukan kerja – kerja penyiasatan dengan lebih cekap bagi tujuan menyediakan bukti – bukti yang kukuh untuk tujuan pendakwaan.

Tujuan garis panduan ini disediakan adalah untuk membantu pegawai – pegawai Jabatan Alam Sekitar menjalankan kerja – kerja penyiasatan dan penguatkuasaan dengan menggunakan kaedah forensik Alam Sekitar. Garispanduan ini menjelaskan beberapa perkara penting iaitu meliputi pengenalan terhadap forensik alam sekitar, tatacara penyiasatan forensik alam sekitar, interpretasi data, panduan pelaksanaan makmal forensik alam sekitar, penggunaan kaedah persampelan secara forensik dan penggunaan kaedah statistik dalam proses menghasilkan maklumat yang relevan dalam penyiasatan alam sekitar.

Adalah diharapkan dengan terbitnya garispanduan ini, ianya dapat digunapakai oleh pegawai – pegawai JAS dalam melakukan penyiasatan dan penguatkuasaan dengan lebih cekap dan sekaligus menyumbang terhadap kesejahteraan alam sekitar.

“Pemuliharaan Alam Sekitar, Tanggungjawab Kita bersama”



Dato Halimah Hasan

Ketua Pengarah Alam Sekitar

Jabatan Alam Sekitar

Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar

Oktober 2015

JAWATANKUASA PEMANDU

1. Dr. Zulkifli Abdul Rahman (Timbalan Ketua Pengarah Operasi, Jabatan Alam Sekitar Malaysia).
2. Tuan Haji Ismail Ithnin (Pengarah Bahagian Penguatkuasa, Jabatan Alam Sekitar Malaysia)
3. En. Norazman Bin Mohd Noor (Bahagian Forensik , Polis Diraja Malaysia).
4. Prof. Madya Dr. Ahmad Zaharin Aris (Fakulti Pengajian Alam Sekitar, Universiti Putra Malaysia).
5. En. Mohd Sani Mat Daud (Bahagian Penguatkuasa, JAS.)
6. En. Abdul Rahman Mahmud (Bahagian Penguatkuasa, JAS).
7. Pn. Tunku Khalkausar Tunku Fatahi (Bahagian Penguatkuasa, JAS).
8. En. Mohd Yunos Rais (Bahagian Penguatkuasa, JAS).
9. En. Mohd Rashdan Topa (Bahagian Penguatkuasa, JAS).
10. En. Suhaimi Azmi (Bahagian Penilaian, JAS).
11. En. Mohd Faizul Hilmi B Zulkifli (Bahagian Udara, JAS).
12. En. Khiruddin Mohd Idris (Bahagian Air dan Marin, JAS).
13. Pn. Rojiah Abu Bakar (Bahagian Penguatkuasa, JAS).
14. Pn. Merlyn Arsat (Bahagian Penguatkuasa, JAS).

KUMPULAN PENYELIDIK SIRIM

1. Dr.Chen Sau Soon – Ketua Penyelidik
2. Dr. Norshidah Baharudin
3. Dr. Letchumi Thannimalay
4. Pn. Tan Yong Nee
5. Pn. Putri Razreena Abdul Razak

SINOPSIS

Bab 1 - menyediakan satu gambaran keseluruhan forensik alam sekitar dalam penguatkuasaan yang merangkumi definisi dan konsep, serta elemen-elemen yang diperlukan untuk menghasil data yang boleh digunapakai untuk tindakan undang-undang. Tiga faktor utama yang akan menyumbang kepada kejayaan sesuatu penyiasatan iaitu sumber manusia; kelengkapan dan kemudahan; serta undang-undang juga diperkenalkan secara ringkas.

Bab 2 - menerangkan gambaran keseluruhan penyiasatan forensik alam sekitar serta aktiviti-aktiviti yang berkaitan di dalam menjalankan penyiasatan forensik alam sekitar yang sebenar iaitu mendapatkan maklumat awal dan tindakan awal, mendapatkan bukti dan pengumpulan data dan sampel, simpanan serta penghantaran sampel untuk analisis, analisis pentafsiran data dan keputusan analisis sampel; dan melaporkan keputusan analisis dalam dan di luar kawasan tapak kejadian. Dua aktiviti utama iaitu pengumpulan maklumat dan bukti diterangkan dengan terperinci.

Bab 3 - merangkumi semua aspek persampelan yang akan dilakukan di lokasi kejadian jenayah iaitu pelan persampelan, strategi persampelan, peralatan persampelan termasuk analisa dilapangan dengan menggunakan peralatan mudah alih, penentuan bilangan sampel dan satu pengenalan ringkas mengenai cara menentukan bahan kimia *signature* untuk persampelan serta digunakan dalam kajian *fingerprinting*.

Bab 4 - memberi panduan kepada makmal-makmal yang akan menghasilkan data untuk penyiasatan forensik alam sekitar, untuk menepati sistem pengurusan kualiti berdasarkan ISO/IEC 17025. Keperluan pengurusan dan teknikal dihuraikan secara terperinci mengikut klausa-klausa piawaian dibawah ISO/IEC.

Bab 5 - memperkenalkan beberapa kaedah atau teknik statistik bagi tujuan analisis dan tafsiran data yang telah dihasilkan, serta membuat anggaran data yang tidak diukur berdasarkan data yang wujud dengan menggunakan teknik geostatistik. Terdapat juga penjelasan ringkas mengenai penggunaan *Geographical Information System (GIS)*, *Geographical Position System (GPS)* dan penghitungan koordinat spatial Cartesian.

Bab 6 - memfokuskan kepada dua aspek rangka kerja forensik alam sekitar iaitu penyiasatan dilokasi kejadian jenayah alam sekitar dan pembangunan data saintifik yang boleh dipertahankan untuk tujuan pendakwaan secara perundangan. Bab ini juga menyenaraikan klausa-klausa di dalam Akta 127 serta peraturan-peraturan dan perintah-perintah yang berkaitan alam sekitar. Beberapa pendekatan yang boleh diguna untuk menilai tahap kerosakan alam sekitar juga dikemukakan.

Bab 7 - menampilkan beberapa kajian kes hipotetikal mengenai penyiasatan forensik jenayah alam sekitar yang berkaitan dengan pelepasan ke udara, pencemaran tanah dan pencemaran air. Perancangan persampelan dihuraikan mengikut kes – kes yang dipilih.

BAB 1

LATAR BELAKANG

1.1 PENGENALAN

Melepaskan bahan cemar kepada alam sekitar, sama ada secara sengaja ataupun tidak sengaja boleh dianggap sebagai suatu jenayah terhadap alam sekitar. Peranan forensik alam sekitar adalah untuk mengenalpasti dan mencegah jenayah pencemaran alam sekitar.

Forensik alam sekitar menggunakan teknik pencapjarian bagi menilai dan menganalisis kawasan yang dicemar. Pencapjarian boleh mendedahkan punca pencemaran, serta bagaimana, dimana dan bila pencemaran itu dilepaskan.

Bagi memastikan kejayaan pendakwaan jenayah alam sekitar, pihak berkuasa yang mewakili kerajaan mestilah membuktikan, di luar keraguan munasabah, bahawa sesebuah syarikat atau seseorang yang secara sedar mencemar alam sekitar, menyebabkan kemusnahan alam sekitar yang hanya boleh diperbaiki hanya dengan tindakan pemulihan yang sesuai.

Pengetahuan saintifik dan teknologi diperlukan untuk mengumpul dan menghasilkan data yang boleh dipercayai daripada kawasan tercemar dan dibawa ke mahkamah sebagai maklumat komprehensif yang boleh difahami oleh hakim atau juri bagi sabitan orang yang bersalah itu. Oleh itu, peranan forensik alam sekitar adalah untuk menjana data yang boleh dipertahankan (*defensible data*).

1.2 DEFINISI

Definisi yang digunakan ke atas tiga perkataan utama “forensik alam sekitar”, “jenayah alam sekitar” dan “kemusnahan alam sekitar” yang akan digunakan dalam garis panduan ini adalah disenaraikan di bawah. Definisi ini adalah khas untuk membezakan penggunaan forensik alam sekitar dalam penguatkuasaan berbanding dengan penguatkuasaan berjadual dan aktiviti pemantauan.

Forensik alam sekitar adalah penilaian data yang sistematik dan saintifik yang didapati daripada pengukuran lapangan atau analisis makmal, dan maklumat sejarah sesuatu lokasi jenayah alam sekitar bagi tujuan membangunkan pertahanan saintifik dan penyelesaian perundangan berkaitan punca atau usia bahan pencemar yang dilepaskan ke atas alam sekitar berkenaan.

Lokasi jenayah alam sekitar merujuk kepada kejadian pencemaran alam sekitar yang menyebabkan kemusnahan alam sekitar di mana sumber dan kesan pencemaran itu belum dapat

dipastikan, tidak seperti kes-kes ketidakpatuhan di mana punca sumber diketahui dan didapati melebihi tahap yang dibenarkan oleh peraturan.

Kemusnahan alam sekitar dalam konteks kes pendakwaan atau mana-mana prosiding akan merujuk kepada bukti-bukti yang dikumpul pada atau daripada persekitaran lokasi jenayah alam sekitar, dan hasil analitikal akan dibandingkan dengan nilai yang ditentukan sebagai berbahaya kepada alam sekitar seperti yang diperuntukkan di bawah Kod Amalan [seperti Indeks Pencemaran Udara, Standard Kualiti Air Kebangsaan, Standard Kualiti Air Marin, Standard Air Bawah Tanah dan Profil Tanah Latar belakang, dsb.] yang mana relevan kepada alam sekitar yang terlibat. Kemungkinan pendakwaan lain boleh merujuk kepada kegagalan untuk melaksanakan tindakan mitigasi yang diperlukan di bawah premis yang ditetapkan, seperti yang dinyatakan di dalam laporan EIA untuk mengelak kemusnahan alam sekitar yang tertentu.

1.3 TUJUAN GARIS PANDUAN

Garis panduan Forensik Alam Sekitar dalam Penguatkuasaan adalah bertujuan menjadi rujukan ke atas beberapa prinsip dan teknik penyiasatan forensik alam sekitar, yang disasarkan ke atas pegawai-pegawai JAS yang ditugaskan untuk menyiasat jenayah alam sekitar, bagi meningkatkan keberkesanan penguatkuasaan. Garis panduan ini adalah untuk digunakan oleh pegawai – pegawai JAS yang telah dilatih mengenai tatacara dan kaedah penyiasatan secara forensik melalui pusat latihan EiMAS dan agensi lain yang diiktiraf.

1.4 KONSEP FORENSIK ALAM SEKITAR

Forensik alam sekitar merupakan suatu aplikasi kaedah saintifik yang boleh dipertahankan (*defensible scientific method*) untuk menangani permasalahan berkaitan sejarah dan sumber pelepasan bahan – bahan pencemar terhadap alam sekitar. Ia biasanya melibatkan pembinaan semula (*reconstruction*) peristiwa alam sekitar yang lepas, seperti waktu, jenis, jumlah dan punca pelepasan bahan pencemar kepada alam sekitar.

Aplikasi teknik forensik alam sekitar termasuklah penggunaannya bagi mengenal pasti tanggungjawab terhadap kawasan yang diketahui tercemar, mengenal pasti sejarah pemilik hartanah yang bertanggungjawab terhadap pelepasan bahan pencemar, mengenal pasti jenis bahan pencemar, manakala bagi pencemaran minyak marin pula penentuan sumber tumpahan berlaku akan dikenalpasti.

Sains bagi forensik alam sekitar, masih terus berkembang dengan pembangunan teknologi terkini, yang telah dibangunkan dengan baik ia meliputi pendekatan kimia, biologi, mikrobiologi, genomik, statistik dan pemodelan. Perkembangan terkini dalam bidang sains forensik alam sekitar turut mengaplikasikan kaedah penderiaan jauh dan sistem maklumat geografi (GIS) bagi membantu menyelesaikan masalah jenayah alam sekitar.

Dalam bidang penyelidikan terdapat juga jurnal forensik alam sekitar yang giat membincangkan dapatan penyelidikan terkini berkaitan dengan bidang forensik alam sekitar. Kewujudan penyelidikan dalam bidang forensik alam sekitar bukan sahaja membantu dalam bidang penyiasatan pencemaran malah turut membantu dalam bidang – bidang lain seperti makanan, kimia dan pembangunan produk.

1.5 STRUKTUR FORENSIK ALAM SEKITAR DALAM AKTIVITI PENGUATKUASAAN

Rangka kerja forensik alam sekitar bagi penguatkuasaan dalam Jabatan Alam Sekitar (JAS) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1 terdiri daripada beberapa aktiviti utama iaitu daripada pemeriksaan lokasi jenayah alam sekitar hinggalah kepada penghasilan dan pemberian bukti yang boleh dipertahankan (*defensible*) dalam mahkamah perundangan, selanjutnya bertujuan untuk mendakwa pesalah -pesalah) bagi membayar untuk tindakan pemulihan.



Rajah 1.0: Elemen forensik alam sekitar untuk menghasilkan data yang boleh dipertahankan bagi tujuan pendakwaan serta mendapatkan semula kos bagi tindakan pemulihan

Matlamat akhir membangunkan keupayaan penyiasatan forensik alam sekitar dalam JAS adalah untuk mengurangkan jenayah alam sekitar tempatan dan merentasi sempadan.

1.6 ELEMEN UTAMA PENYIASATAN FORENSIK ALAM SEKITAR

Tiga faktor utama adalah penting untuk memastikan kejayaan penyiasatan forensik alam sekitar:

- Sumber Manusia
- Kemudahan (Lapangan dan Makmal)
- Rangka kerja dan peruntukan perundangan

Garis panduan Forensik Alam Sekitar dalam Penguatkuasaan menyediakan maklumat yang boleh menyumbang bagi menjayakan pelaksanaan ketiga – tiga faktor ini.

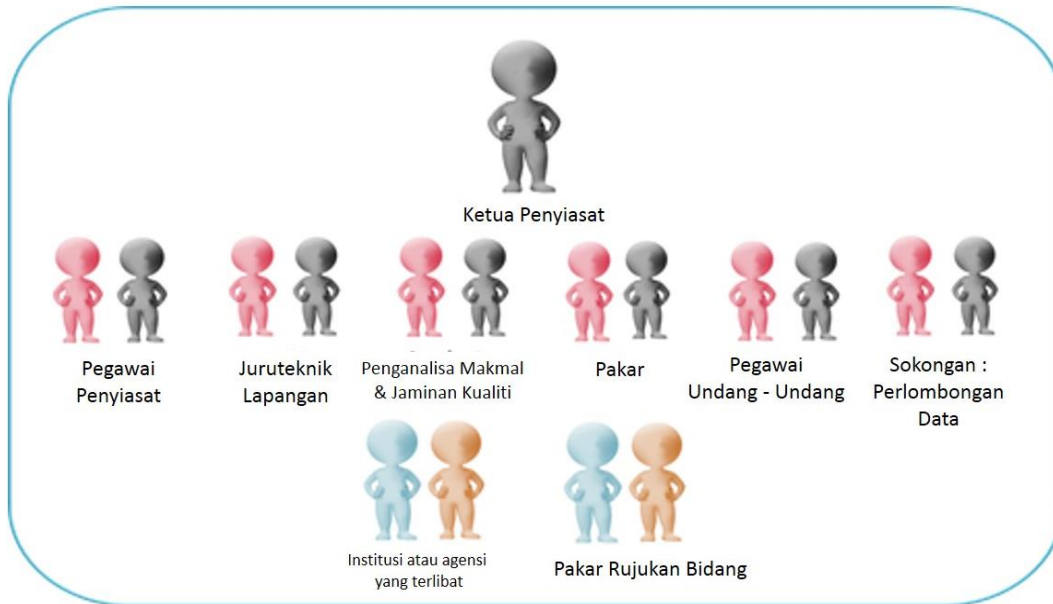
1.6.1 Pasukan Penyiasatan Forensik Alam Sekitar

Suatu penyiasatan forensik alam sekitar yang memerlukan keputusan yang melibatkan ke semua rantaian nilai tidak boleh dilakukan oleh satu ataupun dua individu. Sesuatu kes biasa dalam jenayah alam sekitar memerlukan pengetahuan dalam pelbagai bidang yang merangkumi sains, teknologi dan perundangan. Oleh itu, pasukan forensik alam sekitar perlu terdiri daripada pegawai-pegawai JAS dan juga kakitangan daripada institusi tertentu dengan gabungan pengetahuan dalam bidang kejuruteraan (proses-proses kimia dan teknologi, teknik lapangan dan instrumentasi), kimia (analisis sampel makmal, tindak balas kimia dan proses) dan perundangan (alam sekitar). Ahli atau pakar dalam bidang DNA, mikrob dan pencirian isotopik mungkin diperlukan dalam sesetengah kes tetapi bukanlah keperluan tetap untuk kebanyakan kes alam sekitar. Selain daripada pakar, kakitangan dengan latar belakang teknologi maklumat (IT) mungkin diperlukan untuk mengumpul maklumat latar belakang dan perlombongan data. Ahli pasukan dan pakar yang dipilih akan bergantung pada jenis kes yang disiasat dan sumber kakitangan yang ada.

Rajah 1.2 adalah komposisi am pasukan forensik alam sekitar yang perlu dibentuk untuk melaksanakan secara keseluruhan rantaian nilai forensik alam sekitar sehinggalah ke tahap pembersihan. Kompetensi kakitangan didalam pasukan forensik alam sekitar yang diperlukan berkemungkinan merentasi struktur organisasi JAS seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.3. JAS akan mengetuai sumber manusia utama terutamanya pakar dan membentuk hubungan formal dengan individu tertentu dalam institusi yang ditetapkan terutamanya pakar yang tidak diperlukan sebagai kakitangan sepenuh masa.

1.6.2 Kemudahan dan Kelengkapan Forensik Alam Sekitar

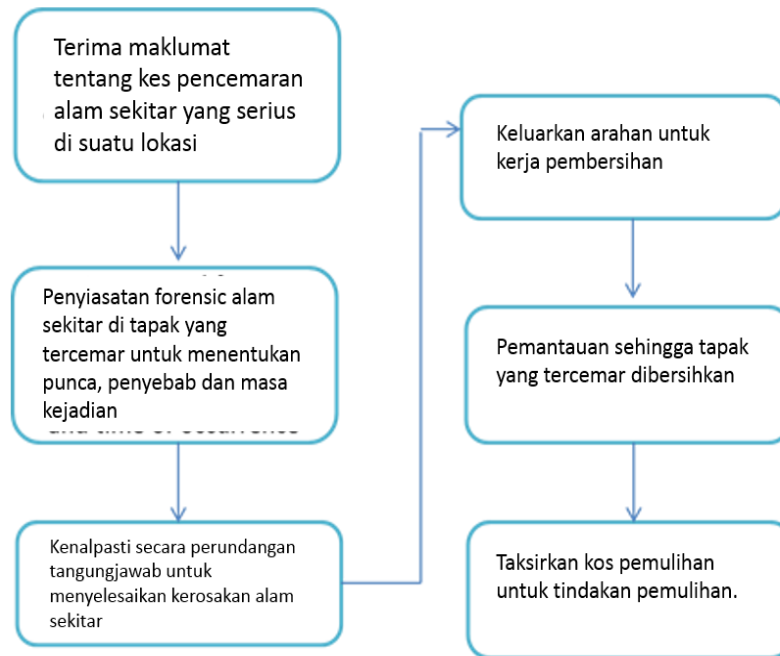
Apabila sesuatu jenayah alam sekitar telah dikesan atau dilaporkan, Ketua Bahagian akan melantik seorang ketua penyiasat secara rasmi daripada bahagiannya ataupun dari pejabat negeri berdasarkan kepada lokasi atau sifat jenayah berkenaan. Ketua penyiasat akan membentuk pasukan penyiasat untuk melakukan siasatan melalui lawatan ke tapak kejadian hinggalah kepada penganalisan di tapak kejadian yang melibatkan pengumpulan sampel, hinggalah kepada analisis makmal, temu ramah, analisis dan rawatan data secara statistik. Sehingga punca pencemaran dikenal pasti, bukti dikumpul dan disemak untuk selanjutnya diserahkan kepada pegawai perundangan untuk pendakwaan. Rantaian aktiviti ditunjukkan dalam carta aliran ringkas dalam Rajah 1.4.



Rajah 1.2: Komposisi am Pasukan Penyiasatan Forensik Alam (EFIT)

Environmental Forensic Value Chain	Equipment/ Systems	DOE Divisions/ Sections	Associated/ Possible Institution
Remedial Action	Clean-up technologies/ techniques/ management	State Office/ Enforcement Division	Offender
Legal Prosecution	Defensible Data	Legal Section, State Office/ Enforcement Division	
Evidence Presentation	Environmental Statistics/ Modelling/ Fingerprinting	State Office/ Enforcement Division	Remote Sensing/ JUPM
Laboratory Analysis	Accredited laboratories		JKM/ Nuclear Malaysia
Environmental Crime Scene Investigation	Site Measurement Equipment/ Sampling Equipment	State Office/ Enforcement Division	Hazmat/ PDRM

Rajah 1.3: Pemetaan sumber yang diperlukan untuk pelaksanaan penyiasatan forensik alam sekitar di bawah bidang kuasa JAS



Rajah1.4: Carta alir aktiviti pada peringkat operasi bagi penyiasatan forensik alam sekitar

Bagi menjayakan penyiasatan forensik alam sekitar satu senarai prosedur operasi standard (SOP) dan arahan kerja (WI) diperlukan sebagai suatu dokumen dalaman bagi memastikan kemudahan dan kecekapan penyiasatan forensik alam sekitar sentiasa memenuhi keperluan akreditasi, ini terutamanya akreditasi **ISO 17025 Keperluan Am untuk kecekapan makmal pengujian dan penentukuran.**

Contoh prosedur kerja (SOP) dan arahan kerja (WI) adalah:

- i) SOP untuk memantau kecekapan kakitangan dalam forensik alam sekitar (termasuk aspek perundangan)
- ii) SOP untuk menyusun dan mengagihkan tugas pemegang kepentingan yang tertentu di lokasi jenayah
- iii) SOP untuk operasi, penentukuran, rutin dan penyenggaraan khas peralatan/instrumen
- iv) SOP untuk persampelan kawasan dan pengukuran
- v) SOP untuk pemindahan dan penstoran bukti/sampel lokasi jenayah
- vi) SOP/WI untuk pelaksanaan kaedah ujian tertentu
- vii) SOP untuk kriteria pemilihan bagi pelantikan dan pemantauan makmal pengujian yang ditetapkan
- viii) SOP untuk pembersihan dan pemulihan lokasi jenayah

1.6.3 Peruntukan Perundangan

Akta Kualiti Alam Sekitar 1974 (AKAS) mempunyai kekuatan elemen forensik alam sekitar walaupun tidak secara jelas menyatakan di dalam seksyen atau peraturannya. Bagi pendakwaan yang berjaya terhadap jenayah alam sekitar, JAS mestilah membuktikan, diluar keraguan munasabah, bahawa sesebuah syarikat atau individu telah secara sedar mencemar alam sekitar, yang menyebabkan kemusnahan alam sekitar yang hanya boleh dipulihkan dengan tindakan pemulihan yang bersesuaian. Pengetahuan saintifik dan teknologi diperlukan untuk mengumpul dan menghasilkan data yang boleh dipercayai daripada kawasan tercemar dan dibawa ke mahkamah sebagai maklumat komprehensif yang boleh difahami oleh hakim atau juri bagi sabitan orang yang bersalah itu. Oleh itu, peranan forensik alam sekitar adalah untuk menjana data yang boleh dipertahankan (*defensible data*).

BAB 2

GAMBARAN KESELURUHAN PENYIASATAN FORENSIK ALAM SEKITAR

Sebuah penyiasatan forensik alam sekitar bertujuan untuk mewujudkan ketepatan bagi sesuatu laporan pelanggaran undang-undang alam sekitar. Sekiranya terdapat bukti adanya kesalahan yang dilakukan maka pelaksanaan pendakwaan perlu dilakukan. Tindakan, pengurusan dan kawalan ke atas aktiviti penyiasatan yang dijalankan perlulah mematuhi polisi-polisi yang ditetapkan untuk mengawalselia aktiviti penyiasatan jenayah dan mengalakkan ke arah integriti tinggi terhadap penjagaan alam sekitar. Dalam menyiasat sesebuah jenayah alam sekitar, Ketua Penyiasat memainkan peranan utama dalam membentuk Pasukan Penyiasat Forensik Alam Sekitar (EFIT), melantik subkontraktor, pakar domain (bidang) dan agensi lain untuk turut serta dalam pasukan, bagi mengumpul bukti saintifik dan teknikal dan juga membuat laporan yang diperlukan.

2.1 LANGKAH-LANGKAH PENYIASATAN ALAM SEKITAR

Penyiasatan ke atas jenayah alam sekitar yang disyaki dimulakan dengan laporan atau penemuan kemungkinan kesalahan atau penerimaan maklumat daripada orang awam.

Langkah-langkah penyiasatan termasuklah:

- Mendapatkan laporan/maklumat awal dan tindakan awal
- Mendapatkan bukti dan pengumpulan data dan sampel
- Simpanan/penghantaran sampel untuk analisis
- Analisis data, penafsiran data dan keputusan analisis sampel
- Melaporkan keputusan analisis

2.1.1 Penerimaan laporan/maklumat awal

Dengan penerimaan laporan awal daripada Ketua Penyiasat, laporan mestilah diserahkan kepada pegawai penyiasat. Pegawai penyiasat dijangka mendapatkan maklumat utama berkenaan:

- Lokasi fizikal bagi kejadian jenayah
- Tarikh dan masa laporan
- Jenis panggilan
- Pihak-pihak yang terlibat
- Ekosistem yang terlibat

Penyiasat mestilah mengekalkan integriti lokasi dengan mengenalpasti bukti fizikal yang berpotensi dan dengan melakukan mana-mana perkara berikut:

- i. Mengawal dan menghadkan pergerakan semua orang di lokasi kejadian
- ii. Menghalang orang daripada mengubahsuai atau memusnahkan bukti fizikal

- iii. Menjaga keselamatan kawasan yang merupakan potensi laluan keluar/masuk suspek/saksi
- iv. Mengekalkan/menjaga bukti di lokasi
- v. Melindungi bukti daripada elemen alam sekitar, jika boleh

Penyiasat juga mesti mendokumenkan maklumat yang terdiri daripada pemerhatiannya dan tindakan beliau sendiri di lokasi jenayah. Maklumat termasuklah lokasi; penampakan dan keadaan semua orang; barangan yang dicatat; mestilah menceritakan tentang keadaan lokasi; kenyataan dan keterangan yang dibuat oleh mangsa; suspek serta kenyataan dan komen yang dibuat oleh saksi; dan tindakan kakitangan lain.

Ia boleh dilakukan mengikut mana-mana cara berikut:

- i. Mencatat nota apa-apa aktiviti di lokasi dan mengkoordinasi pengambilan nota bagi mengelak penduaan dan berlakunya ketidak konsistenan.
- ii. Merakam foto atau mendokumen semua perkara dan keadaan yang mungkin berubah
- ii. Merakam foto atau mendokumen lokasi, semua orang di lokasi dan termasuk lakaran lokasi
- iv. Merakam foto lokasi jarak sederhana
- v. Mengkoordinasi rakaman video lokasi sebagai alternatif kepada fotografi.

2.1.2 Mendapatkan bukti dan pengumpulan sampel

Terdapat tiga jenis bukti: fizikal, manusia (yang diperoleh daripada kenyataan saksi, atau temuramah) dan dokumentari (termasuk media fotografi). Bukti fizikal mungkin meliputi pepejal, cecair dan gas. Bukti dokumentari termasuklah semua pendokumentasian yang dibangunkan oleh penyiasat. Bukti yang didapati daripada kawasan jenayah kebiasaannya melibatkan temuramah, pemerhatian visual, pengukuran, sampel, dokumen kertas dan rekod. Fail penyiasatan mestilah mengandungi rekod temubual, foto, rakaman video, lakaran, surat-menyurat, nota lapangan, rekod penjagaan rantaian (COC) dan rekod penting lain seperti rekod penentukaran dan laporan ujian makmal.

Kumpul, Jaga, Inventori, Pembungkusan, Pengangkutan dan Penyerahan Bukti

- i. Pastikan lokasi bukti di tempat kejadian didokumen
- ii. Pastikan tarikh pengumpulan bukti didokumen
- iii. Pastikan identiti individu yang melakukan pengumpulan, didokumen
- iv. Pastikan perincian perkara - perkara yang akan dikumpul, didokumen
- v. Pastikan pembungkusan yang sepatutnya bagi setiap barangan bukti individu
- vi. Pastikan senarai inventori barangan bukti yang dikumpul/akan dikumpul; dimulakan dan dikekalkan
- v. Gunakan kawasan yang selamat untuk simpanan bukti sementara pemeriksaan tapak sedang dibuat, dan kekalkan bukti pakej di kawasan selamat yang ditetapkan, sehingga dibawa ke kemudahan yang sesuai.

2.1.3 Mewujudkan kawasan selamat bagi simpanan bukti sementara dan penjagaan bahan bukti

- i. Mewujudkan kawasan selamat untuk simpanan bukti sementara ianya juga boleh dijadikan sebagai bukti bagi lokasi penyimpanan bahan bukti di tapak;
- ii. Menilai faktor alam sekitar yang mungkin memberi kesan kepada degradasi/kehilangan bukti apabila memilih kawasan yang selamat bagi simpanan bukti sementara.
NOTA: Sentiasa mematuhi peraturan/prosedur bukti berkaitan COC
- iii. Memastikan integriti dan keselamatan lokasi dengan mencegah akses tanpa izin ke lokasi siasatan

Penjagaan Bukti

Penjagaan dan pengawalan bukti adalah penting bagi integriti dan kredibiliti penyiasatan. Keselamatan dan penjagaan bukti adalah penting untuk mencegah ubahsuai atau kehilangan serta mewujudkan ketepatan dan kesahihan kesemua bukti yang dikumpul. Titik hubungan adalah bertanggungjawab bagi memastikan penjagaan rantaian diwujudkan bagi semua bukti.

Bukti yang dikumpul mestilah disimpan dan dijaga integritinya selepas dikumpul, penyiasat mestilah memastikan:

- Ia disimpan di lokasi yang selamat
- Bahawa rekod “COC” diwujudkan yang mendokumenkan dengan jelas rantaian bagi setiap perkara
- Akses tanpa izin adalah dikawal di mana perlu
- Mengenalpasti dengan segera saksi-saksi utama dan mengumpul kenyataan mereka kerana kenyataan “awal” kebiasaannya adalah lebih tepat dan mempunyai lebih kredibiliti daripada yang dibuat kemudiannya, dengan lebih mudah dapat menambah maklumat dalam bidang-bidang utama yang disiasat.

2.1.4 Ujian makmal dan pentafsiran keputusan

Pasukan penyiasat menentukan di mana barang kes akan dihantar bergantung pada jenis ujian yang akan dilakukan. Pasukan mestilah memastikan barang kes yang dikenal pasti dibawa untuk pemeriksaan/ujian seterusnya, didapati semula, disimpan dan diangkut tanpa pencemaran, kerosotan dan mengambil kira integriti dan penjagaan rantaian barang kes.

Interpretasi keputusan

- Membuat tafsiran
Interpretasi mestilah sekurang-kurangnya disokong oleh bukti yang didokumenkan (rekod). Pasukan mestilah mempunyai akses laporan ujian yang lengkap, komprehensif dan tepat; dan mendapatkan nasihat daripada sumber yang boleh dipercayai dan relevan mengenai maklumat bagi menyokong interpretasi.
- Penilaian semula oleh rakan
Ia mesti diamalkan bagi kes-kes interpretasi keputusan atau penemuan dan pemerhatian, dan mesti dianggap sebagai penemuan kritikal.

- Kecekapan
Tafsiran seseorang mestilah dinilai dan dianggap kompeten sebelum interpretasi kenyataan laporan dan pendapat tentang keputusan dan penemuan
- Laporan daripada ujian termasuklah interpretasi keputusan

2.1.5 Melaporkan keputusan

Peringkat ini adalah peringkat pelaporan keputusan pemeriksaan dan ujian. Semua laporan, keatas semua jenis media, mestilah memenuhi keperluan laporan ISO/IEC 17020 atau ISO/IEC 17025 yang sesuai. Laporan mestilah mengandungi keputusan pemeriksaan/ujian pemerhatian serta penemuan dan kesimpulan diperoleh daripada keputusan-keputusan ini.

BAB 3

PENYIASATAN DI LOKASI JENAYAH

3.1 PELAN PERSAMPELAN

Terdapat dua objektif bagi perancangan persampelan. Objektif utama adalah untuk bertindak terhadap situasi kecemasan terhadap kes pencemaran yang telah berlaku, manakala objektif kedua adalah berkenaan tindakan penyiasatan perundangan selanjutnya. Adalah penting untuk membuat penyelidikan ke atas sumber maklumat yang ada sebelum memulakan perjalanan persampelan untuk memastikan penyiasat berkenaan faham prosedur persampelan yang diperlukan bagi penilaian pematuhan ataupun penyiasatan perundangan.

Pelan persampelan yang diwujudkan dengan dokumentasi yang baik, akan membantu secara sistematik tindakan yang dibuat sebelum, semasa dan selepas persampelan. Suatu pendekatan sistematik akan dapat ditunjukkan kepada mahkamah tentang kualiti kerja dan kebolehpercayaan terhadap bahan bukti dan ia membantu dalam mendapatkan fakta atau laporan pakar ataupun testimoni di mahkamah. Jadual 1 menunjukkan kandungan pelan persampelan forensik alam sekitar secara umum.

Jadual 3.1: Kandungan pelan persampelan forensik alam sekitar

Kategori	Maklumat
Tajuk	Tajuk yang menjelaskan kes
Sumber Maklumat	Ringkasan maklumat latar belakang kawasan
Pengenalan dan Objektif	Jelaskan isu dan tujuan penyiasatan/persampelan. Fokus umum biasa termasuklah identifikasi jenis dan kepekatan bahan yang dimaksudkan.
Isu Perundangan	Penjelasan tentang isu perundangan dan pelanggaran undang - undang yang mungkin berlaku. Adakah ini akan menjadi persampelan rutin atau persampelan perundangan bagi tujuan tindakan penguatkuasaan?
Skop	Sejauh mana penyiasatan dan penjelasan tentang zon impak sebenar atau yang didakwa. Penjelasan tentang sebarang maklumat pemeriksaan awal.
Perundingan	Ini mungkin termasuk perundingan dengan kakitangan teknikal, pakar persampelan dan makmal-makmal

	analitikal.
Matriks Sampel	Menjelaskan tentang jenis sampel yang perlu dikumpul.
Kaedah Persampelan	Menjelaskan tentang jenis peralatan yang diperlukan.
Pelan Persampelan yang Lengkap dan Jadual	Menyediakan maklumat lanjut tentang bilangan dan lokasi kawasan sampel dan jenis analisis yang diperlukan di setiap kawasan. Cara terbaik melakukannya adalah dengan menyediakan lembaran yang memberi penjelasan tentang kawasan berkenaan dengan turutan yang logik, biasanya dari hulu ke hilir.
Bekas Sampel, Pengawet, Tempoh Simpanan	Menyediakan maklumat tentang bilangan bekas sampel bagi setiap kawasan dan keperluan pengawet dan pengangkutan. Ini boleh ditambah sebagai ruang tambahan kepada lembaran hampan pelan persampelan untuk meliputi jumlah peralatan, pengawet dan keperluan analitikal.
Koordinasi dengan Makmal-makmal	Identifikasi makmal yang disahkan mestilah dibuat. Peringkat ini memberikan maklumat lanjut tentang apa-apa isu logistik, kontrak, keperluan khas dan bekalan yang akan diperolehi daripada makmal-makmal berkenaan.
Pelan Kesihatan dan Keselamatan	Apabila maklumat fizikal pelan persampelan telah dikenal pasti, risiko dan bahaya serta langkah menanganinya boleh dibangunkan serta peralatan dan sokongan yang diperlukan, boleh diperolehi.
Latihan	Adakah mana-mana isu yang dikenal pasti memerlukan kakitangan menjalani latihan atau kakitangan yang dilatih khas perlu diambil secara kontrak?
Keselamatan	Ia perlu bagi mengenalpasti sesetengah situasi yang mungkin memerlukan sokongan sama ada keselamatan ditapak atau terhadap bahan bukti.
Urusan Pentadbiran	Apabila isu fizikal, kakitangan sokongan, keselamatan, isu peralatan dan pengangkutan telah dikenal pasti, maklumat tentang peralatan, kakitangan, bajet dan kontrak boleh ditentukan.

3.2 STRATEGI PERSAMPELAN

Terdapat tiga pendekatan utama dalam persampelan: pertimbangan, sistematik (atau berstrata) dan rawak.

3.2.1 PERSAMPELAN PERTIMBANGAN

Persampelan pertimbangan sering dijadikan kaedah pilihan bagi persampelan kawal selia dan untuk membentuk respon kecemasan. Ianya biasa dilaksanakan dengan segera bagi penilaian segera terhadap sesuatu kawasan. Bilangan sampel pada kebiasaannya kecil dan kos analitikal adalah lebih rendah.

Menentukan lokasi yang boleh memberikan sampel yang paling mewakili, memerlukan pengetahuan tentang taburan bahan pencemar berkenaan. Pengetahuan ini boleh didapati melalui pemerhatian sendiri atau menemu ramah saksi kejadian. Persampelan pertimbangan akan bergantung pada pengetahuan tentang bagaimana pencemar bertindak balas dalam sesuatu keadaan.

3.2.2 PERSAMPELAN SISTEMATIK

Persampelan sistematik mungkin akan mengambil masa lebih lama untuk disediakan dan lebih mahal berikutan jumlah sampel yang besar untuk dianalisis. Ia melibatkan pengambilan sampel mengikut jarak biasa atau bersela mengikut corak grid melintang dan/atau menegak. Saiz grid akan bergantung pada kejadian dan darjah di mana kawasan itu perlu ditetapkan.

Sampel sistematik yang diambil pada sela masa tetap boleh digunakan untuk analisis data geostatistik, atau untuk menghasilkan peta kawasan yang menunjukkan lokasi. Kawasan dipilih di dalam zon yang menerima impak dan di luar kawasan yang menerima impak, mengikut laluan bahan pencemar yang diketahui atau disyaki. Kawasan yang sama dijadikan sampel beberapa kali untuk sesuatu tempoh yang ditetapkan. Perubahan pada kepekatan di kawasan boleh digunakan untuk memeta lokasi bahan pencemar sebelum kejadian, semasa dan yang dijangka berlaku di masa depan. Kebanyakan kaedah analisis statistik yang biasa menjangkakan, sama ada secara tersirat atau tersurat. Bahawa data yang diperolehi adalah menggunakan reka bentuk persampelan rawak yang mudah.

3.2.3 PERSAMPELAN RAWAK

Persampelan rawak bergantung pada teori peluang rawak untuk memilih sampel yang mewakili. Kaedah ini berguna apabila terdapat pelbagai lokasi persampelan, tetapi tidak terdapat sebarang sebab untuk memilih satu daripadanya berbanding yang lain, ataupun jika bajet analisis adalah rendah. Kaedah ini adalah tertakluk kepada ketidaktentuan yang meningkat. Persampelan rawak juga sering digunakan dalam grid dua atau tiga dimensi dan titik persampelan adalah dipilih secara

rawak. Persampelan rawak mudah adalah reka bentuk persampelan yang paling mudah dan sangat berasaskan kebarangkalian asas.

Satu saiz persampelan rawak bagi saiz n adalah didefinisi sebagai satu set unit persampelan n yang dipilih daripada populasi (objek atau lokasi di ruang dan/atau masa) agar semua kemungkinan set unit persampelan n mempunyai peluang yang sama untuk dipilih. Sebagai contoh, jika terdapat pencemaran yang terdiri daripada empat elemen (A,B,C,D) dan satu sampel saiz elemen $n=3$ diperoleh, tanpa gantian, terdapat empat kemungkinan keputusan:

(A, B, C), (A, B, D), (A, C, D), dan (B, C, D).

Mana-mana reka bentuk persampelan yang memperoleh hasil ini secara sama rata, mengikut definisi, adalah reka bentuk persampelan rawak mudah. Suatu sampel rawak mudah bersaiz n berlaku apabila unit n adalah bebas dipilih secara rawak daripada kecenderungan populasi.

Manfaat utama daripada persampelan rawak mudah adalah ia melindungi daripada berat sebelah pemilihan dengan memastikan pemilihan sampel yang mewakili rangka persampelan, tertakluk kepada saiz sampel yang tidaklah terlalu kecil (contohnya, 20 pemerhatian atau lebih). Sementara itu, prosedur yang diperlukan untuk memilih sampel rawak mudah adalah agak mudah.

Manfaat lain menggunakan persampelan rawak mudah termasuklah:

- Analisis statistik data adalah secara terus kerana kebanyakan prosedur analisis statistik menganggap bahawa data yang diperoleh adalah menggunakan reka bentuk persampelan rawak mudah.
- Formula jelas, serta jadual dan carta dalam buku-buku rujukan, boleh didapati untuk menganggar saiz sampel minimum yang diperlukan untuk menyokong kebanyakan analisis statistik.

Persampelan rawak mudah mempunyai dua kelemahan utama:

- Disebabkan semua kemungkinan sampel adalah berkemungkinan dipilih, dengan definisi, titik sampel boleh, dengan peluang rawak, tidak disebarkan dengan seragam di ruang dan/atau masa. Had ini boleh diatasi apabila saiz sampel bertambah, tetapi ia masih perlu dipertimbangkan, walaupun dengan jumlah sampel yang besar.
- Reka bentuk persampelan rawak mudah mengabaikan semua maklumat awal, atau maklumat profesional, berkenaan dengan kawasan atau proses yang disampel, menjangkakan kepelbagaian kawasan atau pengukuran proses. Maklumat awal hampir sentiasa boleh digunakan untuk membangunkan reka bentuk persampelan berasaskan kebarangkalian yang lebih cekap daripada persampelan rawak mudah (contohnya, perlukan kurang pemerhatian untuk mencapai suatu tahap kepersisian yang ditetapkan).

3.3 PERALATAN PERSAMPELAN

a. Bekas Sampel

Bekas sampel mestilah sesuai dengan jenis sampel yang dikumpul dan biasanya tidak berbeza dengan sampel rutin. Kriteria asas adalah bekas itu sesuai dengan jenis sampel dan boleh melindungi sampel sehingga ia dianalisis. Apabila bekas sampel dibeli sebagai “disahkan bersih”, ia perlu disimpan dengan cara yang akan dipastikan sentiasa bersih dan hanya dibuka sebelum persampelan dan kemudiannya ditutup dengan segera. Bekas sampel bergantung pada jenis sampel. Jadual 2 menunjukkan jenis bekas dan penggunaan bekas.

Jadual 3.2: Jenis bekas dan kegunaan bekas

Bekas	Kegunaan
Kaca	Analisis organik untuk persampelan bahan berbahaya kerana kaca adalah lengai kepada kebanyakan bahan
Kaca ambar	Mencegah degradasi foto (jika kaca ambar tidak boleh didapati,indungi sampel dengan membalut botol jernih dengan kerajang aluminium).
Plastik atau Teflon	Larutan alkali kuat, asid hidrofluorik dan sampel merkuri.
Teflon atau kaca	Sampel organik dan media
Polietilena ketumpatan tinggi (HDPE)	Logam (kecuali merkuri) bagi kebanyakan sampel tak organik dan media
Kaca, polietilena, atau polipropilena	Sampel bioesei

Bekas plastik tidak boleh digunakan untuk sampel yang disediakan untuk analisis organik, seperti produk petroleum, PCB, racun serangga dan pengawet kayu organik berklorin. Plastik akan melarut resap sehingga akan mengganggu analisis.

Tutup bekas perlu dilapik dengan Teflon atau bahan bersalut Teflon. Pelapik polietilena boleh diterima. Penutup mestilah jenis berskru dan materi kalis bocor. Kerajang aluminium yang dirawat dengan haba kadang-kadang juga boleh digunakan sebagai penutup mulut bekas sebelum penutup diskru bagi mengelak pencemaran daripada penutup plastik.

b. Label untuk Sampel

Label mungkin terdiri daripada tanda yang dicalar ke dalam bekas menggunakan karbida, penanda kekal yang ditulis pada bekas sampel atau label pekat yang disediakan dengan nombor siri dan ruang untuk ditulis maklumat kritikal. Kunci bagi label adalah ia menjadikan identifikasi sampel itu khusus. Label yang mudah, jelas dan khusus mengurangkan risiko kesalahan transkrip dan masalah yang mungkin timbul dengan persembahan bukti di mahkamah.

c. Materi

Materi mungkin diperbuat daripada pelbagai bahan berbeza seperti pita pembungkus biasa atau pita salutan, pita jagaan, pita Teflon, beg plastik kalis tamer yang boleh dimateri atau materi plastik. Ciri utama materi biasanya apabila ia telah dimateri, ia mesti dihapuskan untuk membuka bekas dan selanjutnya, mengesahkan sama ada seseorang mempunyai akses kepada sampel itu.

d. Alat Penanda Tetap

Label sampel menggunakan label tetap, kalis air, dinombor dengan khusus dan/atau menggunakan goresan hujung berlian, penanda kalis air atau identifikasi kekal lain dengan maklumat mencukupi untuk membolehkan pengenalpastian sampel itu di mahkamah kemudian hari. Untuk menghalang sebarang perubahan, pita yang digunakan untuk memateri penutup bekas boleh dilekatkan, agar bahagian yang digam dilekat bersama.

e. Buku nota

Buku nota mestilah daripada jenis yang boleh ditulis walaupun dalam keadaan basah, dipanggil buku nota *Rite in the Rain*. Lakar kawasan dan simpan nota lengkap tentang kaedah pengumpulan sampel, titik pengumpulan, penanda bekas, label sampel dengan penanda khusus, maklumat pembungkusan dan penghantaran.

f. Kamera

Kamera mestilah sesuai dengan keadaan sampel. Secara amnya, ia perlulah kalis air dan boleh digunakan untuk merakam foto jarak dekat atau jauh. Foto-foto menyediakan rekod visual sampel dan bekas penghantaran sampel sebelum penghantaran untuk mendokumen penyediaan penghantaran anda.

g. Kunci untuk Keselamatan

Di lapangan dan sebelum penghantaran, simpan sampel dalam pegangan anda atau sentiasa di tempat yang boleh dilihat setiap masa, atau simpan sampel dalam bekas berkunci, di dalam kenderaan anda atau simpan di dalam peti sejuk yang berkunci. Hadkan bilangan orang yang mengendalikan sampel dan pastikan hanya seorang yang mempunyai akses kepada sampel itu pada satu-satu masa.

h. Sistem Kedudukan Global

Suatu sistem GPS mestilah dipilih untuk menyediakan ketepatan minimum yang diperlukan untuk mengenal pasti lokasi am kawasan sampel/pemerhatian.

3.4 PERSAMPELAN INVASIF DAN IDENTIFIKASI

Sebelum ke kawasan, dapatkan sebanyak mungkin maklumat mengenai pelepasan dan jenis bahan pencemar atau produk kimia yang ada di kawasan itu. Hubungi bomba, pegawai polis atau pihak lain yang berkaitan dengan kes.

- 3.4.1 Kenal pasti saksi berpotensi ke atas peristiwa itu dan dapatkan laporan daripada orang pertama yang tiba di kawasan.
- 3.4.2 Asingkan kawasan daripada gangguan orang ramai atau haiwan, bagi mencegah gangguan terhadap bukti.
- 3.4.3 Kekalkan keselamatan kawasan dengan mengambil kira risiko kebakaran, letupan atau pencemaran terhadap populasi.
- 3.4.4 Gunakan teropong atau alat lain, cuba dapatkan jenis sisa dengan memeriksa label atau penanda di laluan, bekas atau kenderaan.
- 3.4.5 Wujudkan zon selamat. Jika perlu, wujudkan zon pembersihan bahan pencemar dan kawasan peralatan/cucian.
- 3.4.6 Masuk ke kawasan hanya apabila selamat untuk berbuat demikian.

3.5 PERALATAN PEGANG MUDAH ALIH UNTUK PENGUKURAN /PENGANALISAAN DI LAPANGAN

Terdapat banyak jenis peralatan dan instrumentasi yang boleh didapati bagi pengukuran kawasan sewaktu penyiasatan forensik alam sekitar. Tujuan pada peringkat ini adalah untuk memberi pemahaman tentang keupayaan peralatan. Penyiasat perlu sentiasa mengikuti panduan penggunaan dan saranan pengeluar mengenai operasi tertentu dan penyenggaraan peralatan yang digunakan.

Dalam sesetengah situasi, penilaian yang lebih tepat tentang jumlah relatif sesuatu pencemar yang ada di lokasi lapangan boleh didapati dengan penganalisan di lapangan. Pada tahun kebelakangan ini, sensitiviti dan ketepatan pengesanan in-situ telah meningkat.

Sesetengah contoh adalah seperti berikut :

3.5.1 Instrumentasi bacaan terus (*In-Situ Instruments*)

Instrumen bacaan terus atau monitor menyediakan maklumat pada waktu persampelan, dan oleh itu membolehkan keputusan yang segera dibuat. Instrumen ini boleh memberikan pengguna yang terlatih dan berpengalaman untuk menentukan sama ada kawasan itu tercemar. Monitor bacaan terus adalah berguna dalam mengenal pasti tahap peningkatan pencemaran bawaan udara. Instrumen bacaan terus adalah amat berguna bagi mengenal pasti punca sumber pencemaran atau pelepasan. Instrumen bacaan terus adalah berguna bagi melakukan penganalisan saringan untuk menentukan jenis bahan pencemar. Sesetengah peralatan pegang mudah alih bagi penganalisan di lapangan semasa penyiasatan forensik alam sekitar adalah seperti berikut:

3.5.1.1 **Penganalisis X-ray fluorescent (XRF) bimbit** adalah peralatan analitikal yang tahan lasak yang menyediakan maklumat komposisi elemen bagi pelbagai sampel. Ia digunakan dalam analisis logam dan identifikasi logam semasa persampelan di lapangan. Ia juga digunakan dalam analisis geokimia di kawasan bagi muka lombong, teras gerudi atau sampel yang telah disediakan.

3.5.1.2 **Spektrometer bimbit** digunakan untuk mengenal pasti atau menentusah komponen sampel. Ia bagi analisis segera, bukan pemusnah bagi kimia sama ada larutan atau pepejal. Ia tidak memerlukan sampel pra-rawatan atau hubungan terus dengan sampel, dan mempunyai keupayaan khusus iaitu mampu menguji sampel secara terus melalui bahan pembungkusan lut sinar seperti kaca atau plastik.

3.5.1.3 **GC MSD Systems mudah alih** digunakan dalam persekitaran ekstrem atau zon panas dan sesuai untuk aplikasi alam sekitar, petrokimia, forensik dan makanan. Ia mempunyai ciri perangkap ion bersaiz kecil atau teknologi kutub empat dan boleh mengenal pasti kompaun organik mudah meruap atau separa meruap dalam campuran kompleks termasuk gas, cecair, pepejal dan wap.

3.5.1.4 **Refraktometer Bimbit** mengukur indeks refraktif larutan akueus dan berdasarkan kepada hubungan antara indeks refraktif dan ketumpatan.

3.5.1.5 **Penganalisis TOC Mudah Alih** mengukur karbon organik total (TOC) tahap rendah. Ia boleh digunakan secara dalam talian untuk pemantauan berterusan atau dibawa secara bimbit ke mana-mana tempat dalam sistem air untuk persampelan diagnostik pantas.

3.5.1.6 **Penganalisis FTIR Mudah Alih** adalah sistem beroperasi dengan bateri yang mampu mengukur pelbagai gas pada kepekatan rendah secara serentak dan tepat masa. Kebanyakannya digunakan dalam tumpahan kimia, keselamatan, penyiasatan forensik dan VOC.

3.6 PENENTUAN BILANGAN SAMPEL

Bagi memastikan saiz sampel minimum yang diperlukan untuk menganggarkan perkadaran populasi, pertamanya, kenal pasti anggaran awal konservatif bagi perkadaran populasi benar. Sekiranya tiada maklumat awal, gunakan 50% sebagai anggaran awal kerana ini menghasilkan sampel saiz terbesar dan ia adalah paling konservatif.

Bagi memastikan saiz sampel minimum yang diperlukan untuk menganggarkan min populasi (contohnya min kepekatan bahan pencemar), pertamanya kenal pasti anggaran awal besar konservatif varians populasi. Anggaran awal mestilah cukup besar agar varians populasi benar tidak mungkin lebih besar daripada anggaran awal kerana saiz sampel akan menjadi terlalu kecil jika varians anggaran adalah terlalu kecil. Anggarkan sisihan piawai dengan membahagi kadar yang dijangkakan bagi populasi dengan enam, contohnya:

Sisihan piawai = $\frac{\text{Maksimum jangkaan} - \text{Minimum jangkaan}}{6}$

6

Menggunakan input ini, Jadual 3.3 menyediakan formula kegunaan am bagi menentukan saiz sampel minimum yang diperlukan untuk mencapai kepersisan yang ditetapkan bagi anggaran min populasi dan perkadaran.

Jadual 3.3 Saiz sampel Diperlukan untuk satu sampel t-test

Kepentingan		Saiz Kesan				
Tahap	Kuasa	10%	20%	30%	40%	50%
5%	95%	1,084	272	122	69	45
	90%	858	216	97	55	36
	80%	620	156	71	40	27
10%	95%	858	215	96	55	36
	90%	658	166	74	42	28
	80%	452	114	51	29	19

3.7 ANALISIS GEOSTATISTIK

Persampelan bagi menyokong analisis geostatistik adalah satu aspek yang penting. Komponen penting geostatistik adalah variogram. Variogram adalah plot varians bagi pengukuran sampel berpasangan sebagai fungsi jarak antara sampel. Sampel yang diambil dari grid biasa adalah sesuai untuk menganggarkan variogram. Walaupun semua grid biasa sesuai dengan aplikasi geostatistik, terdapat perbezaan dalam kecekapan berbanding jenis corak grid yang dipilih. Jenis grid yang paling biasa termasuklah corak segiempat, segi tiga dan heksagon.

3.8 BAHAN KIMIA KHAS

Teknik bahan kimia khas adalah satu lagi kaedah yang berasaskan analisis kimia (yang mungkin boleh diklasifikasi dibawah kategori teknik pencapjarian kimia) dan kebanyakannya boleh digunakan dibanyak kawasan dan bahan pencemar. Bahan kimia khas adalah bahan kimia (kompaun) yang ditemui di kawasan tercemar bersama-sama dengan bahan kimia yang ingin disiasat (*Chemical of Concern – CoC*) dan dikaitkan dengan hanya satu sumber tertentu dan tidak dengan yang lain ataupun tiada daripada sesuatu sumber yang disyakki. Oleh itu, kehadirannya di kawasan tercemar bersama-sama dengan CoC memberikan bukti ‘fizikal’ langsung bahawa sesuatu sumber yang disyakki menyumbang kepada bahan pencemar yang disiasat (CoC) atau sesuatu sumber yang disyakki yang mungkin disingkirkan. Kebiasaannya, bahan kimia khas hadir dalam jumlah kecil (tidak signifikan) yang tidak mengancam kesihatan atau risiko lain dan tidak pun disedari kehadiran ataupun disebut dalam laporan alam sekitar. Walau bagaimanapun, daripada sudut pandangan forensik, bahan kimia khas adalah agak mewakili bagi petunjuk untuk menjalankan “siasatan lanjutan”. Contoh-contoh CoC ditunjukkan dalam Jadual 3.4.

Ciri-ciri bahan kimia khas yang ideal adalah seperti berikut:

- i) Kaitan dengan COC melalui pengesanan dalam sampel yang sama, kawasan, atau pencemaran;
- ii) Plum dan melalui bukti yang sedang dikendalikan dan berpotensi dilepaskan bersama-sama dengan COC;
- iii) Berterusan (*Persistence*) di dalam alam sekitar
- iv) Kehadiran pada paras yang boleh dikesan

Jadual 3.4 : Contoh Bahan Kimia Khas

Bahan pencemar	Potensi Kimia Khas
Bahan kimia yang dikilang (contoh, pelarut berklorin)	Pengawet/Bahan Tambah/Penstabil, benda asing
Produk petroleum ditapis (contoh, gasolin)	Bahan tambah (contoh, oxygenate, kompaun plumbum alkil, bahan tambahan proprietari)
Aliran sisa	Komponen yang secara khusus dikaitkan dengan sisa
Bahan kimia yang disimpan bersama/dilepaskan bersama (contohnya, daripada kemudahan simpanan bahan kimia atau kawasan pembuatan)	Apa-apa bahan pencemar yang disimpan bersama yang tidak digunakan di sumber berpotensi lain dalam kawasan kajian
Air larut resapan	Apa-apa bahan pencemar larut resap yang tiada daripada sumber lain dalam kawasan kajian

BAB 4

GARIS PANDUAN UNTUK MAKMAL FORENSIK ALAM SEKITAR

4.1 TUJUAN

Bab ini menyediakan garis panduan untuk makmal-makmal yang terlibat dalam analisis forensik alam sekitar dan pemeriksaan dengan mematuhi prosedur ISO/IEC 17025.

4.2 SKOP

Forensik alam sekitar adalah penilaian saintifik dan sistematik bagi sesuatu maklumat fizikal, kimia, biologikal dan sejarah bagi tujuan menghasilkan data dan maklumat saintifik dan perundangan yang boleh dipertahankan (defensible) berkenaan dengan punca, sumber atau usia pelepasan bahan pencemar ke alam sekitar. Aktiviti sains forensik alam sekitar melibatkan pemeriksaan pelbagai jenis barangan dan bahan. Sampel alam sekitar yang biasanya terlibat dalam penyiasatan forensik alam sekitar ialah terdiri daripada tiga komponen utama alam sekitar iaitu udara, air dan tanah.

4.3 KEPERLUAN PENGURUSAN

4.3.1 Kawalan Rekod

4.3.1.1 Prosedur didokumenkan

Makmal forensik alam sekitar mestilah mempunyai prosedur yang didokumen bagi memastikan ia dapat mengekalkan rekod yang dikoordinasi berkaitan dengan setiap kes yang sedang disiasat. Maklumat yang perlu dimasukkan dalam rekod mesti didokumenkan dan ia terdiri daripada:

- (i) Rekod perbualan telefon, resit bukti, perincian mengenai pembungkusan bukti dan materi.
- (ii) Rujukan kepada prosedur yang digunakan dan gambar rajah
- (iii) Analisis instrumental yang dijalankan dan parameter yang dianalisa.
- (iv) Pengiraan dan pemindahan data yang tidak termasuk sebagai sebahagian daripada proses pengesahan elektronik mestilah diperiksa, sebaik-baiknya oleh orang kedua.
- (v) Rekod kes mestilah menunjukkan bahawa pemeriksaan berkenaan telah pun dilakukan oleh orang berkenaan.
- (v) Rekod pemerhatian dan keputusan ujian/pemeriksaan dan semua keputusan mestilah boleh dikesan oleh penganalisis dan di mana sesuai, untuk kes yang dikenal pasti secara khusus. Daripada rekod itu, ia mestilah jelas menyatakan tentang siapa yang telah melakukan semua peringkat analisis dan bila setiap peringkat analisis dilakukan.
- (vi) Apabila keputusan atau pemerhatian ditolak, puncanya mestilah direkodkan.

- (vii) Kaedah ujian mungkin terdiri daripada pelan ujian, suit ujian dan kes ujian. Ini mungkin termasuk input yang relevan dan prosedur penilaian
- (viii) Makmal mestilah mempunyai kawalan dan prosedur yang bersesuaian bagi pengumpulan, simpanan, manipulasi, pengurangan, transmisi atau pemindahan dan pembuangan data elektronik berasaskan kepada tahap klasifikasi (rahsia utama, sulit, awam, terhad dan sebagainya)
Secara amnya, rekod yang diperlukan untuk menyokong kesimpulan mestilah, jika tiada penganalisis/pemeriksa yang hadir, seorang penganalisis/pemeriksa kompeten yang lain boleh menilai apa yang telah dilakukan untuk mentafsir data.

4.3.2 Kakitangan

4.3.2.1 Kakitangan mencukupi

Sebuah makmal forensik alam sekitar mestilah mempunyai kakitangan yang mencukupi dengan kelayakan pendidikan, latihan, pengetahuan teknikal dan pengalaman yang diperlukan dan relevan kepada tugas – tugas yang diberikan.

4.3.2.2 Penganalisis mestilah mempunyai:

- i) Kelayakan akademik minimum Ijazah Sarjana Muda Sains dengan pengkhususan utama dalam bidang Kimia atau bidang berkaitan;
- ii) Pengalaman bekerja minimum selama setahun dalam menganalisis sampel alam sekitar;
- iii) Lulus ujian kompetensi dalam bidang analisis yang relevan;
- iv) Berjaya satu daripada ujian kompetensi ini mestilah daripada penyedia ujian kemahiran yang diiktiraf menamatkan ujian kompetensi sekurang-kurangnya setahun sekali.

Penganalisis boleh dibantu oleh kakitangan sokongan teknikal yang akan mempunyai:

- i) Kelayakan minimum Sijil Pelajaran Malaysia atau setaraf;
- ii) Melalui program latihan dalam analisis sampel alam sekitar;
- iii) Lulus ujian kompetensi dalam bidang analisis sampel alam sekitar yang relevan; dan
- iv) Berjaya menamatkan ujian kemahiran sekurang-kurangnya setahun sekali.

4.3.2.3 Makmal forensik alam sekitar mestilah:

- i) Mempunyai perincian kerja bagi kakitangan ini termasuklah tanggungjawab, tugas, dan kemahiran yang diperlukan;
- ii) Mempunyai program latihan yang didokumen bagi memastikan kecekapan semua kakitangan teknikal;

- iii) Mempunyai program yang didokumenkan untuk memastikan kelayakan teknikal dikekalkan melalui pendidikan berterusan;
- iv) Mempunyai rekod ke atas kelayakan yang relevan, latihan, kemahiran dan pengalaman kakitangan teknikal;
- v) Memastikan perjanjian keterangan tiada sebarang pendedahan daripada kakitangan jika perlu; dan
- vi) Makmal mestilah mempunyai prosedur bertulis untuk memantau dan menilai semula testimoni mahkamah bagi setiap kakitangan teknikal

4.3.2.4 Ujian kecekapan dan kemahiran

Makmal forensik alam sekitar mestilah memantau prestasi ujian kecekapan dan kemahiran penganalisis dan kakitangan sokongan teknikal untuk pematuhan kepada keperluan tertentu.

4.4 KEPERLUAN TEKNIKAL

Bagi mendapatkan bukti konsisten dan boleh dipercayai melalui keseluruhan proses forensik, daripada lokasi ke mahkamah. Semua makmal yang melaksanakan sampel forensik alam sekitar mestilah mencapai ISO/IEC 17025 bagi kaedah ujian makmal mereka.

4.4.1 Kaedah Ujian

- i) Kaedah standard antarabangsa adalah diutamakan untuk ujian ke atas sampel forensik alam sekitar;
- ii) Makmal boleh menggunakan kaedah antarabangsa, kebangsaan, bersumberkan industri dan kaedah dalaman. Walau bagaimanapun, kaedah dalaman berasaskan kepada standard antarabangsa atau asing yang telah sedia ada dibangunkan adalah diterima dengan syarat perubahan dinyatakan dengan jelas dan kaedahnya disahkan;
- iii) Kaedah ujian makmal yang paling biasa adalah yang digunakan secara meluas oleh makmal pengujian yang terlibat dengan pengujian sampel alam sekitar daripada tiga komponen utama alam sekitar iaitu udara, air dan tanah selain daripada keperluan jaminan kualiti seperti:
 - *USEPA Test Methods for Solid Waste SW-846*: untuk penyiasatan jenayah alam sekitar melibatkan pembuangan sisa berbahaya.
 - *APHA/ AWWA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*: untuk jenayah alam sekitar berkaitan pelepasan bahan pencemar kepada air permukaan.
 - *American Society for Testing and Materials (ASTM) Technical Standards*.
 - Kaedah Ujian untuk Pengesanan dan Penentuan Bahan Pencemar Udara daripada Cerobong Asap dan Punca Perindustrian lain, Rangkaian Pemindahan Teknologi, Pusat Pengukuran Pelepasan (USEPA).
 - Kaedah Pemantauan Udara, Rangkaian Pemindahan Teknologi, *Ambient Monitoring Technology Information Center (AMTIC)*, USEPA.

4.4.2 Pengesahan kaedah

Makmal yang menjalankan analisis bagi forensik alam sekitar mestilah hanya menggunakan teknik dan prosedur yang telah dinilai dengan baik bagi pemeriksaan forensik dan interpretasi signifikan bukti dalam konteks kes berkenaan.

Kaedah yang digunakan mestilah boleh disahkan melalui perbandingan dengan kaedah yang telah ada menggunakan bahan rujukan sah atau bahan yang diketahui ciri - cirinya. Dalam mengesahkan kaedah ujian, isu berkenaan mungkin boleh ditentukan, sebagai sesuai:

- i) Kesan matriks
- ii) Interferens
- iii) Kehomogenan sampel
- iv) Julat kepekatan
- v) Kestabilan kompaun yang dianalisa
- vi) Julat kelinearan
- vii) Ketepatan
- viii) Bias
- ix) Ketidaktentuan pengukuran

Sekiranya teknik atau prosedur telah disahkan di tempat lain, makmal perlu menunjukkan bahawa ia boleh mencapai keputusan dengan kualiti yang sama jika dibuat secara persendirian di makmal lain.

4.4.3 Kawalan kualiti

Kawalan kualiti merujuk kepada sistem prosedur dan proses makmal yang mengawal keputusan cerakinan makmal, yang menjadikannya boleh untuk memutuskan sama ada keputusan berkenaan adalah cukup boleh dipercayai untuk dikeluarkan.

Makmal berkenaan mestilah mempunyai prosedur kawalan kualiti untuk pemantauan pengesahan ujian yang dilakukan. Keputusan data mestilah direkod dengan cara yang membolehkan tren dikesan dan dimana ia boleh dilakukan. Teknik statistik mestilah digunakan untuk mengkaji semula keputusan.

Pemantauan mestilah dirancang dan dikaji semula ianya boleh terdiri daripada:

- i) Penggunaan kerap bahan rujukan yang sah dan/atau kawalan kualiti dalaman menggunakan bahan rujukan sekunder;
- ii) Penyertaan dalam perbandingan antara makmal atau program pengujian kemahiran;
- iii) Mengulangi ujian menggunakan kaedah yang sama atau berbeza;
- iv) Ujian semula bagi bahan yang disimpan; dan
- v) Korelasi keputusan bagi karakteristik yang berbeza bagi sesuatu kes.

4.4.4 Memastikan kualiti keputusan analisa

4.4.4.1 Ujian Kemahiran

- Kakitangan teknikal yang mengambil bahagian dalam forensik alam sekitar mestilah menjalani ujian kemahiran setiap tahun
- Kakitangan teknikal baru yang telah berjaya menamatkan latihan induksi dalaman mestilah menyertai program kemahiran luaran dalam masa enam bulan
- Makmal mestilah mempunyai dan menggunakan program yang didokumenkan bagi menilai data pengujian kemahiran
- Makmal mestilah mempunyai dan mengikut prosedur bertulis serta mengekalkan dokumentasi bagi melakukan tindakan pembetulan apabila terdapat percanggahan pengujian kemahiran dan/atau kesilapan kes dikesan.

4.4.4.2 Pengendalian Bahan/ Sampel Ujian

- i. Makmal mestilah mengekalkan rantaian penjagaan bagi semua bukti. Rekod ini mestilah menyediakan kronologi secara komprehensif, yang didokumenkan bagi setiap pemindahan bukti yang berada dalam kawalan makmal. Makmal mestilah menjaga maklumat - maklumat lanjut bagi pengendalian, penerimaan, pengenalpastian khusus, merekod dan pengendalian bahan bersama-sama dengan maklumat lanjut urusan bagi pemulangan atau pelupusan sampel apabila analisis telah selesai dilaksanakan.
- ii. Prosedur mestilah menyatakan dengan jelas urusan bagi penerimaan bahan yang dirampas di makmal.
- iii. Untuk diterima di makmal, bahan yang dihantar mestilah dibungkus dengan betul dan tidak boleh dicemari semasa transit.
- iv. Dokumen yang dihantar bersama sampel mestilah merujuk kepada setiap barangan individu dan menyediakan maklumat mencukupi bagi makmal untuk mengenal pasti analisis apakah yang diperlukan.
- v. Makmal mesti memastikan bahawa bukti yang disimpan di bawah jagaannya adalah dimateri dengan baik, dikunci dan dilindungi daripada kehilangan dan pencemaran.
- vi. Setiap sampel mestilah mempunyai label dengan keterangan dan maklumat yang mencukupi untuk mengenal pastinya secara khusus.
- vii. Setelah diterima oleh makmal, setiap kes mestilah ditetapkan satu nombor khusus dan maklumat yang relevan dimasukkan ke dalam sistem rekod kes makmal untuk mewujudkan kesinambungan.
- viii. Bahan mestilah disimpan dengan selamat sehingga ia diperlukan untuk pemeriksaan oleh kakitangan teknikal.
- ix. Orang yang menghantar sampel ke makmal untuk pemeriksaan mestilah diberikan resit yang bertandatangan dan bertarikh, untuk semua sampel yang dihantar.
- x. Makmal mestilah mempunyai prosedur bagi penyimpanan dan pembuangan sampel.

4.4.5 Persampelan

- i) Prosedur persampelan yang digunakan oleh makmal mestilah dinyatakan dengan jelas untuk menghasilkan analisis kimia yang betul dan bermakna.
- ii) Kebanyakan kaedah kualitatif dan kuantitatif yang digunakan dalam makmal sains forensik memerlukan bahan yang amat sedikit, adalah penting bahawa jumlah yang kecil ini mestilah mewakili kumpulan besar di mana ia diambil. Persampelan mesti dilaksanakan agar mematuhi prinsip kimia secara analitikal.
- iii) Mungkin terdapat situasi di mana, atas sebab perundangan, peraturan biasa bagi persampelan dan homogenan tidak boleh diikuti. Kadangkala, contohnya, kakitangan teknikal mungkin mahu menyimpan sebahagian daripada barang kes sebagai bukti visual.
- iv) Jika sampel diterima dalam bungkusan tunggal, sampel mestilah dikeluarkan daripada bekas atau bungkusan, diletakkan dalam beg plastik yang bersih dan jernih dan berat bersihnya direkod. Jika sesuai, sampel mestilah dihomogenkan secara menyeluruh sebelum ujian kimia dilakukan. Cara termudah untuk menghomogenkan serbuk adalah dengan menggoncang dengan betul di dalam beg plastik jernih di mana ia dipindahkan. Jika serbuk mengandungi agregat, ia mungkin dipecahkan dengan melalukannya ke dalam penapis yang lebih halus, dengan menumbuknya dengan lesung dan alu atau dengan menggunakan pembancuh makanan komersial atau pemproses makanan. Secara alternatifnya, teknik pengekonan dan penyukuan boleh digunakan.

4.4.6 Peralatan

Satu faktor utama bagi makmal yang melakukan analisis sampel yang dirampas adalah kebolehppercayaan dan prestasi peralatan yang digunakan. Bagi mengawalinya, adalah penting wujudnya satu inventori peralatan dan rekod mestilah disimpan berkenaan dengan lokasi, tarikh pembelian, sejarah servis dan penyenggaraan.

- i) Kakitangan teknikal mestilah bertanggungjawab ke atas peralatan dan pemeriksaan yang tetap dan didokumenkan, penentuan dan *blanks* mestilah dijalankan untuk memastikan peralatan ini disenggarakan secukupnya dan servis dilakukan mengikut jadual yang telah ditetapkan.
- ii) Semua peralatan yang digunakan semasa aktiviti penyiasatan dan analisis kes forensik alam sekitar mestilah sesuai untuk tujuan dan disenggarakan dalam keadaan operasi penuh. Buku panduan operasi mestilah sentiasa ada dan berdekatan dengan peralatan.

4.4.7 Instrumentasi dan Teknik

Teknik yang digunakan dalam analisis dan pemeriksaan sampel forensik alam sekitar adalah meliputi bidang yang luas daripada pemeriksaan visual hinggalah kepada prosedur

instrumentasi yang canggih. Sesetengah daripada peralatan yang biasa digunakan dikategorikan berasaskan kepada keperluan analitikal dan teknik spesifik mengikut operasi peralatan yang turut dimasukkan, tetapi tidak terhad kepada:

- Kromatografi
- Penyerapan atomik dan spektometri pelepasan
- Ultralembayung, inframerah dan spektrofotometri yang boleh dilihat
- Mikroskop optikal dan elektron
- Spektroskopi resonan magnetik nuklear
- Pengukuran fizikal contohnya berat, isi padu, ketumpatan
- Analisis X-ray

4.4.8 Penempatan makmal dan keadaan persekitaran

- i) Penjagaan khas diperlukan bagi makmal analisa forensik alam sekitar yang terlibat dalam analisis atau penentuan tahap kesan bahan di mana kawasan yang khas perlu disediakan bagi melaksanakan kerja – kerja pelaksanaan analisa, akses ke kawasan ini mestilah dihadkan dan kerja-kerja yang dilakukan hendaklah dikawal.
- ii) Rekod yang sesuai mestilah disimpan bagi menunjukkan kawalan ini.
 - Akses ke kawasan operasi makmal mestilah dikawal dan dihadkan. Pelawat tidak boleh memasuki tanpa had ke kawasan operasi makmal. Satu rekod mesti disimpan mengenai semua pelawat ke kawasan kerja.
 - Kawasan simpanan bukti mesti dijaga bagi mengelak kecurian atau gangguan dan mestilah ada akses yang terhad dan terkawal.
 - Keadaan simpanan mestilah untuk menghalang kehilangan, kemerosotan dan pencemaran serta untuk menjaga integriti dan identiti bukti. Ini termasuklah bagi situasi sebelum dan selepas analisis dilakukan.

4.4.9 Laporan

- i) Makmal mesti mempunyai prosedur bertulis bagi pengambilan dan pengekalan nota kes bagi menyokong kesimpulan yang diperolehi dalam laporan makmal.
- ii) Makmal mestilah mengekalkan semua dokumentasi yang dikeluarkan penganalisis berkaitan dengan analisis kes.
- iii) Makmal mestilah mengeluarkan dokumentasi yang mencukupi bagi setiap analisis teknikal bagi menyokong kesimpulan yang dilaporkan agar apabila keadaan di mana penganalisis teknikal tidak hadir untuk melakukan analisis, seorang lagi individu yang berkelayakan boleh menilai dan mentafsir data yang dihasilkan.
- iv) Laporan makmal mestilah meliputi, tetapi tidak terhad kepada kriteria berikut:
 - Nombor rujukan kes
 - Data yang dikeluarkan
 - Keterangan tentang sampel ujian yang diterima dan dianalisis

- Penandaan tambahan atau pelabelan yang diperkenalkan oleh penganalisis (jika ada)
 - Pelupusan sampel ujian
 - Kaedah dan teknik yang digunakan
 - Keputusan, pentafsiran keputusan dan kesimpulan
 - Nama, tandatangan dan jawatan penganalisis teknikal
- v) Semua laporan mestilah secara tepat merekodkan dan menggambarkan penemuan penganalisis dalam analisisnya. Analisa keputusan mestilah dilaporkan mengikut kriteria yang dipohon daripada pihak yang menghantar.
- vi) Sekiranya borang bagi barangan ujian telah ditukar semasa analisis, satu nota yang menyatakan fakta ini mestilah dimasukkan dalam laporan analisis tersebut.
- vii) Laporan ujian hendaklah ditandatangani oleh penganalisis yang terlibat dalam aktiviti analisis. Tandatangan hendaklah dibuat pada hujung setiap muka surat laporan.
- viii) Laporan ujian adalah tertakluk kepada kajian semula pentadbiran dan teknikal.
- ix) Makmal mestilah mempunyai prosedur bertulis yang mendefinisi elemen yang dikaitkan dengan kedua-dua kajian semula pentadbiran dan teknikal bagi memastikan kesimpulan dan data sokongan adalah berpatutan dan mengikut had pengetahuan saintifik.
- x) Makmal mestilah menentukan kelayakan dan tanggungjawab penilai pentadbiran dan penilai teknikal. Penilai semula tidak semestinya tetapi sebaiknya terdiri daripada penganalisis semasa atau bekas penganalisis teknikal berkelayakan.
- xi) Makmal mestilah mempunyai mekanisme untuk menangani kesimpulan dan keputusan yang tidak dapat diselesaikan antara penganalisis dan penilai.
- xii) Makmal mesti mempunyai prosedur bertulis bagi pelepasan maklumat laporan kes dan mestilah merekod maklumat berkaitan dengan pelepasan laporan kes.

BAB 5

TEKNIK STATISTIK UNTUK PENYIASATAN FORENSIK ALAM SEKITAR

Dalam penyiasatan forensik alam sekitar, analisis statistik kadang-kala diperlukan untuk menentukan perwakilan data yang diukur, sama ada diperoleh daripada ukuran lapangan atau daripada analisis makmal sampel yang dikutip dari pelbagai titik persampelan dalam lingkungan kawasan tercemar. Dalam bidang forensik alam sekitar, kaedah-kaedah statistik juga digunakan untuk membuat interpolasi data yang diukur untuk mendapatkan anggaran nilai 'titik tak dapat diukur' atau 'titik tak tersampel'. Lokasi titik tak dapat diukur/titik tak tersampel ditakrifkan bersama-sama ini sebagai titik atau lokasi dalam sempadan penyiasatan jika sampel tidak diambil atau ukuran tapak tidak dijalankan.

Bab ini akan memperkenalkan beberapa teknik atau alat statistik untuk tujuan analisis dan interpretasi data yang diukur, serta anggaran data tak diukur berdasarkan data yang telah diukur. Tujuan menggunakan teknik statistik untuk menjana dan menganalisis data kompleks yang pelbagai (kedua-dua diukur dan dimodelkan) adalah tujuan akhirnya untuk mengenal pasti dan mengesahkan sumber yang berpotensi atau individu yang bertanggungjawab terhadap sesuatu kes pencemaran yang telah berlaku.

Bagi tujuan membezakan dua jenis aplikasi statistik, bab ini akan merujuk kepada 'Statistik untuk Analisis Data' dan 'Geostatistik'. Namun secara keseluruhan, teknik statistik forensik alam sekitar digunakan untuk tujuan berikut:

- Untuk menentukan signifikan secara statistik bagi pengukuran kepekatan sampel berbanding nilai kepekatan latar belakang
- Untuk mengenal pasti hubungan antara bahan pencemar atau hubungan antara bahan pencemar yang dikenal pasti di tapak persampelan
- Untuk menentukan corak taburan bahan pencemar secara khusus ditapak
- Untuk menguji tahap signifikan dan ketidaktentuan model alam sekitar untuk menganggarkan data yang tidak diukur

5.1 STATISTIK UNTUK ANALISA DATA

Penyiasatan forensik alam sekitar secara amnya memerlukan sekurang-kurangnya dua jenis data iaitu:

- Data berkaitan dengan pembolehubah yang merupakan aspek yang boleh diukur mengenai keseimbangan alam sekitar, contohnya kepekatan pencemar alam sekitar dalam medium persekitaran seperti kepekatan PM_{10} dalam udara; kepekatan ammonia dalam air; dan kepekatan arsenik di dalam tanah.

- Data ruang untuk mengenal pasti titik persampelan. Contohnya koordinat GPS untuk latitud dan longitude.

Penggunaan teknik statistik untuk pelbagai peringkat penyiasatan forensik alam sekitar disenaraikan di bawah:

- Perancangan senario termasuk jenis hipotesis yang akan diuji dalam penyiasatan, contohnya ujian-t untuk menentukan hipotesis sumber pelepasan yang disyaki
- Pembangunan pelan persampelan bagi perolehan data, contohnya jumlah signifikan secara statistik sampel
- Jaminan kualiti data makmal yang dihasilkan
- Pemodelan dan anggaran data terukur
- Kepentingan statistik hasil siasatan

Teknik statistik untuk menilai perwakilan data adalah penting bagi memperoleh inferen termasuk peringkat pengumpulan data. Pelan persampelan juga harus merangkumi pertimbangan statistik dalam menentukan bilangan sampel, tempoh persampelan, jumlah sampel, masa persampelan, titik persampelan dan peralatan persampelan. Kualiti data daripada analisis makmal juga dibuat melalui penggunaan alat-alat statistik.

Teknik-teknik statistik yang sesuai bagi persampelan dan analisis makmal dibincangkan dalam bab 3 dan bab 4 garis panduan ini. Di bab 5, alat-alat statistik digunakan bagi tujuan mewujudkan hubungan antara data diukur/disampel dan keadaan bahan pencemar/pencemaran di lapangan kes forensik alam sekitar berlaku, iaitu tempoh dua titik sekaligus untuk kegunaan di atas.

5.1.1 TEKNIK-TEKNIK STATISTIK ASAS

Data diukur (data dari ukuran lapangan, atau data makmal sampel yang diperolehi dari tapak penyiasatan) dimaksudkan untuk siasatan forensik harus tertakluk kepada semakan kualiti data sebagai pra-syarat untuk tafsiran senario tapak tercemar. Terdapat dua elemen bagi semakan kualiti data awal:

- Kuantiti statistik asas (ringkasan statistik) seperti min, median, peratusan, julat dan sisihan piawai untuk memberikan gambaran mengenai populasi dari mana data telah dikeluarkan. Definisi pada beberapa istilah yang terkandung di dalam Lampiran 1.
- Perwakilan data secara graf adalah untuk menentukan taburan dan transformasi data ia termasuklah histogram, plot kuantil-kuantil biasa (QQ) atau plot Q-Q umum atau mana-mana plot yang mampu memeriksa kenormalan (taburan normal seperti dalam bentuk dumbel); atau plot serakan yang boleh mengukur tahap persamaan dua pembolehubah yang berbeza. Definisi bagi istilah ini terkandung dalam Lampiran 1 (Rajah 1-3).

5.2 GEOSTATISTIK

Geostatistik merupakan salah satu cabang statistik yang sangat penting dalam forensik alam sekitar. Geostatistik digunakan untuk menganalisis dan meramalkan nilai-nilai yang berkaitan dengan fenomena ruang (ruang) atau ruang-masa (ruang dan masa). Alat-alat geospasial dapat menggambarkan corak ruang dan nilai-nilai interpolasi untuk lokasi di mana sampel tidak diambil dan juga bagi mengukur ketidaktentuan nilai. Pengukuran mengenai ketidaktentuan adalah penting untuk membuat keputusan berasaskan maklumat.

Kaedah Geostatistik adalah optimum (boleh digunakan) apabila data adalah:

- Tertabur secara normal
- Min dan varians tidak berbeza secara signifikan dalam ruang (tak bergerak)

Pelencongan yang signifikan daripada normal dan tak bergerak boleh menyebabkan masalah, oleh itu disyorkan untuk memaparkan titik – titik data yang dikumpul ditunjukkan pada graf seperti histogram atau plot serupa untuk memeriksa kenormalan dan tren. Rujuk Lampiran 4 (Rajah 4-5).

Oleh kerana geostatistik adalah suatu kaedah untuk menghasilkan ramalan dan ketidaktentuan ramalan untuk lokasi tak tersampel, semua sampel atau data terukur yang akan menjadi input ke dalam pengiraan geostatik akan memerlukan nilai parameter alam sekitar dan data ruang dan ruang-masa dikaitkan dengan tapak pengukuran atau persampelan.

Data ruang diperolehi dengan menggunakan peralatan Sistem Kedudukan Global (GPS). Ruang pemetaan data sebagaimana yang diperuntukkan oleh perisian Sistem Maklumat Geografi (GIS) menjadi bahan penting dalam penyiasatan forensik alam sekitar.

5.2.1 MENJANA DATA RUANG

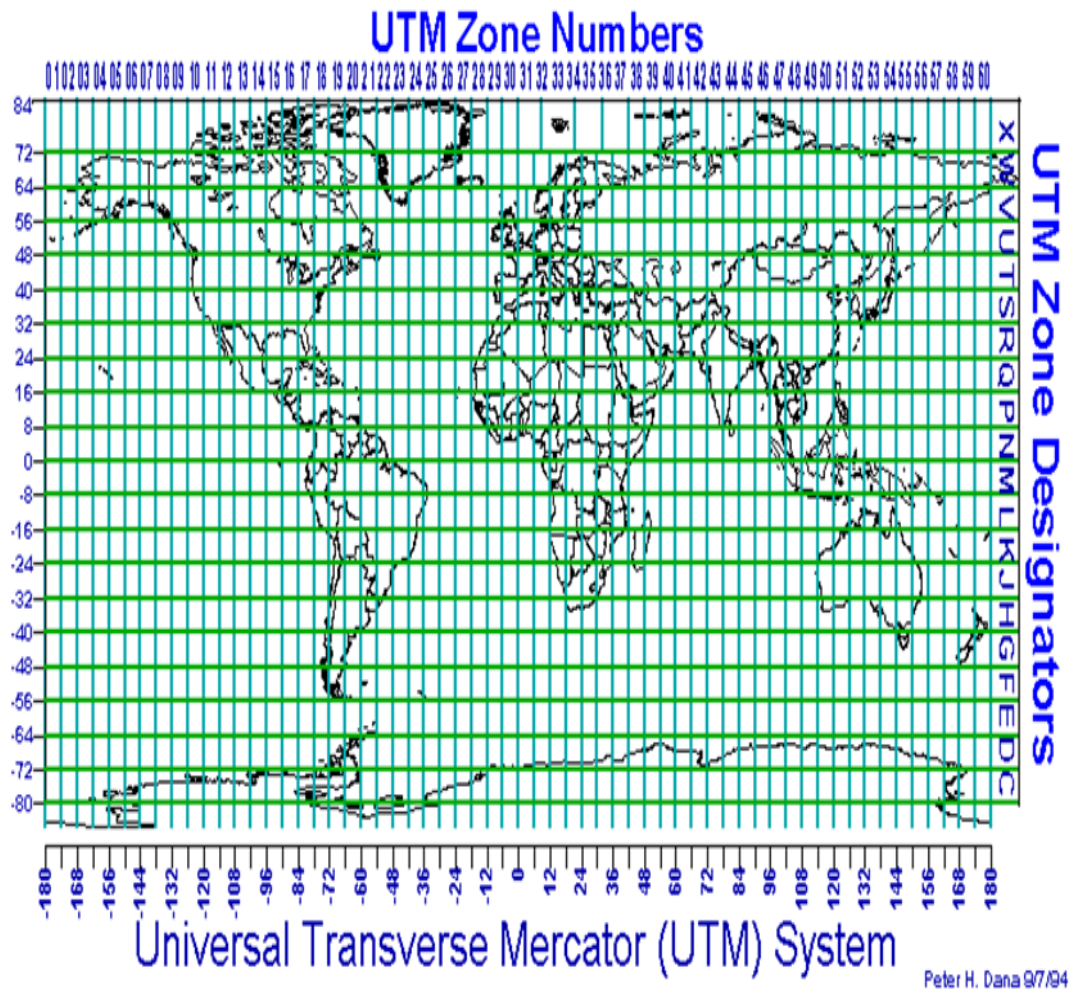
GIS adalah sistem di mana data geografi yang menerangkan ciri-ciri pada permukaan bumi diuruskan, dipaparkan, dimanipulasi dan dianalisis. Apabila GIS dan penderiaan jauh digabungkan ia mampu untuk mengumpul dengan segera dan menganalisis data ruang, untuk analisis sumber, takat dan pergerakan pelbagai jenis pencemaran.

Dalam pemetaan sesuatu data, adalah penting untuk menggunakan klasifikasi dan skim warna yang membolehkan visualisasi yang jelas tentang apa yang diwakili oleh sesuatu set data. Dalam semua pelaksanaan pemetaan, aktiviti ini dirujuk sebagai membentuk 'petunjuk' di mana taburan data ditentukan mengikut tafsiran yang diperlukan dari peta yang dihasilkan.

Data alam sekitar apabila digabungkan dengan maklumat lokasi akan menyediakan suatu kombinasi maklumat yang amat baik dalam membantu penyiasatan forensik alam sekitar. Maklumat lokasi ditentukan dengan menggunakan GPS yang merupakan sistem berasaskan satelit yang menyediakan maklumat kedudukan tiga dimensi di atas permukaan bumi. Data GPS biasanya disediakan sebagai nilai-nilai latitud dan longitud (lat.long). Contoh maklumat penempatan adalah Lat. 1.729 ° Long. 103.899 ° untuk Kota Tinggi di Johor.

Koordinat latitud dan longitud bukannya koordinat cartes iaitu ianya tidak menyediakan ukuran panjang dan juga tidak mampu untuk mengira jarak, luas, isi padu atau kecerunan.

Data koordinat geodesi (latitude, longitud, dan ketinggian) diperolehi dengan menggunakan GPS untuk mengenal pasti lokasi. Ianya boleh ditukar menggunakan koordinat Cartes Mercatorto (contohnya x, y dalam m, m). Kalkulator yang ditunjukkan di bawah adalah salah satu daripada banyak perisian dalam talian yang boleh digunakan bagi menukar koordinat latitud dan longitud, contohnya APSalin (www.apsalin.com/convert-geodetic-to-cartesian.aspx).



Rajah 5.1: Titik rujukan mengenai sistem UTM digunakan untuk pemetaan bumi

Geodetic to UTM Converter

iUTM™ - UTM, geodetic converter and UTM zones lookup for iPhone®.

To convert from UTM to Geodetic use [UTM to Geodetic](#).

Ellipsoid

Everest - W. Malaysia 1969

UTM Zone

48 - 102E to 108E [UTM zone lookup](#)

Geodetic Coordinate

Latitude valid formats:
"Decimal Degrees" (ex. '38.889139') or
"Degrees Minutes Seconds" (ex. '38 53 20.9 N')

Latitude: 1.729375

Longitude valid formats:
"Decimal Degrees" (ex. '-77.049') or
"Degrees Minutes Seconds" (ex. '77 2 56.4 W')

Longitude: 103.899227

UTM Projection

X, m: 377575.528290558

Y, m: 191169.633715595

Rajah 5.2: Penggunaan penukar Mercator to Melintang (UTM) untuk menukar koordinat geodesi (darjah perpuluhan) kepada koordinat cartes (dalam m)

5.2.2 Model Geostatistik

Pengiraan secara serius geostatistik memerlukan penggunaan perisian komputer digital yang akan mensimulasikan satu permukaan dari nilai tak diukur akan dimodelkan. Seperti semua perisian dan peralatan yang lain, keputusan atau output adalah amat bergantung kepada set data input dan pilihan model untuk menganggarkan nilai data dari lokasi yang tidak di sampel.

Dua kaedah geostatistik dibangunkan untuk mencirikan sifat-sifat ruang:

- Model berkebarangkalian - Digunakan untuk mengendalikan ketidakpastian dalam keputusan yang jauh dari lokasi persampelan,
- Teknik pengecaman tren/corak

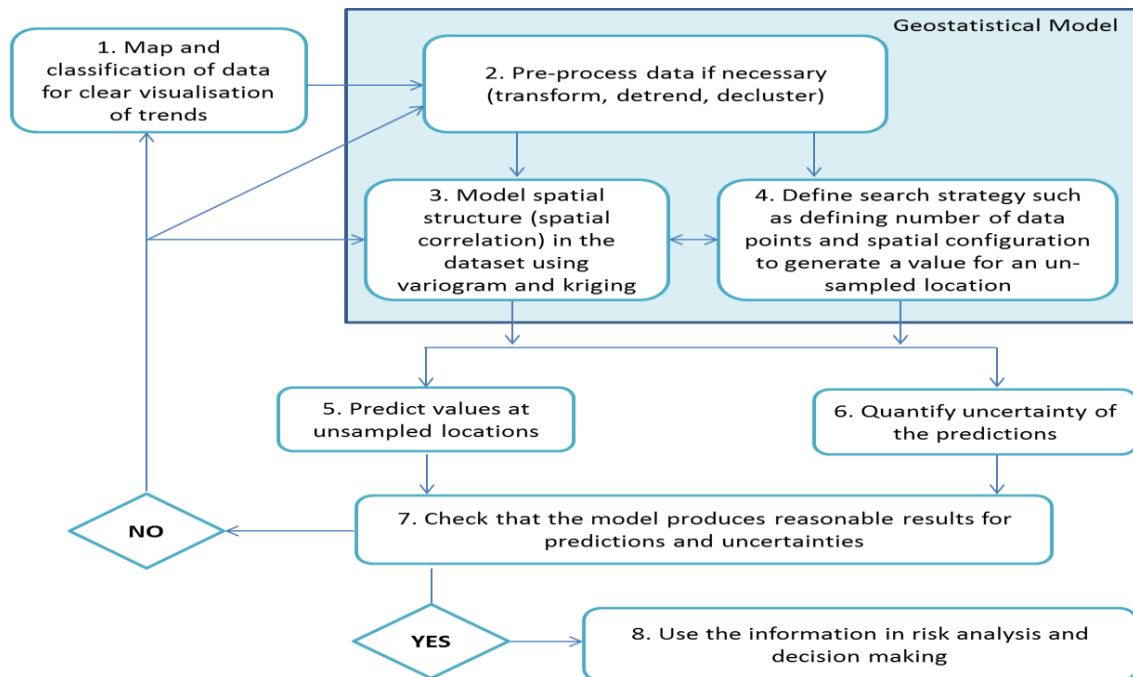
Komponen-komponen asas geostatistik adalah:

- Analisis variogram (analisa variografi atau separa varians) – Separa variogram adalah merupakan suatu teknik statistik untuk membangunkan model permukaan berterusan. Ia membolehkan pencirian ruang korelasi (iaitu sejenis analisis autokorelasi di mana tahap persamaan ruang kesamaan-kendiri dipaparkan sebagai satu variogram. Satu keluk atau lengkungan adalah sepadan untuk variogram, dan persamaan yang menerangkan keluk atau lengkungan dipanggil model- variogram. Ia digunakan untuk membantu meramal lokasi tak tersampel melalui 'kriging' atau simulasi bersyarat. Analisis yang sama boleh dilakukan dengan data temporal/masaan seperti ukuran jam atau setiap hari beberapa perkara untuk membuat interpolasi walaupun masa dengan cara yang optimum).

Ringkasnya, variogram boleh digunakan untuk kedua-dua pemetaan atau anggaran dengan penentu dalaman antara titik data menggunakan 'kriging' dan kemudian untuk mencirikan ketidaktentuan anggaran.

- Kriging' - Satu teknik interpolasi geostatistik yang mempertimbangkan kedua-dua jarak dan tahap perbezaan antara titik data yang diketahui apabila menganggarkan nilai dalam kawasan yang tidak diketahui.
- Simulasi stokastik - generasi pelbagai imej pembolehubah berbilang; juga menggunakan model separa variogram

Pengiraan geostatistik adalah rumit dan dijalankan dengan menggunakan perisian komersial seperti "Penganalisis Geostatistik" dari Pusat Sumber ArcGIS dan "GS + Geostatistik Untuk Sains Alam Sekitar" dari Perisian Rekabentuk Gama. Walau bagaimanapun hubungan statistik konvensional yang digambarkan melalui graf yang bersesuaian seperti yang dibincangkan dalam bahagian 5.1 adalah penting sebelum melakukan analisis geostatistik.



Rajah 5.3: Aliran Kerja untuk menjalankan satu kajian geostatistik (dिसesuaikan daripada Pusat Sumber ArcGIS)

5.3 PENYEDIAAN PELAN ANALITIKAL

Walaupun bukan semua penyiasatan forensik alam sekitar memerlukan geostatistik, ia masih satu keperluan di mana data ruang dan data masa/temporal akan dikumpulkan untuk setiap siasatan.

Seorang pakar forensik alam sekitar akan mengumpul maklumat yang diskret pada satu titik persampelan tertentu. Data diskret ini perlu ditukar kepada perwakilan ruang yang berguna seperti peta. Bagi melaksanakannya, data diukur akan diinterporlasikan atau dimodelkan dengan cara peramalan yang menghampiri ciri yang wujud di kawasan yang belum disampel, iaitu pemodelan geo-ruang atau geo spatial. Nilai titik tak tersampel akan mempunyai beberapa tahap ketidaktentuan yang perlu diwujudkan untuk membolehkan keputusan dibuat atas penerimaan atau penolakan data yang telah dimodelkan.

Untuk menyatukan jenis data yang diperlukan bagi tujuan analisis seterusnya, iaitu rawatan dan interpretasi data, aliran kerja secara umum yang dijalankan dalam penyiasatan forensik alam sekitar adalah seperti berikut:

- i. Ukuran lapangan, atau data makmal yang dihasilkan daripada sampel yang diambil di lokasi kejadian harus mempunyai koordinat ruang dan nilai-nilai data temporal.
- ii. Menjalankan analisis makmal ke atas sampel berdasarkan sasaran atau fokus siasatan menggunakan kaedah ujian yang dinyatakan dalam Bab 4.
- iii. Berhati-hati memeriksa data dan mengenal pasti ciri-ciri yang akan dimasukkan ke dalam model interpolasi atau geospasial.
- iv. Susun set data mengikut objektif kajian geostatistik jika perlu, contohnya menggunakan klasifikasi kekerapan, penumpuan kumpulan – kumpulan data dengan menggunakan skim warna, pembahagian kumpulan mengikut tempoh masa dan apa-apa ciri-ciri lain yang membolehkan visualisasi dalam paparan grafik.
- v. Jika data latitud dan longitud GPS diperolehi untuk mengenalpasti pengukuran atau persampelan ditapak, tukar koordinat geodectic untuk koordinat Cartes seperti yang dinyatakan dalam bahagian 5.2.1.
- vi. Paparkan set data secara grafik, menggunakan klasifikasi dan skim warna yang boleh memvizualkan dengan jelas ciri-ciri penting yang mewakili set data, contohnya kod warna PM10 untuk kawasan atau negeri tertentu. Paparan biasa adalah plot berjajar, gambar rajah blok dan peta.
- vii. Plotkan satu histogram atau plot yang serupa untuk memeriksa adakah set data adalah dalam keadaan taburan normal (lengkung Gaussian), unsur luaran yang berpotensi dan nilai-nilai data yang salah, trend dan arah yang dominan untuk autokorelasi ruang.
- viii. Bangunkan suatu model interpolasi atau model ruang dengan menggunakan analisis separa varians untuk menghasilkan satu variogram daripada autokorelasi yang ada di dalam set data. Tentukan ketidaktentuan contohnya dengan menggunakan teknik Krinding

ix. Jika perlu, lukiskan peta 3-D atau 2-D taburan bahan cemar dalam lokasi kejadian.

x. Gunakan maklumat akhir untuk membuat keputusan.

Jadual 5.1: Contoh Lembaran Data untuk Penyiasatan Forensik Alam Sekitar

Tarikh	Masa	Kod sampel	Titik Persampelan		Koor. Cartes		Data Analitis (e.g.)		
			Lat	Long	X (m)	Y(m)	mg/l	mg/Nm ³	mg/kg

BAB 6

RANGKA KERJA PERUNDANGAN FORENSIK ALAM SEKITAR

Takrif forensik alam sekitar yang telah diterima pakai oleh Jabatan Alam Sekitar adalah seperti berikut:

"Forensik alam sekitar adalah penilaian data yang sistematik dan saintifik yang diperolehi daripada pengukuran lapangan dan/atau analisis makmal, dan maklumat sejarah sesuatu penyiasatan lokasi kejadian jenayah alam sekitar bagi tujuan membangunkan kesimpulan saintifik dan undang-undang yang boleh dipertahankan mengenai sumber atau usia pencemar yang dilepaskan ke dalam alam sekitar."

Secara ringkas, Forensik Alam Sekitar adalah satu penyiasatan sistematik kejadian jenayah alam sekitar melalui cara-cara kaedah saintifik dengan tujuan untuk mencari punca pencemar dan pesalah yang akan dikenakan tindakan undang-undang kerana jenayah itu.

Berdasarkan definisi di atas, fokus rangka kerja perundangan forensik alam sekitar adalah seperti berikut:

- Untuk menyiasat lokasi kejadian jenayah alam sekitar; dan
- Membangunkan data dan maklumat saintifik yang boleh dipertahankan untuk satu kesimpulan undang-undang.

6.1 FOKUS RANGKA PERUNDANGAN FORENSIK ALAM SEKITAR

6.1.1 Penyiasatan lokasi kejadian alam sekitar

Untuk apa-apa kesalahan yang dilakukan di bawah Akta Kualiti Alam Sekitar (AKAS) 1974, kuasa penyiasatan sebagaimana yang diperuntukkan di bawah seksyen 37A dimana Ketua Pengarah (KP) atau mana-mana pegawai yang diberi kuasa secara bertulis oleh KP dan dalam menjalankan siasatan KP atau mana-mana pegawai yang diberi kuasa boleh menjalankan semua atau mana-mana kuasa yang berhubungan dengan penyiasatan polis dalam kes boleh tangkap yang diberikan oleh Kanun Acara Jenayah (CPC).

CPC adalah prosedur perundangan utama yang mengawal aktiviti jenayah dengan objektif untuk mentadbir keadilan jenayah. CPC mengandungi badan peraturan yang perlu dipatuhi yang bermula dari penyiasatan dan perbicaraan kesalahan sebagaimana diperuntukkan di bawah Kanun Keseksaan serta juga kesalahan-kesalahan lain di bawah Akta lain di mana tidak ada prosedur yang ditetapkan seperti (AKAS).

Semasa proses siasatan bukti-bukti akan dikumpul dan disusun untuk tujuan perbicaraan di mahkamah. Oleh itu, pematuhan kepada peraturan dalam CPC dan juga Akta Keterangan adalah penting bagi menjayakan pengendalian sesuatu kes.

Bukti-bukti yang dikemukakan di mahkamah melalui memanggil saksi dan mengemukakan barang kes. Barang kes yang akan dikemukakan dalam bidang forensik alam sekitar adalah kemungkinan besar data penilaian saintifik yang diperolehi daripada pengukuran lapangan dan/atau analisis makmal serta maklumat sejarah yang dikumpulkan dari lokasi kejadian jenayah alam sekitar.

Peraturan utama dalam pengemukaan barang kes (exhibit) adalah untuk memastikan bahawa sepanjang perbicaraan beban pembuktian adalah di pihak pendakwaan untuk membuktikan tanpa sebarang keraguan yang munasabah bahawa hal perkara yang didakwa adalah perkara yang sama yang telah diperolehi dan akhirnya dibawa ke mahkamah. Oleh itu, adalah menjadi tanggungjawab Pegawai Siasatan (IO) untuk memastikan bahawa tidak ada jurang dalam rantai bukti sama ada barang kes yang dikemukakan atau saksi yang dipanggil untuk mengesahkan kesahihan barang kes yang telah dikemukakan.

6.1.2 Pembangunan data maklumat saintifik yang boleh dipertahankan untuk suatu kesimpulan undang-undang

Walaupun AKAS 1974 dikenali sebagai undang-undang liabiliti ketat (*strict liability*), Seperti juga dalam mana-mana prosiding jenayah, adalah menjadi tugas pihak pendakwaan untuk membuktikan kes itu dengan tahap melampaui keraguan munasabah dengan membuat kes *prima facie*. Bahan-bahan untuk kes *prima facie* adalah:

- Setiap elemen atau kandungan tunggal kesalahan itu mengikut sesuatu pertuduhan itu dibuat pada akhir kes pendakwaan itu;
- Tertuduh terbabit dalam perhubungan yang menjalin antara dia dan kesalahan itu; dan
- Bukti adalah tepat dan boleh dipercayai.

Bukti terbaik dalam mana-mana kes adalah bukti langsung dan dalam bentuk fizikal. Walau bagaimanapun, memandangkan metodologi yang akan digunakan dalam forensik alam sekitar di mana ia adalah sangat berkebarangkalian oleh itu bukti-bukti mengikut keadaan akan digunakan untuk mewujudkan pertalian antara tertuduh dan kesalahan.

Peraturan kepada keterangan mengikut keadaan adalah bahawa ia mesti bersifat semulajadi tanpa paksaan. Dalam forensik alam sekitar, terdapat juga kemungkinan yang tinggi dimana ia akan melibatkan siri bukti (bukti-bukti) mengikut keadaan untuk menyambung persoalan – persoalan pembuktian. Di mana keadaan – keadaan adalah bergantung kepada satu sama lain. Bukti-bukti ini akan dibaca secara bersama dan bukannya secara berasingan. Jika tidak konsep bukti keterangan mengikut keadaan akan dikalahkan. Oleh itu, bukti mengikut keadaan hendaklah lengkap dan menyeluruh di mana semua bukti - bukti akan dapat berhubung dengan baik. Ini adalah untuk mengelakan berlakunya jurang yang tidak dapat dijelaskan dalam rantai pengendalian barang kes dan/atau saksi apabila dikemukakan di mahkamah.

Kesan bukti mengikut keadaan (*circumstantial evidence*) yang lengkap dan komprehensif jika diambil secara keseluruhan, ia mempunyai daya bukti yang kukuh, jika ia disangkal dalam perbicaraan oleh pihak pembelaan ia mencukupi untuk mendorong mahkamah untuk mempercayai kewujudan fakta-fakta yang dinyatakan dalam pertuduhan itu atau bagi mahkamah mengambil kira

kewujudan itu adalah sebegitu mungkin sehingga seseorang hakim yang arif dan bijaksana patut bertindak atas anggapan bahawa fakta itu wujud dan ia berlaku.

Seterusnya, mahkamah akan membuat keputusan sama ada untuk memanggil tertuduh untuk membela diri atau sebaliknya dengan bentuk bukti-bukti di hadapannya dan bagi mahkamah untuk membuat keputusan sama ada tertuduh telah melakukan kesalahan itu dan mendapati dia bersalah jika tiada bukti dari tertuduh diberikan. Akhirnya, soalan yang perlu ditanya sebelum tertuduh dipanggil untuk membela diri ialah sama ada tertuduh boleh disabitkan atas kesalahan itu sebagaimana didakwa jika dia memilih untuk berdiam diri.

6.2 PERUNTUKAN PERUNDANGAN UNTUK MEMASUKKAN PENYIASATAN FORENSIK ALAM SEKITAR DI BAWAH AKTA 127

Seperti banyak negara lain, perlindungan atau kawalan pencemaran perundangan alam sekitar yang sedia ada di Malaysia, khususnya AKAS 1974 mempunyai elemen -elemen forensik alam sekitar yang sedia wujud tetapi ia tidaklah dinyatakan secara jelas penggunaanya.

Akta ini mengandungi beberapa fasal yang mencukupi untuk mendakwa pesalah jenayah alam sekitar tetapi kadar penalti adalah tidak mencukupi untuk menampung kos tindakan pemulihan. Peraturan-peraturan yang telah dibuat di bawah AKAS bagaimanapun dilihat mempunyai lebih banyak potensi untuk dikembangkan. Dalam hal ini pembuktiaan yang mencukupi bagi tujuan pendakwaan amat diperlukan bagi mendapatkan semula kos pemulihan.

Seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 6.1, beberapa fasal dalam akta ini adalah mencukupi untuk mendakwa pesalah dengan syarat bukti-bukti yang dikumpul dapat mengenal pasti punca atau pesalah jenayah alam sekitar.

Jadual 6.1: Fasal dalam Akta 127 dengan perintah larangan dan penalti

No.	Fasal dalam Akta 127	Liputan
A.	Bahagian IV LARANGAN DAN KAWALAN PENCEMARAN	Bahagian IV LARANGAN, PENYIASATAN DAN KAWALAN PENCEMARAN
1.	Seksyen 22 Sekatan ke atas atmosfera	<ul style="list-style-type: none">Mencukupi untuk mendakwa bagi kesalahan pelepasan ke atmosferaKos tindakan pemulihan atau program pembersihan berkaitan dengan Seksyen 46 dan 47
2.	Seksyen 24 Sekatan ke atas pencemaran tanah	<ul style="list-style-type: none">Mencukupi untuk mendakwa bagi kesalahan pelepasan keatas tanahKos tindakan pemulihan atau program pembersihan berkaitan Seksyen 46 dan 47
3.	Seksyen 25 Sekatan ke atas pencemaran air daratan	<ul style="list-style-type: none">Mencukupi untuk mendakwa bagi kesalahan pembuangan ke perairan daratanKos tindakan pemulihan atau program

		pembersihan berkaitan Seksyen 46 dan 47
4.	Seksyen 27 Larangan pembuangan minyak ke dalam perairan Malaysia	<ul style="list-style-type: none"> • Mencukupi untuk mendakwa bagi kesalahan pelepasan minyak di perairan Malaysia • Kos tindakan pemulihan atau program pembersihan berkaitan Seksyen 46 dan 47
5.	Seksyen 29 Larangan pembuangan bahan-bahan buangan ke dalam perairan Malaysia	<ul style="list-style-type: none"> • Mencukupi untuk mendakwa bagi kesalahan pelepasan buangan di perairan Malaysia • Kos tindakan pemulihan atau program pembersihan berkaitan Seksyen 46 dan 47
6.	Seksyen 29A Larangan pembakaran terbuka	<ul style="list-style-type: none"> • Mencukupi untuk mendakwa bagi kesalahan pembakaran terbuka • Kos tindakan pemulihan atau program pembersihan berkaitan Seksyen 46 dan 47
7.	Seksyen 29B. Pemilik atau penghuni premis bertanggungjawab terhadap pembakaran terbuka	<ul style="list-style-type: none"> • Mencukupi untuk mendakwa pemilik atau penghuni premis untuk pembakaran terbuka
8.	Seksyen 31 Kuasa untuk menghendaki pemilik atau penghuni memasang, mengendali, membaiki dll	<ul style="list-style-type: none"> • Mencukupi untuk mendakwa pemilik atau penghuni untuk menjalankan beberapa bentuk tindakan pemulihan • Memanjangkan tindakan pemulihan kepada pemulihan kepada nilai asas
9.	Seksyen 33 Kuasa untuk menghalang atau mengawal pemilik lesen membuang, contohnya bahan buangan dalam keadaan tertentu	<ul style="list-style-type: none"> • Mencukupi untuk mendakwa mana-mana pemilik lesen yang melanggar notis untuk mengurangkan pelepasan, pembuangan dan lain-lain • Kos tindakan pemulihan atau program pembersihan berkaitan Seksyen 46 dan 47
B.	BAHAGIAN IV SATU KAWALAN BUANGAN TERJADUAL	
1.	34B Larangan terhadap penempatan, deposit, dan lain-lain buangan terjadual	<ul style="list-style-type: none"> • Mencukupi untuk mendakwa mana-mana orang yang telah mencemar alam sekitar dengan buangan terjadual • Denda tidak melindungi kos tindakan pemulihan atau program pembersihan

C.	BAHAGIAN V SATU BAYARAN SES DAN DANA ALAM SEKITAR	
1.	<p>Seksyen 36E Dana itu hendaklah ditadbirkan bagi maksud-</p> <p>(b) mengeluarkan buangan, membuang, atau menyuraikan, memusnahkan, membersihkan, melupuskan atau pengurangan pencemaran;</p> <p>(c) mencegah atau memerangi kejadian yang berikut:</p> <p>(i) tumpahan, pelepasan atau pembuangan minyak</p> <p>(ii) pelepasan, peletakan atau lambakan, benda berbahaya kepada alam sekeliling; atau</p> <p>(iii) pelepasan, peletakan atau lambakan, buangan;</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kemungkinan sumber dana untuk melaksanakan tindakan pemulihan • Fasal pada bila dana boleh digunakan jika tiada kesalahan ke atas kemungkinan mana-mana pesalah
D.	BAHAGIAN VI LAIN-LAIN	
1.	Seksyen 40 Bukti	<ul style="list-style-type: none"> • Bukti dimaksud dalam fasal ini terpakai lebih kepada pengeluaran lesen dan tidak merangkumi bukti data boleh dipertahankan dan maklumat untuk tujuan tindakan undang-undang. • Fasal pada pengumpulan bukti dan pembentangan berhubung dengan penyiasatan lokasi jenayah alam sekitar • Fasal pada tempoh masa berkaitan dengan perkaitan bukti saintifik • Fasal pada pengesanan
2.	Seksyen 46E Pampasan untuk kehilangan atau kerosakan kepada harta benda	<ul style="list-style-type: none"> • Mencukupi untuk menyebabkan orang yang disabitkan kesalahan untuk membayar kerugian atau kerosakan harta kepada pihak yang terjejas • Termasuk tahap atau skop pemulihan seperti yang menghubungkan kepada syarat-syarat asas atau syarat yang ditetapkan oleh agensi penguat kuasa

3.	Seksyen 47 Kuasa pemulihan kos dan perbelanjaan	<ul style="list-style-type: none"> • Mencukupi untuk mendapatkan semula kos pemulihan dan perbelanjaan daripada pihak yang disabitkan • Termasuk tahap atau skop pemulihan seperti yang menghubungkan kepada syarat-syarat asas atau syarat yang ditetapkan oleh agensi penguat kuasa
----	-------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Terdapat sejumlah tiga puluh enam (36) peraturan dan perintah yang kini dikuatkuasakan di bawah AKAS 1974 oleh Jabatan Alam Sekitar. Di dalam peraturan-peraturan dan perintah ini terdapat fasal yang terpakai bagi forensik alam sekitar seperti yang disenaraikan dalam Jadual 6.2. Satu pertimbangan yang penting adalah Arahan berkaitan dengan perwakilan kuasa untuk menyiasat kesalahan yang berkaitan dengan bahagian-bahagian tertentu Akta itu dalam konteks penyiasatan forensik alam sekitar.

Jadual 6.2: Fasal-fasal dalam peraturan-peraturan dan perintah dengan perintah larangan dan penalti

No.	Peraturan/ Perintah	Liputan
1.	Peraturan Kualiti Alam Sekitar (Air Bersih) 1978	
1.1	Seksyen 51 Membetulkan kerosakan	<ul style="list-style-type: none"> • Boleh digunakan untuk tindakan yang akan diambil terhadap pesalah yang dikenal pasti dengan pencemaran alam sekitar dalam ruang udara apabila sumber itu adalah satu kemudahan yang ditakrifkan oleh peraturan Udara Bersih
2.	Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Kumbahan) 2009	
2.1	Peraturan 12 Larangan terhadap pelepasan kumbahan melalui	<ul style="list-style-type: none"> • Boleh digunakan untuk tindakan yang akan diambil terhadap pesalah yang telah mencemarkan mana-mana tanah atau perairan pedalaman dengan pelepasan kumbahan
2.2	Peraturan 13 Tumpahan atau pelepasan tidak sengaja kumbahan	<ul style="list-style-type: none"> • Boleh digunakan untuk tindakan yang akan diambil terhadap pesalah yang telah mencemarkan mana-mana tanah atau perairan pedalaman dengan tumpahan atau pelepasan tidak sengaja kumbahan.
2.3	Peraturan 14 Larangan terhadap pelepasan kumbahan enap cemar	<ul style="list-style-type: none"> • Boleh digunakan untuk tindakan yang akan diambil terhadap pesalah yang

	ke dalam perairan pedalaman atau perairan Malaysia	telah mencemarkan tanah atau mana-mana permukaan tanah dengan enap cemar daripada sistem rawatan kumbahan
2.4	Peraturan 15 Sekatan ke atas pelupusan enap cemar ke atas tanah	<ul style="list-style-type: none"> • Boleh digunakan untuk tindakan yang akan diambil terhadap pesalah yang telah mencemarkan tanah atau mana-mana permukaan tanah dengan enap cemar daripada sistem rawatan kumbahan
3.	Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekitar (Kumbahan Industri) 2009	
3.1	Peraturan 18 Larangan terhadap kumbahan perindustrian atau kumbahan bercampur-campur yang dilepaskan melalui pintasan	<ul style="list-style-type: none"> • Boleh digunakan untuk tindakan yang akan diambil terhadap pesalah yang telah mencemarkan mana-mana tanah atau perairan pedalaman dengan pelepasan kumbahan dan kumbahan bercampur-campur
3.2	Peraturan 20 Tumpahan pelepasan tidak sengaja atau kebocoran kumbahan perindustrian atau kumbahan bercampur-campur	<ul style="list-style-type: none"> • Boleh digunakan untuk tindakan yang akan diambil terhadap pesalah yang telah mencemarkan mana-mana tanah atau perairan pedalaman dengan tumpahan atau pelepasan tidak sengaja kumbahan dan kumbahan bercampur-campur.
3.3	Peraturan 23 Sekatan terhadap pembuangan atau pelupusan enap cemar	<ul style="list-style-type: none"> • Boleh digunakan untuk tindakan yang akan diambil terhadap pesalah yang telah mencemarkan tanah atau mana-mana permukaan tanah, perairan pedalaman dan perairan Malaysia dengan enap cemar daripada pengeluaran atau proses pembuatan, mana-mana sistem rawatan kumbahan perindustrian atau loji rawatan air.
4.	Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekitar (Buangan Terjadual) 2005	
4.1	Peraturan 14 Tumpahan atau pelepasan tidak sengaja	<ul style="list-style-type: none"> • Boleh digunakan untuk tindakan yang akan diambil terhadap pesalah yang dikenal pasti dengan pencemaran alam sekitar dalam mana-mana ruang alam sekitar yang berkaitan dengan

		buangan terjadual.
5.	Perintah Kualiti Alam Sekitar (Perwakilan Kuasa Atas Kawalan Pencemaran Marin) 1993	
5.1	Perenggan 2 Perwakilan kuasa untuk menyasat kesalahan-kesalahan tertentu	<ul style="list-style-type: none"> • Kemungkinan pengembangan untuk menyediakan ruang untuk pembentangan bukti forensik melalui kuasa yang diwakilkan sekiranya terdapat tindakan undang-undang
6.	Perintah Kualiti Alam Sekitar (Perwakilan Kuasa) 1999	
6.1	Perenggan 2 Perwakilan Kuasa di bawah Seksyen 31 dan 37 Akta itu	<ul style="list-style-type: none"> • Kemungkinan pengembangan untuk menyediakan ruang untuk pembentangan bukti forensik melalui kuasa yang diwakilkan sekiranya terdapat tindakan undang-undang
7.	Perintah Kualiti Alam Sekitar (Perwakilan Kuasa) (Penyasatan Pembakaran Terbuka) 2000	
7.1	Perenggan 2 Perwakilan Kuasa	<ul style="list-style-type: none"> • Kemungkinan pengembangan untuk menyediakan ruang untuk pembentangan bukti forensik melalui kuasa yang diwakilkan sekiranya terdapat tindakan undang-undang
8.	Perintah Kualiti Alam Sekitar (Perwakilan Kuasa) (Perbadanan Putrajaya) 2002	
8.1	Perenggan 2 dan 3 Perwakilan Kuasa	<ul style="list-style-type: none"> • Kemungkinan pengembangan untuk menyediakan ruang untuk pembentangan bukti forensik melalui kuasa yang diwakilkan sekiranya terdapat tindakan undang-undang
9.	Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekitar (Kawalan Pencemaran daripada Stesen Pemindahan Sisa Pepejal dan Tapak Pelupusan) 2009	
9.1	Peraturan 17 Larangan terhadap pembuangan atau pelepasan bahan larut lesap melalui pintasan	<ul style="list-style-type: none"> • Boleh digunakan untuk tindakan yang akan diambil terhadap pesalah yang telah mencemarkan tanah atau perairan pedalaman dan perairan Malaysia dengan bahan larut lesap dari stesen pemindahan sisa pepejal

		atau tapak pelupusan
9.2	Peraturan 19 Tumpahan, pelepasan tidak sengaja atau kebocoran bahan larut lesap	<ul style="list-style-type: none">• Boleh digunakan untuk tindakan yang akan diambil terhadap pesalah yang telah mencemarkan tanah atau perairan pedalaman dan perairan Malaysia dengan bahan larut lesap yang tertumpah, sengaja dilepaskan atau bocor daripada stesen pemindahan sisa pepejal atau tapak pelupusan.

BAB 7

KAJIAN KES FORENSIK ALAM SEKITAR

Kajian kes yang ditampilkan di dalam bab ini direka untuk menyediakan langkah-langkah yang boleh diambil dalam menjalankan penyiasatan forensik alam sekitar daripada kes-kes yang berkaitan dengan pelepasan atmosfera, pencemaran tanah dan pencemaran air.

KAJIAN KES 1 : KAJIAN KES SISA BERBAHAYA/BAHAN BERBAHAYA DI LUPUS SECARA HARAM DI TAPAK PELUPUSAN SISA PEPEJAL

STRATEGI PENYIASATAN:

- ✓ Tentukan jenis pencemaran sisa berbahaya yang berlaku
- ✓ Tentukan sumber pencemaran, temubual saksi, pekerja ditapak dan bekas pekerja, dapatkan data pemetaan udara sejarah lokasi kawasan tapak pelupusan sisa pepejal daripada universiti, pihak berkuasa yang mempunyai kepakaran dalam pemetaan, jabatan kerajaan dan universiti yang mempunyai kepakaran.
- ✓ Tentukan skala pencemaran dan risiko kesihatan, serta kerosakan kepada alam sekitar ambien (tumbuhan, tanah, haiwan liar dan sumber air)
- ✓ Rancang pelan persampelan dengan objektif untuk mengurangkan risiko bahaya kesihatan kepada pegawai penyiasat dilapangan. Persampelan hendaklah sekurang – kurangnya mendapatkan satu sampel latar belakang, satu sampel punca dan satu sampel komponen alam sekitar yang menerima impaknya (terjejas).

AMARAN : Pencemaran sisa berbahaya memerlukan langkah berjaga – jaga yang khusus .

Sebelum persampelan dilapangan dilaksanakan di tapak kejadian pegawai – pegawai yang dipilih untuk menyertai pasukan siasatan hendaklah terdiri dari mereka yang telah dilatih dalam persampelan dan dilengkapi dengan peralatan pengesanan bahan berbahaya dan pasukan yang dibentuk mestilah mencukupi.

Kes 1 : Aduan mengenai pelupusan sisa berbahaya dilakukan dilokasi yang telah dikenalpasti iaitu tapak pelupusan sisa pepejal sanitari. Dimana risiko terhadap pencemaran air permukaan (alur air, sungai, kolam dan tasik) adalah minima dan risiko terhadap air tanah adalah minima, dengan andaian tapak pelupusan sanitari mempunyai sistem kawalan pencemaran yang baik diandaikan.

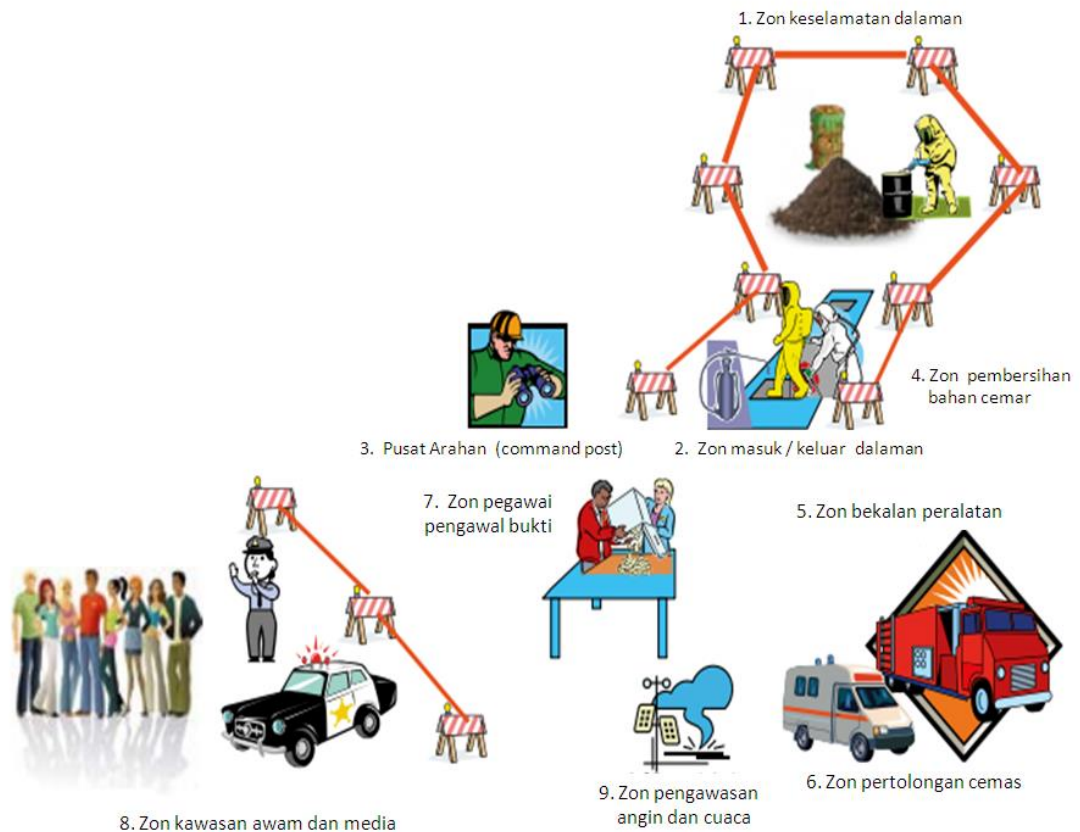
Kes 2: Aduan mengenai pelupusan sisa bahan berbahaya dilakukan dilokasi yang tidak dibenarkan. Dalam kes ini risiko terhadap pencemaran air permukaan adalah suatu risiko yang tinggi diandaikan.

Kes 3: Aduan mengenai pelupusan sisa berbahaya dilakukan dilokasi yang tidak dibenarkan. Dalam kes ini risiko terhadap pencemaran air permukaan dan air tanah adalah pada tahap yang tinggi diandaikan.

Bagi semua kes :

1. Hubungi pasukan HAZMAT. Sekiranya ia memerlukan pengetahuan yang khusus bagi menangani bahan berbahaya yang sangat kompleks, maka pakar – pakar dari institusi dalam negara atau luar negara diperlukan.
2. Membuat kawalan terhadap keselamatan lokasi kejadian. Ini termasuklah mengambil semua langkah keselamatan untuk melindungi bukti dan menghindarkan kemasukan orang awam atau binatang ke lokasi kejadian.

Rajah di bawah menunjukkan kriteria minimum yang perlu dilaksanakan oleh Pasukan Forensik Alam Sekitar JAS bagi melaksanakan persampelan di lokasi kejadian



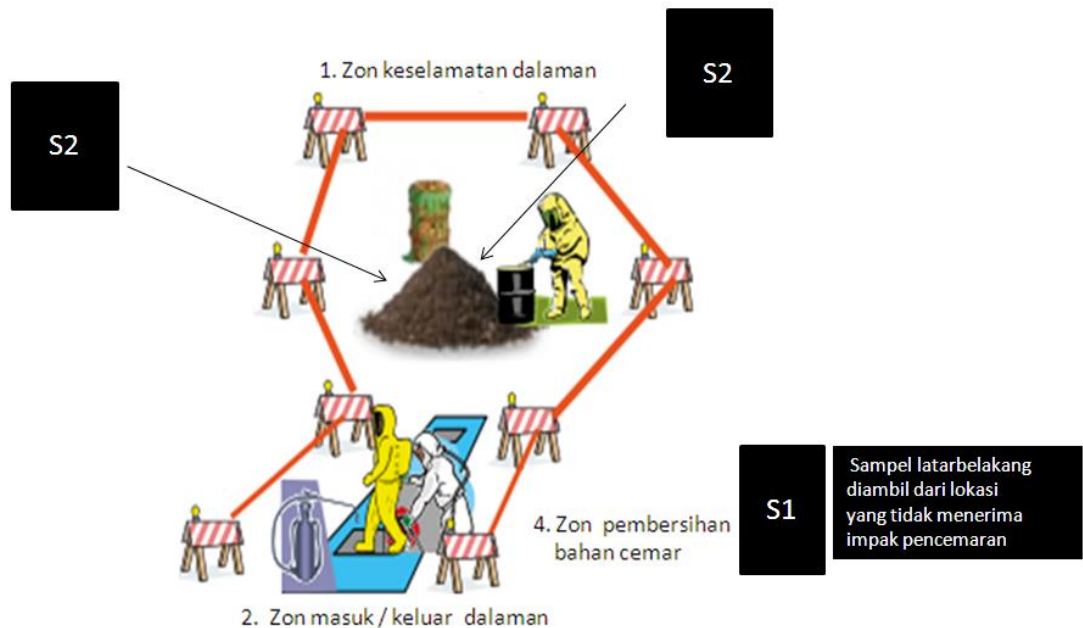
- i. Kawal lokasi kejadian dengan palang atau pita amaran
- ii. Sediakan lokasi selamat untuk keluar dan masuk ke tapak kejadian
- iii. Sediakan pos kawalan atau pusat arahan. (Bergantung kepada skala atau saiz tapak, ia juga boleh diwakili dengan sebuah kenderaan yang dilengkapi peralatan komunikasi dan lain – lain).
- iv. Sediakan zon pembersihan bahan cemar.
- v. Sediakan zon pembekalan peralatan.

- vi. Sediakan zon pertolongan cemas.
 - vii. Sediakan zon bagi kawalan bahan bukti.
 - viii. Sediakan zon media dan awam.
 - ix. Sediakan zon atau stesen pemantauan angin dan cuaca.
3. Sediakan pelan dan prosedur persampelan yang boleh mewakili pembuktian, dan ia hendaklah mengambilkira kepada keadaan tapak dan jenis sisa.

Penyiasatan Kes 1 : Aduan mengenai pelupusan sisa berbahaya dilakukan dilokasi yang telah dikenalpasti iaitu tapak pelupusan sisa pepejal sanitari. Dimana risiko terhadap pencemaran air permukaan (alur air, sungai, kolam dan tasik) adalah minima dan risiko terhadap air tanah adalah minima, dengan andaian tapak pelupusan sanitari mempunyai sistem kawalan pencemaran yang baik.

Selepas langkah – langkah keselamatan diambil :

- a. Rekodkan semua perkara yang relevan tentang sisa dan jenis sisa yang ingin disiasat dilapangan.
- b. Kenalpasti jenis peralatan persampelan dan jenis botol sampel yang diperlukan.
- c. Arahkan pegawai yang melakukan persampelan tentang bagaimana cara persampelan akan dibuat dan dimana persampelan perlu dibuat.
- d. Kutip sampel – sampel. Berhubung dengan pihak makmal tentang prosedur khusus yang diperlukan tentang penjagaan sampel.
 - S1 – Ambil sampel latar belakang dari kawasan yang tidak tercemar. Sekiranya boleh, dapatkan dahulu sampel latar belakang untuk mengelak silang pencemaran sampel.
 - S2 – Ambil sampel secara komposit bagi setiap sampel sisa bahan berbahaya.
 - ❖ Sebaiknya gunakan “Barrel Thief” bagi cecair didalam tong atau tangki.
 - ❖ Sebaiknya gunakan penyedok jenis logam (steel scoops) bagi sampel pepejal atau separa logam



Penyiasatan Kes 2 : Aduan mengenai pelupusan sisa bahan berbahaya dilakukan dilokasi yang tidak dibenarkan. Dalam kes ini diandaikan risiko terhadap pencemaran air permukaan adalah suatu risiko yang tinggi.

- Rekodkan semua perkara yang relevan dengan sisa dan jenis sisa.
- Kenalpasti jenis peralatan persampelan dan jenis botol sampel yang diperlukan.
- Arahkan pegawai yang melakukan persampelan bahan berbahaya tentang bagaimana cara persampelan akan dibuat dan dimana persampelan perlu dibuat.
- Kutip sampel – sampel. Berhubung dengan pihak makmal tentang prosedur khusus yang diperlukan tentang penjagaan sampel.

S1 – Ambil sampel latar belakang dari kawasan yang tidak tercemar. Sekiranya boleh, dapatkan dahulu sampel latar belakang untuk mengelakkan silang pencemaran sampel.

S2 – Ambil sampel secara komposit bagi setiap sampel sisa bahan berbahaya.

❖ Sebaiknya gunakan “Barrel Thief” bagi cecair didalam tong.

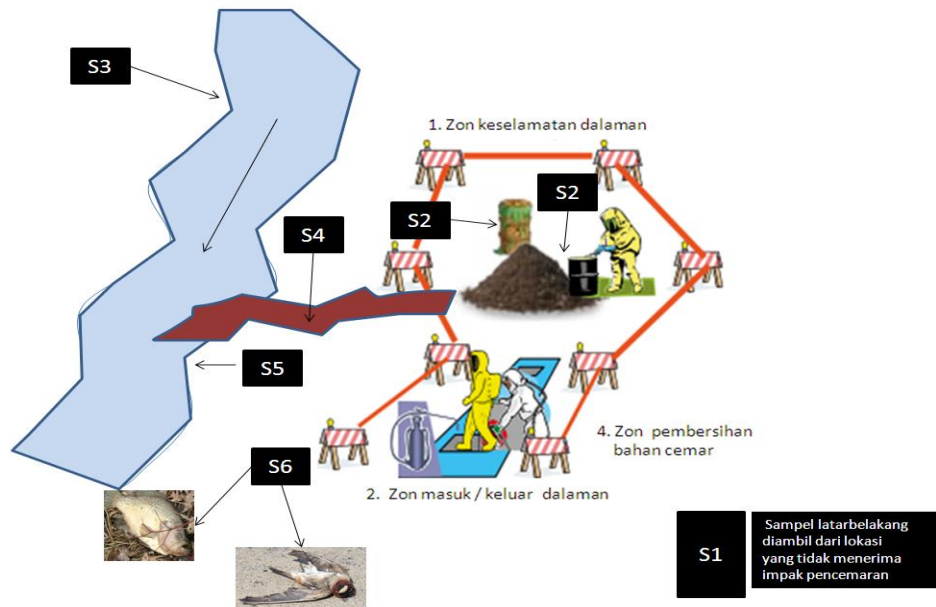
❖ Sebaiknya gunakan penyedok jenis logam (steel scoops) bagi sampel pepejal atau separa logam

S3 – Ambil Sampel air sungai secara komposit di lokasi hulu sungai. Sampel ini hendaklah diambil lebih awal dari sampel air yang lain untuk mengelakkan silang pencemaran sampel.

S4 - Ambil sampel air secara komposit yang terletak dilokasi dimana ianya belum memasuki sungai.

S5 – Ambil sampel air sungai secara komposit yang terletak didalam sungai setelah bahan cemar memasuki sungai.

S6 – Ambil gambar – gambar yang menunjukkan ikan yang mati atau binatang yang terjejas mungkin disebabkan oleh sisa berbahaya tersebut.



Penyiasatan Kes 3 : Aduan mengenai pelupusan sisa berbahaya dilakukan dilokasi yang tidak dibenarkan. Dalam kes ini risiko terhadap pencemaran air permukaan dan air tanah adalah pada tahap yang tinggi diandaikan.

- Rekodkan semua perkara yang relevan dengan sisa dan jenis sisa.
- Kenalpasti jenis peralatan persampelan dan jenis botol sampel yang diperlukan.
- Arahkan pegawai yang melakukan persampelan bahan berbahaya tentang bagaimana cara persampelan akan dibuat dan dimana persampelan perlu dibuat.
- Kutip sampel – sampel. Berhubung dengan pihak makmal tentang prosedur khusus yang diperlukan tentang penjagaan sampel.

S1 – Ambil sampel latar belakang iaitu tanah dari kawasan yang tidak tercemar. Sekiranya boleh, dapatkan dahulu sampel latar belakang untuk mengelak silang pencemaran sampel.

S2 – Ambil sampel secara komposit bagi setiap sampel sisa bahan berbahaya.

- ❖ Sebaiknya gunakan “Barrel Thief” bagi cecair didalam tong.
- ❖ Sebaiknya gunakan penyedok jenis logam (steel scoops) bagi sampel pepejal atau separa logam

S3 – Ambil sampel air sungai secara komposit di lokasi hulu sungai untuk tujuan analisa kimia dan bioesei ikan. Sampel ini hendaklah diambil lebih awal dari sampel air yang lain untuk mengelakan silang pencemaran sampel.

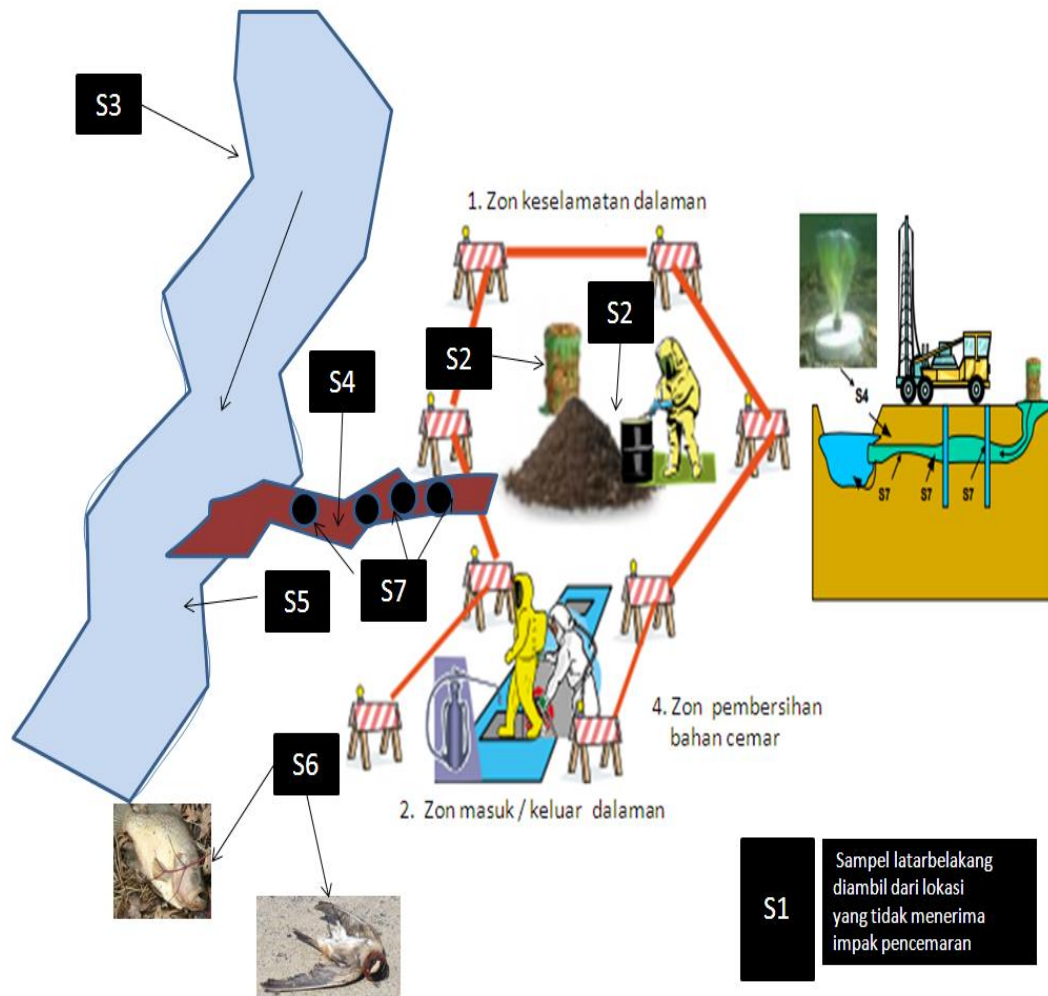
S4 - Ambil sampel air tanah (groundwater) secara komposit yang terletak dilokasi dimana ianya belum memasuki sungai, penggunaan alat *seepage meter* atau *piezometer* boleh

digunakan.

S5 – Ambil sampel air sungai secara komposit yang terletak didalam sungai setelah bahan cemar memasuki sungai (sampel ikan juga perlu diambil sekiranya ada).

S6 – Ambil gambar – gambar yang menunjukkan ikan yang mati atau terjejas yang mungkin di sebabkan oleh sisa berbahaya tersebut

S7 – Ambil sampel tanah dan air tanah dengan menggunakan ‘drill rig’ untuk mewujudkan bahagian bagi sisa bahan berbahaya didalam air permukaan dan air tanah.



Untuk Semua Kes Di Atas (Kes 1, Kes 2 dan Kes 3) :

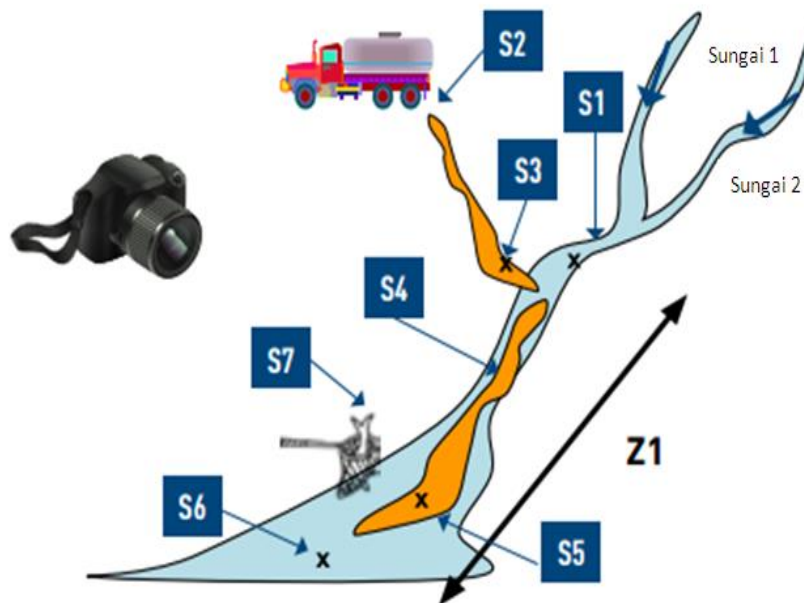
4. Hantar sampel bagi analisis spesifik dimana bagi komposisi yang diketahui. Sekiranya komposisi sisa tidak diketahui hantar sampel untuk proses imbasan (scan) bagi penentuan sama ada bahan organik atau logam berat.

5. Hantar sampel bagi jenis sisa cecair, air tanah tercemar dan air permukaan (sungai, tasik, alur air dan kolam) untuk ujian bioesei ikan.
6. Ambil gambar lokasi kejadian dan sebarang bukti didalam kontena, tangki atau drum yang boleh membantu mengenalpasti punca sisa bagi pemunya terkini atau yang lepas (sekiranya ada).
7. Tandakan kordinat GPS dan gambar - gambar kes dan lokasi kritikal sampel daripada empat arah kompas dan gambar udara (aerial view) sekiranya boleh.
8. Kutip dan kumpulkan semua bukti dokumen dan kertas yang mungkin telah ditinggalkan di lokasi kejadian yang mungkin boleh membantu mengenalpasti isi kandungan sisa dan pemunya sisa berbahaya tersebut.
9. Tentukan kos pemulihan, untuk pesalah dan keluarkan arahan bagi pemulihan tapak.
10. Tentukan tanggungjawab secara perundangan caj dan penalti yang terlibat.
11. Temubual orang yang bertanggungjawab dan kesemua saksi.
12. Sediakan laporan dan hantar untuk pendakwaan.

KAJIAN KES 2 : PELEPASAN KUMBAHAN SECARA HARAM MELALUI PEMBUANGAN TERUS OLEH LORI TANGKI SEPTIK KE ATAS TANAH DAN SETERUSNYA MENGALIR KE SUNGAI

STRATEGI PENYIASATAN :

- ✓ Uji parameter – parameter berikut iaitu pH, kelarutan oksigen, konduktiviti, bau, kekeruhan, nitrat, fosfat, koliform, logam berat dan BOD₅.
- ✓ Sekiranya boleh, untuk mengurangkan silang pencemaran terhadap sampel – sampel yang akan diambil, persampelan hendaklah dijalankan dari tahap yang kurang tercemar kepada tahap yang sangat tercemar. Sampel adalah diambil mengikut turutan S1, S6, S5, S4, S3, S2 dan S7.



S1 - Ambil dan uji sampel di lokasi hulu.

S6- Ambil dan uji sampel di lokasi paling jauh di hilir sehingga analisis dilapangan menggambarkan S1 sebagai latar belakang sampel.

S5 - Ambil dan uji sampel sedikit jauh di hilir.

S4 - Ambil dan uji sampel dimana bahan pencemar disyaki bercampur di hilir.

S3 - Ambil dan uji sampel dilokasi yang disyaki pelepasan ke sungai berlaku.

S2 - Ambil dan uji sampel dilokasi yang disyaki punca pelepasan berlaku.

S7 – Ambil sampel ikan mati, tumbuhan atau binatang lain yang mati dan terjejas berserta gambar.

Z1 – Ukur jarak zon impak.

3. Tandakan kordinat GPS dan gambar semua sampel di tapak sekurang – kurangnya dari 4 arah dan pelbagai arah ketinggian.
4. Sediakan salinan bagi semua rekod – rekod yang ditemui.
5. Temubual kepada orang yang disyaki dan saksi – saksi.
6. Sediakan laporan dan hantar kepada pihak pendakwaan.

Isi kandungan laporan penyiasatan hendaklah meliputi perkara berikut.

1. Nama, tajuk, dan alamat penyiasat.
2. Pengenalan ringkas mengenai kes
3. Maklumat mengenai tapak : Penerangan berkaitan siapa, apa, bila, dimana, dan bagaimana. Pemerhatian terperinci di tapak, bunyi, bau, bukti, tanda - tanda serta semua yang penting dalam siasatan.
4. Bukti – bukti kesalahan.
 - 4.1 Adakah pihak yang bertanggungjawab dikenalpasti, sekiranya ada sediakan maklumat lengkap.
 - 4.2 Suhu yang direkod pada sampel – sampel yang diambil.
 - 4.3 Data biologi dan kimia di dalam bentuk jadual atau graf dan gambarajah. Gambarfoto di tapak hendaklah diambil daripada empat arah dan ketinggian yang berbeza.
 - 4.4 Gambar ikan mati, hidupan akuatik dan haiwan lain dan tumbuhan.
 - 4.5 Dokumen penghantaran syarikat yang terlibat, proses effluen, data rekod pelupusan.
 - 4.6 Kenyataan daripada pekerja loji dan saksi – saksi.
5. Keterangan saksi – saksi, seperti jurutera, ahli kimia, ahli biologi, yang terlibat dalam menjalankan analisis terhadap bahan bukti dan anggaran kerosakan alam sekitar yang berlaku dan kos pemulihan (sekiranya diketahui).
6. Senarai saksi – saksi.

7. Salinan dokumen – dokumen seperti surat perjanjian, rekod penghantaran, orang yang boleh dihubungi dan laporan makmal.
8. Salinan perundangan seperti akta, peraturan dan lesen.
9. Maklumat pendakwaan yang dicadangkan .

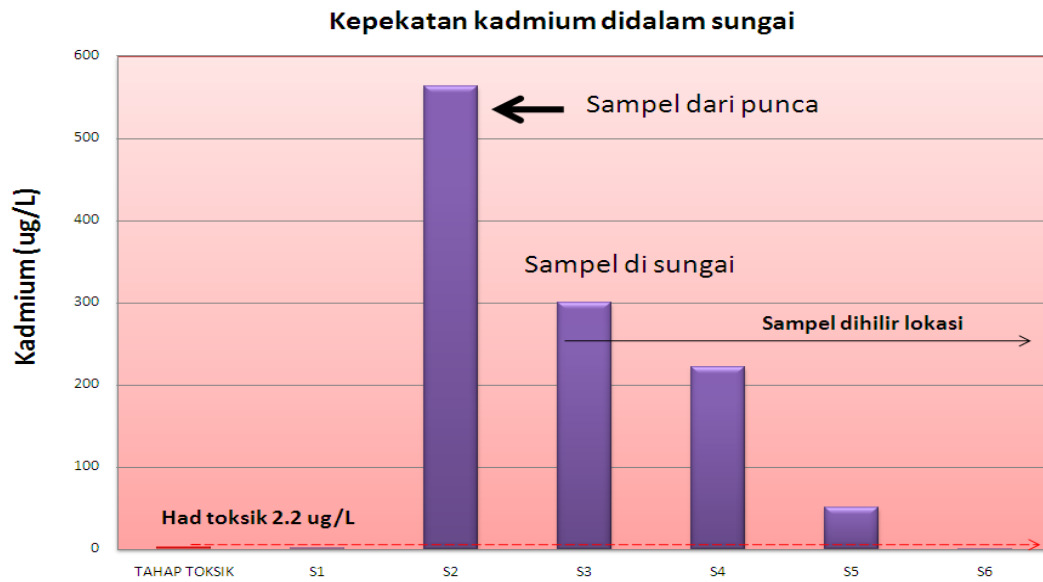
Data secara analitikal hendaklah dibentangkan dengan cara yang boleh difahami.

1. Penomboran sampel (sebagai contoh daripada hulu ke hilir). Ini untuk membolehkan data secara analitikal ditunjukkan didalam graf dan jadual.
2. Data makmal yang asli hendaklah dikekalkan sebagai perkara penting yang difailkan.
3. Data kimia hendaklah ditunjukkan sebagai angka di dalam unit toksiknya. Sebagai contoh tapak S1 hingga S6 mengandungi kadmium di dalam sampel air, kebiasaanya makmal akan mengeluarkan laporan nilai didalam mg/L atau *parts per million* dan data tersebut boleh dibentangkan didalam laporan seperti berikut.

Tapak	Tahap toksik	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Kadmium (terlarut) mg/L	0.0022	0.001	0.563	0.300	0.221	0.050	0.0004

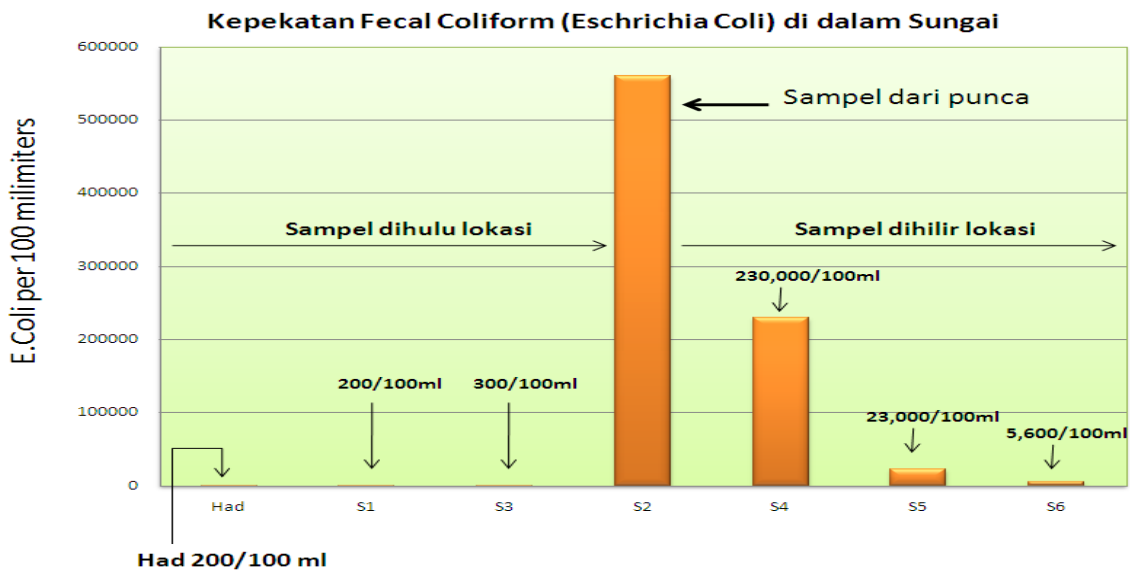
4. Kadmium bersifat toksik akut dan sangat sensitif kepada ikan pada kepekatan 2.2 mikrogram/liter (μ/l) atau *parts per billion*. Oleh itu laporan makmal boleh diubah kepada mg/L kepada μ/l untuk menjadikan keseluruhan angka adalah lebih mudah untuk difahami oleh mereka yang bukan dari kalangan orang teknikal.

Tapak	Tahap Toksik	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Kadmium (terlarut) mg/L	2.2	1.0	563	300	221	50	0.4



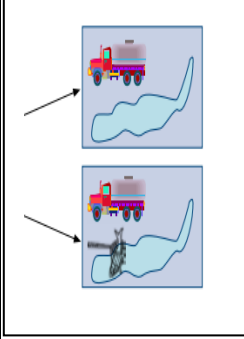
5. Sekiranya pelepasan kumbahan menjadi isu, keputusan analisa biasanya akan memberikan bilangan *organism per 100 mililitre* atau *count per 100 mililitre*. Sementara itu jadual akan disediakan secara langsung oleh keputusan analisa makmal, penukaranya dalam format graf dengan beberapa penerangan akan membantu mengilustrasikan susunan mangnitud impak dengan format yang lebih jelas.

Tapak	Kegunaan Awam	Hulu		Lokasi punca S2	Hilir		
		S1	S3		S4	S5	S6
Had org/100 mL	385	200	300	560,000	230,000	23,000	5,600

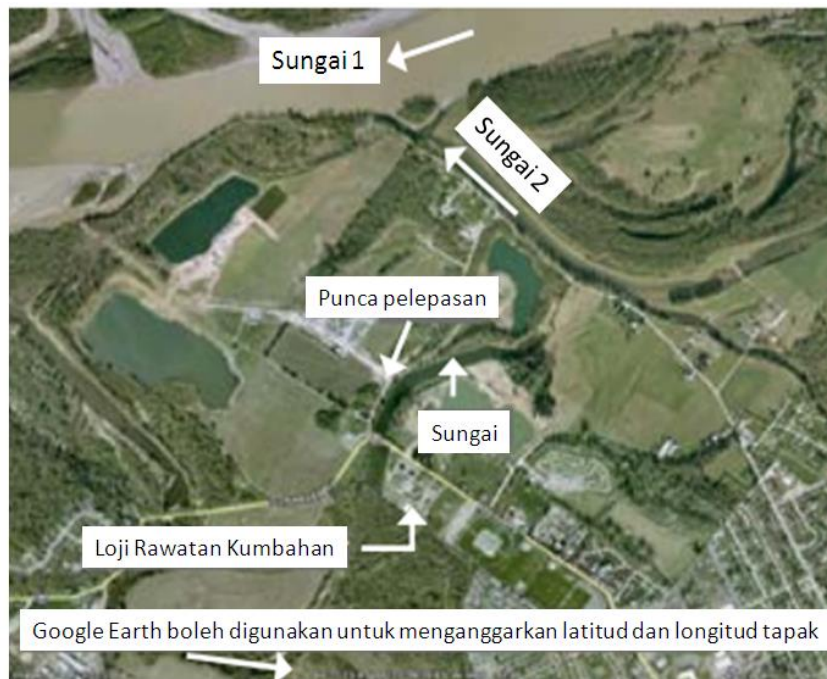


6. Fotografi juga harus digunakan untuk menerangkan dan mengilustrasikan kes.

Tarikh (hari/bulan/tahun)	Jurugambar	Gambar #	Isu signifikan didalam gambar
04/11/2011	Penyiasat 1	001	Gambar menunjukan lori tangki berhampiran sungai
04/11/2011	Penyiasat 2	002	Gambar menunjukan ikan mati di dalam sungai yang telah dikutip



7. Inventori kesemua gambar dan penerangan mengenai gambar tersebut hendaklah difailkan didalam dokumen.
8. Bermula dengan gambaran besar kepada gambaran kecil kepada konteks kes yang disiasat. Gambar hendaklah meliputi rujukan yang menyambungkan satu gambar kepada gambar yang berikutnya.
9. Gambar udara (*aerial photography*) yang mengilustrasikan kes yang disiasat boleh digunakan. Dalam hal ini perisian seperti GIS seperti “Google Earth” boleh dimanfaatkan.

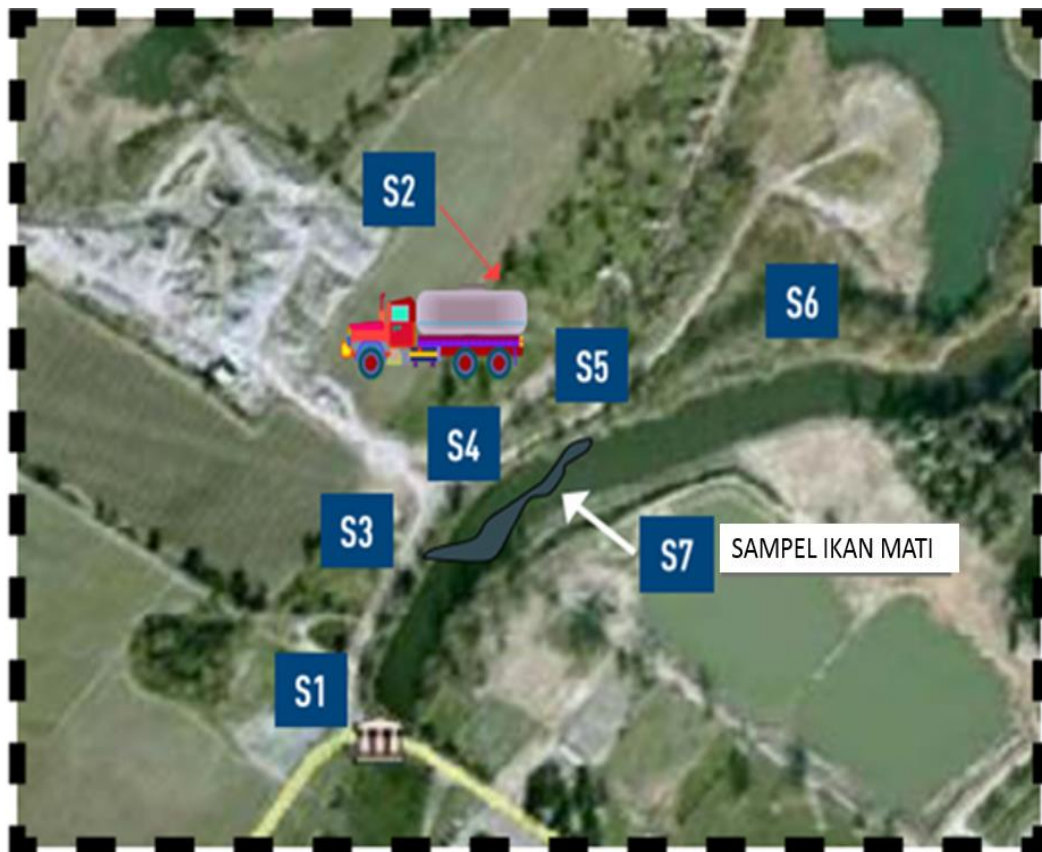


10. Perisian *Google Earth* membantu menyediakan pandangan atas dimana kejadian jenayah alam sekitar berlaku dan ia membantu menerangkan kes siasatan dengan baik. Dalam kes

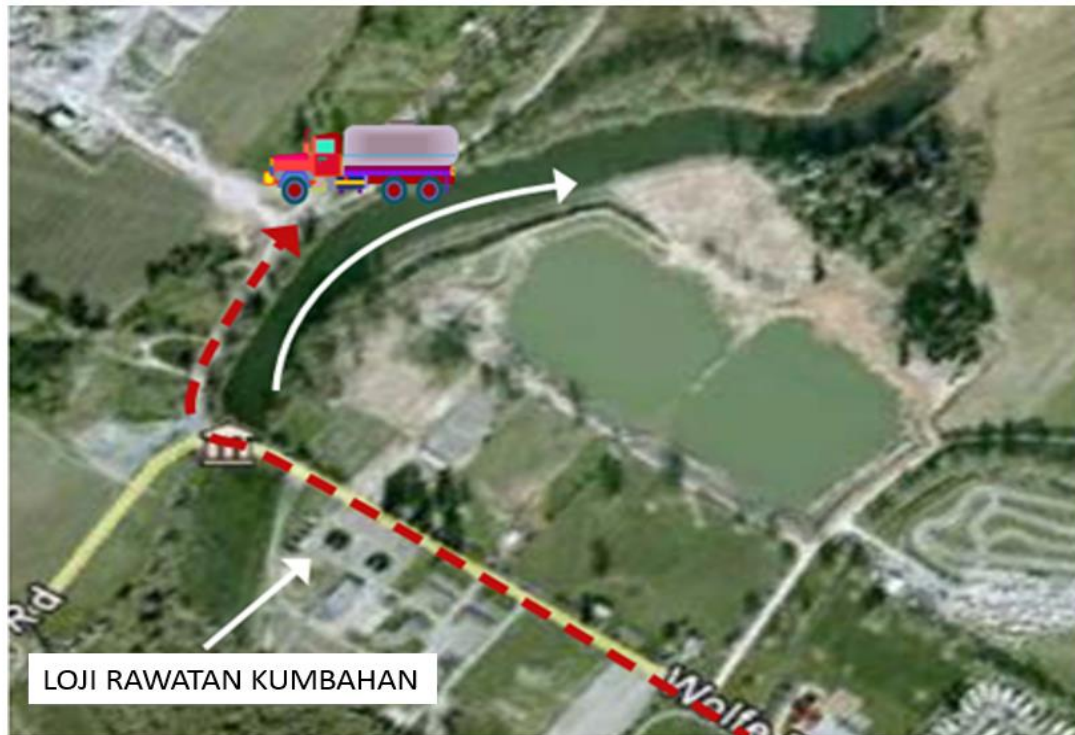
ini lori tangki septik telah melakukan pelepasan kumbahan terus kedalam sungai tanpa melalui loji rawatan kumbahan.



11. *Google Earth* membantu menyediakan ukuran jarak menggunakan fungsi “Tools” dan fungsi “Ruler”.



12. Zoomkan ke dalam lokasi tapak kejadian dan beberapa petunjuk boleh dimasukkan kedalam gambar untuk menunjukkan lokasi persampelan dan punca serta bukti kes.



13. Kes ini boleh diperincikan untuk mengukuhkan bukti kes, tangki septik telah melakukan pelepasan secara haram ke dalam sungai tanpa melalui loji rawatan kumbahan bagi mengurangkan kos rawatan yang tinggi.
14. Dokumentasi bukti harus digunakan untuk menerangkan dan mengilustrasikan kes.
15. Suatu inventori dokumen – dokumen dan apa yang signifikan mengenainya harus di failkan.

Tarikh	Penyiasat yang menjalankan siasatan	Dokumen	Isu yang signifikan di dalam dokumen
04/11/2011	Penyiasat 1	001	Buku log lori tangki septik X mengandungi lokasi pengutipan kumbahan.
04/11/2011	Penyiasat 2	010	Resit inventori loji rawatan kumbahan, menunjukkan nombor dan tarikh pelupusan kumbahan daripada lori tangki septik X

16. Keterangan bukti mesti diterangkan dan menggambarkan kes yang disiasat.
17. Inventori semua keterangan dan apa yang signifikan mengenainya harus didokumenkan didalam fail.

Tarikh	Penyiasat yang mengambil keterangan	Dokumen	Isu yang signifikan di dalam dokumen
04/11/2011	Penyiasat 1	001	Keterangan dari lori tangki X menyatakan pengurus syarikat menyuruhnya untuk membuang kumbahan ke dalam sungai.
04/11/2011	Penyiasat 2	010	Keterangan daripada operator loji yang menyatakan ia melihat lori tangki X membuat pelepasan terus ke sungai.

KAJIAN KES 3 : PENYIASATAN UNTUK MENGENALPASTI PUNCA PELEPASAN BAU YANG MENGANGGU PENDUDUK

Dalam penyiasatan ini, aduan diterima daripada penduduk dari satu kawasan perumahan yang terletak dikawasan berdekatan dengan lalu lintas yang sibuk (trafik) dan berdekatan dengan sebuah kilang yang melepaskan asap melalui cerobongnya. Aduan daripada penduduk menyatakan terdapat pelepasan bau kekawasan kediaman mereka. Pasukan Penyiasatan Forensik Alam Sekitar JAS telah ditugaskan untuk menentukan jika bau tersebut datangnya dari kilang atau hasil daripada pelepasan dari asap kenderaan dari kawasan lalulintas.

STRATEGI PENYIASATAN

1. Mengambil gambar udara atau imej penderiaan jauh (remote sensing image) untuk mengenalpasti sebaran pelepasan asap dari kilang dan pelepasan - pelepasan pencemaran yang lain di persekitaran untuk membantu dalam pembangunan pelan persampelan, dan juga mengenal pasti titik penumpuan kes yang diadu.
2. Bangunkan pelan keseluruhan yang merangkumi jenis bahan pencemar yang mungkin, pesalah yang mungkin, pelan persampelan, pelan pencapjarian dan komposisi pasukan siasatan.
3. Pelan persampelan perlu mengambil kira variasi atau kepelbagaian berikut:
 - a. Masa persampelan ambient bersiri: (1) ketiadaan trafik yang berat yang mungkin pada waktu malam atau subuh, (2) waktu puncak trafik yang berat, (3) di antara kedua-dua puncak masa, manakala kedudukan persampelan ambien hendaklah sama sepanjang persampelan.
 - b. Masa persampelan pelepasan cerobong bersiri: (1) pada tempoh pelepasan yang rendah, (2) tempoh pelepasan tinggi, (3) Tiada apa-apa pelepasan
 - c. Persampelan serentak pada kedua-dua sumber pelepasan berlaku juga perlu dijalankan.
 - d. Menggunakan bekas persampelan sesuai atau bahan penyerap untuk mengumpul sampel gas.
 - e. Adalah sangat penting untuk mengesan masa sampel, sama ada persampelan adalah 'berterusan dari masa ke masa yang tertentu' atau 'sekali jalan' (one-off).
 - f. Mengikut prosedur rantai-jagaan (COC) dengan ketat.
4. Daripada lima teknik forensik pencapjarian (fingerprinting) seperti yang diterangkan dalam Bab 3, kaedah yang paling relevan dengan kes ini adalah kaedah pencapjarian kimia. Pelbagai kaedah pengukuran analisa ditapak dan analisis secara instrumental boleh digabungkan dan dipadankan untuk mewujudkan suatu sampel pencapjarian di lokasi siasatan.
5. Penganalisan di lapangan

- a. Gunakan peralatan mudah alih untuk mengesan kehadiran komponen organik dan bukan organik yang boleh dikesan dengan peralatan yang khusus.

6. Analisis sampel

- a. Hantar sampel untuk pemprofilan menggunakan alat GC-MS untuk bahan cemar organik atau alat *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (ICP) untuk elemen, atau alat *Scanning electron microscopy with energy dispersive X-ray* (SEM-EDAX) jika sampel dalam bentuk serbuk pepejal untuk maklumat lanjut mengenai pemilihan kaedah analisis rujuk Bab 4.

7. Penyemakan dan pembersihan data (*Data Treatment*)

- a. Bandingkan data profil atau sampel analisis untuk melihat perbezaan dan persamaan.
- b. Jika sampel mempunyai kesamaan profil disebabkan oleh kehadiran komponen utama yang serupa, lakukan rawatan data selanjutnya.
- c. Gunakan perisian instrumen untuk melakukan pemisahan komponen yang mempunyai kesamaan atau latar belakang dan kenalpasti perbezaan – perbezaan kecil yang wujud.
- d. Tentukan sama ada mana-mana komponen adalah kandungan berbahaya dan sahkan sumber dengan menjalankan satu lagi persampelan jika perlu.

8. Tafsiran data dan analisa hubungan

Buat analisis hubungan di mana perbandingan dibuat antara set data dari pelepasan cerobong dan dari sampel persekitaran, dianalisis secara terperinci untuk mewujudkan persamaan, perbezaan, dan komponen kecil dengan ciri-ciri berbahaya termasuk bahan pelepasan berbahaya. Analisis hubungan juga perlu mengkaji siri masa peristiwa, contohnya lalu lintas yang padat dan kurang padat serta profil mengenai udara di persekitaran.

9. Kumpulkan semua bukti dan diteliti untuk menghasilkan satu Laporan Forensik Alam Sekitar di mana ciri-ciri dan corak pelepasan akan dipetakan dengan pengesanan pelepasan bau di udara yang dikenalpasti disekitar kediaman penduduk.

KAJIAN KES 4 : PENYIASATAN UNTUK MENGENAL PASTI PUNCA BAU SENGIT YANG TERBEBAS KE KAWASAN SEKITAR BELUKAR SELEPAS HUJAN LEBAT AKIBAT PEMBUANGAN HARAM SISA BUANGAN TERJADUAL

Dalam penyiasatan ini, aduan telah diterima daripada penghuni yang tinggal berhampiran tanah belukar yang tidak digunakan di mana bau sengit tersebut telah terbebas ke kawasan penduduk yang dikenalpasti dari belukar tersebut berikutan hujan lebat yang telah turun. Pasukan Penyiasatan Forensik Alam Sekitar JAS ditugaskan untuk mengesan punca bau sengit itu.

STRATEGI PENYIASATAN

1. Menghantar pasukan forensik alam sekitar dengan kelengkapan keselamatan (PPE) yang sesuai untuk melakukan siasatan di lapangan. Menggunakan peralatan pengukuran *insitu* seperti alat pengesan kompaun organik meruap VOC (*volatile organic compounds*) mudah alih atau alat pengesan XRF (X-ray fluorescence).
2. Pasukan penyiasat yang tiba awal dilapangan perlulah dilengkapi dengan peralatan keselamatan seperti alat pemadam api mudah alih, ini adalah sebagai langkah berjaga – jaga untuk mengelakan dan menghindari bahaya kebakaran sekiranya sumber bahan pencemar itu adalah bersifat mudah terbakar.
3. Pengukuran sampel di lapangan harus bermula dari lokasi di mana yang dinyatakan oleh pengadu dan penjejakan dilakukan sehingga ke puncanya. Koordinat GPS hendaklah direkodkan di setiap lokasi di mana pengukuran sampel dilapangan diambil.
4. Apabila punca telah dikenalpasti, sebagai contoh ia adalah berpunca dari tong – tong buangan terjadual yang dilupuskan secara haram, sampel buangan akan dikumpulkan manakalasampel tanah yang juga telah dikenalpasti tercemar melalui pandangan visual di dalam kawasan kejadian turut juga diambil. Sampel tanah yang perlu diambil juga hendaklah termasuk sampel tanah yang terletak jauh dari kawasan yang telah dicemari dan ia dijadikan sebagai sampel latarbelakang. Walaubagaimanapun sampel tanah yang diambil hendaklah mempunyai struktur yang sama dengan struktur sampel tanah yang telah dicemari. Dalam hal ini prosedur COC hendaklah diikuti dengan baik.
5. Analisis pepejal (sisa dan tanah) dan sampel udara persekitaran.

- a. Analisis saringan perlu dilakukan secepat mungkin untuk menentukan komposisi proksimat dan unsur sampel sisa menggunakan SEM-EDAX dan dipadankan dengan pangkalan data buangan terjadual untuk menentukan kod sisa permulaan (dengan anggapan bahawa JAS telah mempunyai satu pangkalan data yang komprehensif bagi semua buangan terjadual dalam negara).
- b. Hantar sampel untuk pemprofilan terperinci menggunakan GC-MS untuk bahan pencemar organik atau ICP untuk unsur-unsur (rujuk kepada Bab 3 untuk maklumat lanjut mengenai pemilihan kaedah analisis).
- c. Semua sampel tanah yang diambil di sekitar kawasan tapak pelupusan haram perlu dianalisis untuk menentukan tahap pencemaran tanah, maklumat mengenai tahap pencemaran tanah amat penting untuk menentukan sejauh mana tindakan pemulihan perlu dilakukan.
- d. Sampel- sampel udara persekitaran yang dikutip di tapak harus diprofilkan untuk mengenal pasti komponen-komponen yang mungkin telah membawa kepada pelepasan bau sengit tersebut.
- e. Sampel sisa dan sampel tanah juga perlu dianalisis untuk menguji apabila pelepasan gas berlaku dan gas tersebut terdedah kepada air atau air berasid (titisan awal hujan) dan seterusnya tindakbalas terhadap tanah. Pelepasan dari sampel yang tekenal air perlu dipadankan dengan profil pelepasan yang dikutip dari tapak jenayah alam sekitar.
- f. Oleh kerana pencapjarian kimia akan menjadi pendekatan yang paling penting dalam kes ini untuk mengenal pasti siapakah yang menghasilkan sisa maka nilai – nilai seperti nisbah unsur dan nisbah isotop (percetakan pencapjarian) adalah diperlukan.

6. Penyemakan dan Pembersihan Data (Data Treatment)

- a. Gunakan data GPS dan data sampel tanah untuk memetakan saiz kawasan yang tercemar. Jika data yang diukur dilapangan tidak mencukupi, pasukan penyiasatan perlu mengambil kira penggunaan geostatistik untuk menganggar kepekatan kawasan yang tidak disampel.
- b. Oleh kerana sumber pencemaran yang disyaki adalah salah satu jenis buangan terjadual, data yang diukur di tapak dan makmal perlu digunakan untuk mengesahkan kod sisa buangan tersebut.
- c. Langkah seterusnya menggunakan data untuk mengesan pelaku adalah berdasarkan bukti-bukti yang berkaitan dengan pencapjarian kimia.

- d. Bergantung kepada kandungan berbahaya yang utama dalam sampel sisa, pencapjarian kimia atau keputusan percirian isotop mungkin diperlukan untuk membandingkan sampel dengan semua sampel dari semua penjana sisa buangan terjadual yang berdaftar. Ini boleh dilaksanakan tetapi ianya memerlukan kos yang tinggi dan ia harus dipertimbangkan sebagai pilihan terakhir.

7. Analisa hubungan

- a. Walaupun kod sisa telah disahkan, pengenalpastian terhadap siapa yang menghasilkan sisa adalah matlamat utama yang diperlukan sebagai maklumat penting untuk menjalankan sesuatu tindakan undang-undang. Selain daripada semua data – data saintifik, temu bual dengan pihak-pihak yang berkaitan seperti orang yang pertama terhidu bau sengit di lokasi juga diperlukan.
- b. Kumpulkan semua bukti dengan teliti untuk Laporan Forensik Alam Sekitar di mana pengukuran di tapak, data makmal meliputi apa-apa bukti pencapjarian, temubual – temubual dan kemungkinan data geostatistik dikutip serta dikumpul untuk melaksanakan tindakan undang-undang selanjutnya.

KAJIAN KES 5 : PENYIASATAN UNTUK MENGENAL PASTI PUNCA KEMUSNAHAN ALAM SEKITAR YANG BERKAITAN DENGAN AKTIVITI KERJA TANAH DARIPADA PROJEK – PROJEK EIA

Aduan mengenai kelodakan yang berlaku dan pengurangan hidupan air di sungai telah diterima daripada persatuan penduduk di sebuah kampung. Kejadian berlaku terhadap sungai yang terletak di kawasan selatan tapak projek pembinaan sebuah resort di kaki bukit. Projek pembinaan itu melibatkan kerja – kerja pembersihan tapak dan kerja- kerja tanah. Projek pembinaan tersebut telah mendapat kelulusan Penilaian Kesan Alam Sekitar Terperinci (DEIA).

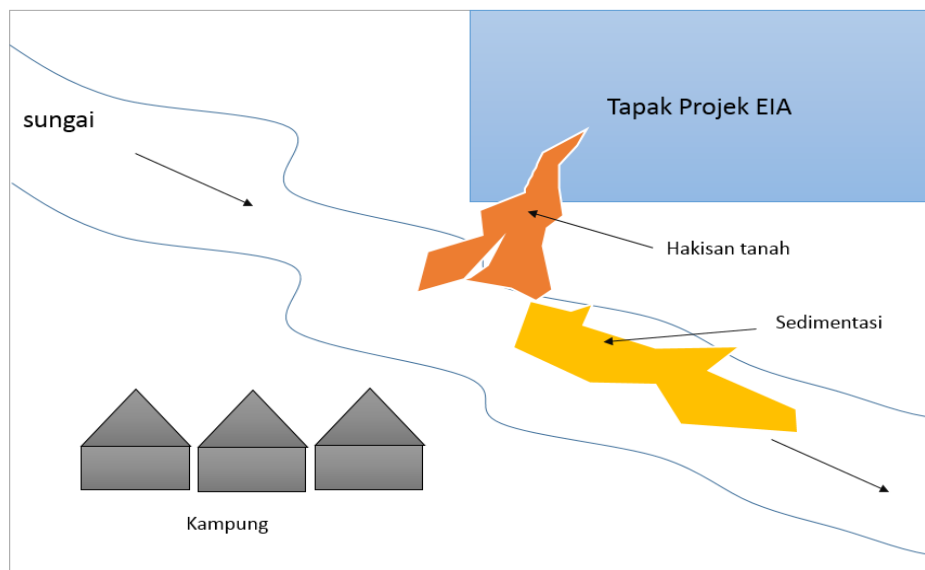
STRATEGI PENYIASATAN

1. Pasukan Forensik Alam Sekitar (JAS) perlu mendapatkan laporan DEIA untuk projek tersebut, temu bual pegawai JAS yang bertanggungjawab menilai kajian itu dan mengumpul semua maklumat latar belakang yang diperlukan sebelum lawatan ke tapak projek.
2. Satu kajian pandangan melalui udara (imej satelit, fotografi udara) perlu dilakukan untuk mewujudkan sempadan projek dan kedudukan kampung yang terjejas dan juga aliran sungai yang mengalir di kampung itu untuk dikenalpasti. Sekiranya kawasan melibatkan lokasi yang luas dan sukar di masuki penggunaan *drone* atau *Unmanned Aerial Vehicle–Remote Sensing* boleh digunakan. Penyiasatan melalui gambar udara perlu untuk mengesan lain-lain sumber kemungkinan hakisan tanah berlaku, contohnya aktiviti pembukaan tanah yang lain di sepanjang sungai sehingga ke kampung dan mengenal pasti semua sumber mungkin dengan koordinat GPS.
3. Persediaan sebelum lawatan ke tapak juga perlu dibuat termasuklah memahami tentang bagaimana air larian permukaan (*run – off*) boleh terjadi, tumbuhan – tumbuhan di tapak serta corak hujan di kawasan yang terjejas.
4. Lawatan ke tapak projek pembinaan dan kampung yang terjejas perlu dijalankan secepat mungkin di mana pengukuran di lapangan dan kerja-kerja persampelan perlu dijalankan dengan segera. Jika terdapat lain-lain jenis aktiviti pembersihan tanah yang berlaku (seperti yang dikenal pasti daripada imej satelit) tapak-tapak ini juga harus dilawati.
5. Pengukuran sampel di lapangan mungkin termasuk pengukuran kekeruhan, DO, kekonduksian dan pH di sepanjang hulu sungai dari tapak pembinaan, yang paling dekat dengan tapak pembinaan dan beberapa sampel dihilir dari tapak pembinaan sehingga kampung yang terjejas.
6. Sampel-sampel tanah, sedimen dan air sungai harus dikumpulkan berdasarkan pelan persampelan yang dibangunkan untuk mengesan perubahan di dalam tanah dan ciri-ciri pemendapan dengan objektif untuk menentukan jika peningkatan dalam kekeruhan dan pemendapan di sepanjang sungai yang menjejaskan kampung itu kerana larian dari tapak projek pembinaan.

7. Analisis sampel harus ditumpukan ke arah mengenal pasti punca peningkatan kekeruhan dan sedimentasi dan kemungkinan hubungan dengan projek pembinaan yang sedang berjalan. Pencapjarian kimia dan isotop perlu dijalankan meliputi profil sampel tanah dari tapak pembinaan, dan sampel sedimen dan air dari sungai. Kajian untuk menentukan kelarutan sampel tanah di tapak pembinaan adalah berguna bagi penentuan apa-apa peningkatan dalam bahan larut atau kekonduksian yang boleh dikaitkan kepada tanah daripada aktiviti pembersihan tapak.

8. Peringkat penyemakan dan rawatan data memerlukan penyepaduan data – data yang dianalisa dilapangan dan data – data yang dianalisa di makmal. Ia bertujuan untuk membandingkan profil sampel tanah dan sedimen, sampel air sungai diambil dan sampel tanah dicampurkan untuk menentukan persamaan dan perbezaan dengan sampel yang diambil dan dianalisa.

9. Analisis hubungan dilakukan berdasarkan bukti – bukti fizikal imej udara, imej satelit, imej lapangan dan data – data makmal. Ia bagi menentukan sama ada terdapat sumber peningkatan sedimentasi dan kekeruhan yang tinggi adalah berpunca dari aktiviti-aktiviti pembersihan tanah dan pembinaan dari kawasan projek resort di kaki bukit. Bagi tujuan pendakwaan ke atas pemaju projek pembinaan tersebut Laporan Forensik Alam Sekitar perlu mengandungi bukti saintifik hubungan sejarah atau kronologi pelaksanaan projek kerana ia adalah sangat penting untuk menentukan bahawa kelodakan dan pencemaran yang terjadi adalah berlaku awal sebelum pihak penyiasat JAS melakukan siasatan di tapak.



Sampel yang perlu diambil

- ✚ Sampel air secara komposit di hulu dan hilir
- ✚ Sampel air di mana kelodakan berlaku
- ✚ Sampel air larian permukaan
- ✚ Sampel tanah dan sampel sedimen

Analisa yang perlu dijalankan

- ❖ Analisa penjapjarian kimia dan isotop
- ❖ Perbandingan profil tanah dan sedimen
- ❖ Perbandingan sampel kualiti air hulu, titik kelodakan dan hilir, serta air larian
- ❖ Analisa kelarutan sampel tanah.

KAJIAN KES 6 : PENYIASATAN UNTUK MENENTUKAN SEJAUHMANA TINDAKAN PEMULIHAN YANG DIPERLUKAN

Pencemaran mengenai sisa – sisa racun perosak dari bekas yang digunakan telah dibuang secara haram di tanah terbiar. Dalam kes ini pasukan forensik JAS ditugaskan untuk menentukan tahap pencemaran yang terhasil dari tempoh dimana bekas – bekas tersebut telah ditinggalkan di atas tanah dan sejauhmana ianya telah pun terdedah kepada hujan dan panas serta keadaan cuaca yang melampau.

STRATEGI PENYIASATAN

1. Pasukan Penyiasat Forensik Alam Sekitar perlu mendapatkan semua laporan lepas ini termasuklah data – data geospasial dan menentukan berapa banyak sampel yang diperlukan untuk melakukan satu analisis geostatistik.
2. Membangunkan satu pelan persampelan selepas melengkapkan model ciri anggaran racun perosak sisa agen aktif, berdasarkan ciri – ciri kimia dan sifat fizikokimia ejen aktif yang diekstrak daripada MSDS (*Material Safety Data Sheet*) dan lain-lain bahan rujukan kimia. Sampel termasuklah tanah, air permukaan (berdekatan) dan air bawah tanah akan diambil.
3. Pengenalpastian terhadap kawasan sekitar tapak pencemaran diperlukan, ianya boleh dianggap sebagai kawasan yang tidak terlibat untuk persampelan dan ia berguna untuk menentukan tahap latar belakang.
4. Satu pasukan forensik alam sekitar perlu dihantar ke lokasi untuk mengumpul sampel mengikut perancangan persampelan yang telah ditetapkan, data kordinat GPS hendaklah dicatatkan bagi setiap sampel yang dikumpul. Sampel tanah termasuklah permukaan dan sampel dengan kedalaman kira-kira 30 cm menggunakan peralatan persampelan yang sesuai seperti gerudi juga perlu diambil.
5. Menjalankan analisis makmal bagi semua sampel yang diambil untuk agen bioaktif bagi menentukan tahap pencemaran.
6. Data yang dianalisa dan kedudukannya digunakan sebagai input untuk membuat suatu analisis geostatistik untuk menganggar kepekatan di tempat-tempat yang telah diukur dilokasi dan di sekitar lokasi tapak yang telah tercemar.

7. Mengoptimumkan model geostatistik sehingga kawasan pencemaran yang realistik diperolehi.
8. Buat penentuan perbezaan antara tapak yang tercemar dan tapak yang tidak tercemar. Langkah seterusnya memfokuskan terhadap skop bagi penyingkiran pencemaran dan jumlah perbelanjaan yang diperlukan untuk memperbaiki kerosakan alam sekitar yang disebabkan oleh kehadiran sisa racun perosak.
9. Menyediakan Laporan Forensik Alam Sekitar dengan set data lengkap daripada kajian sebelumnya kepada kajian geostatistik yang sedia ada untuk tindakan undang-undang terhadap pesalah (pesalah-pesalah) itu.

KAJIAN KES 7 : TUMPAHAN SISA MINYAK TERPAKAI KE AIR PERMUKAAN ATAU PERMUKAAN TANAH

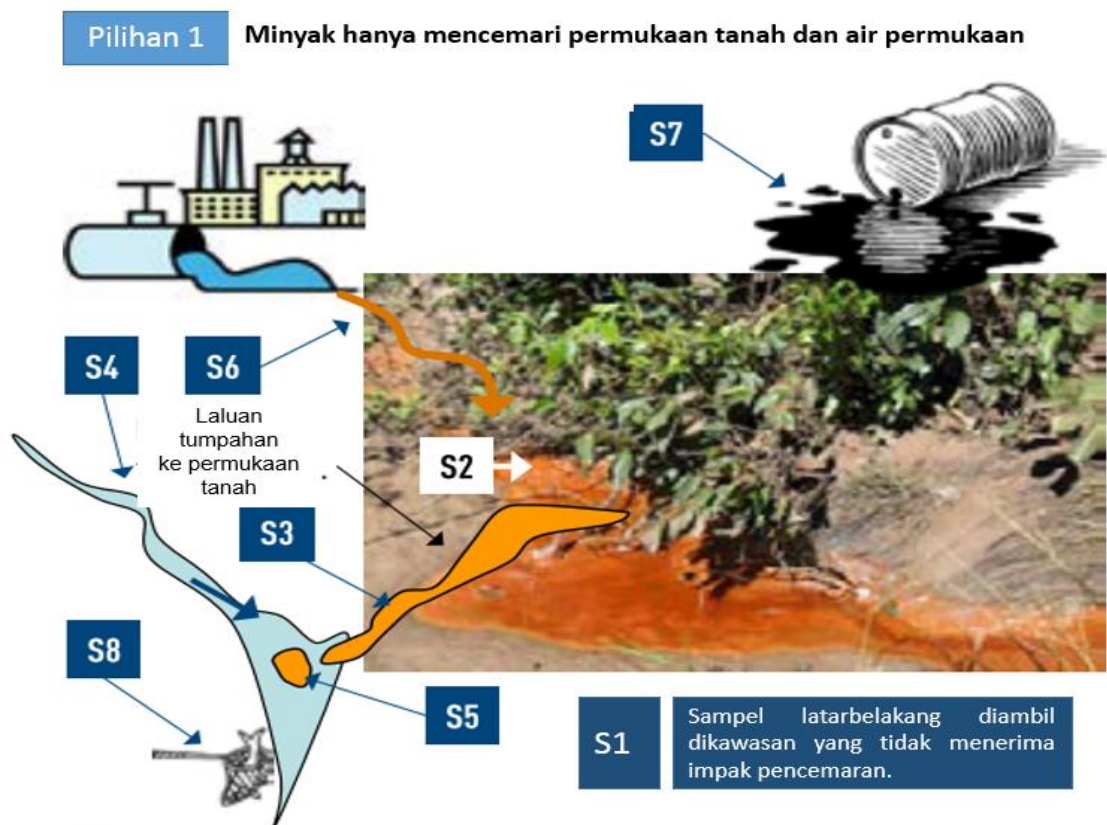
STRATEGI PENYIASATAN

- ✓ Tentukan jenis minyak terpakai yang mencemarkan
- ✓ Tentukan sumber pencemaran, skala dan risiko terhadap kesihatan
- ✓ Rancang pelan persampelan dengan objektif untuk mengurangkan risiko kesihatan kepada pasukan penyiasat bagi tujuan mendapatkan sekurang – kurangnya satu sampel latar belakang (S1 atau S4), satu sampel punca (S2, S6 atau S7) dan satu sampel impak alam sekitar yang tercemar (S3 atau S5) dan binatang yang menerima impaknya (S8).

1. Pemilihan prosedur persampelan bergantung kepada :

Pilihan 1 : minyak yang hanya mencemari air permukaan.

Pilihan 2 : minyak yang hanya mencemarkan tanah dan air tanah.



Gunakan penyedok logam yang bersih untuk mengambil sampel di setiap lokasi sampel yang di tunjukan.

S1 – Ambil sampel tanah belakang diambil dari lokasi yang tidak menerima sebarang impak pencemaran. Bagi mengelakkan silang dan pencemaran ampel - sampel, sampel S1 perlu diambil terlebih dahulu.

S2 – Ambil sampel tanah permukaan untuk menentukan pencemaran di tapak tumpahan.

S3 – Ambil sampel tanah tambahan untuk mengilustrasikan impak terhadap permukaan persekitaran tanah.

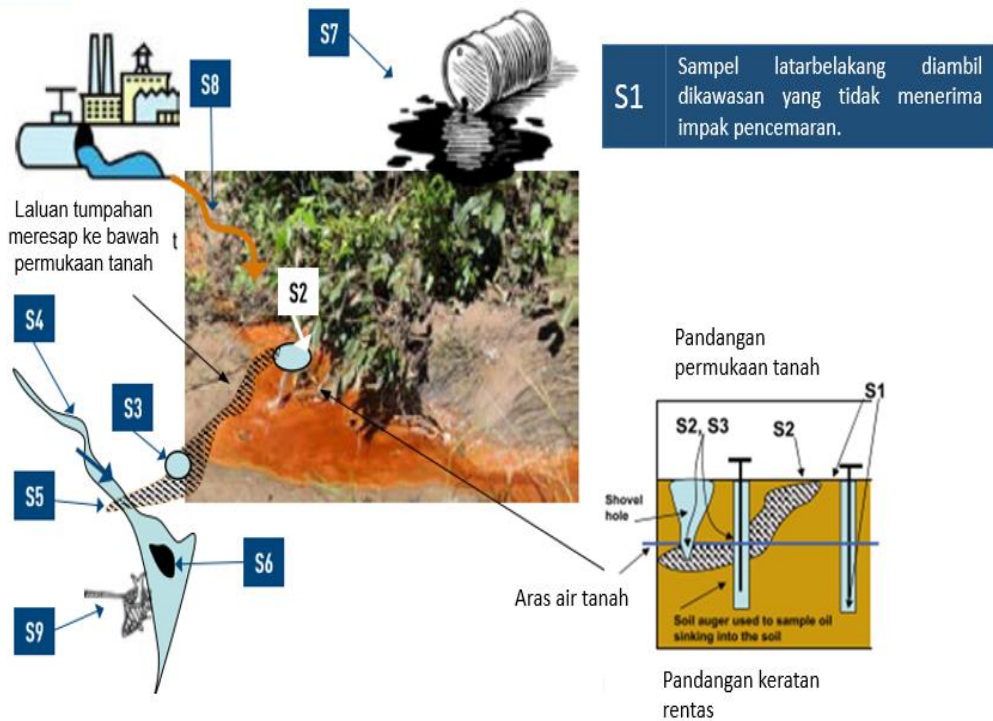
S4 – Ambil sampel secara komposit sebagai sampel latarbelakang air permukaan.

S5 – Ambil sampel secara komposit di lokasi hilir.

S6 & S7 – Sekiranya boleh didapatkan ambil sampel bagi perbandingan pencapjarian. Ambil sampel ini pada peringkat akhir persampelan bagi mengelakkan silang pencemaran sampel.

S8 – Ambil sampel ikan dan haiwan yang mati disebabkan oleh tumpahan minyak itu.

Pilihan 2 Minyak mencemari permukaan tanah dan air tanah



Gunakan penyedok logam yang bersih, gerimit tanah, atau pencedok untuk mengambil sampel di setiap lokasi sampel yang di tunjukkan

S1 – Ambil sampel dengan menggunakan penyedok atau gerimit tanah untuk mendapatkan sampel latar belakang di kawasan yang tidak dicemari dengan kedalaman korekan yang sama akan dibuat bagi lokasi persampelan tumpahan minyak. Dapatkan sampel ini terlebih dahulu!

S2 – Ambil sampel dengan menggunakan penyedok bagi permukaan tanah yang tercemar.

S2 and S3 – Ambil sampel dengan menggunakan penyedok dan gerimit tanah untuk menentukan sekurang – kurangnya satu sampel permukaan bawah tanah sampel yang menerima impak tumpahan minyak.

S4 – Ambil sekurang – kurangnya satu sampel latar belakang air permukaan seara komposit. S5 – Ambil sekurang – kurangnya satu sampel air air tanah yang meresap.

S6 – Ambil sekurang – kurangnya ambil satu sampel komposit pada satu kedalaman bagi sampel minyak yang bercampur – campur dengan air, sekiranya sampel terapung ambil satu sampel yang terapung tersebut.

S7 dan S8 – Ambil satu sampel daripada punca bagi analisa penjapjarian bagi perbandingan antara kemungkinan punca dan sampel impak yang diterima oleh persekitaran.

S9 - Ambil sampel ikan mati atau binatang yang terjejas disebabkan tumpahan minyak ini.

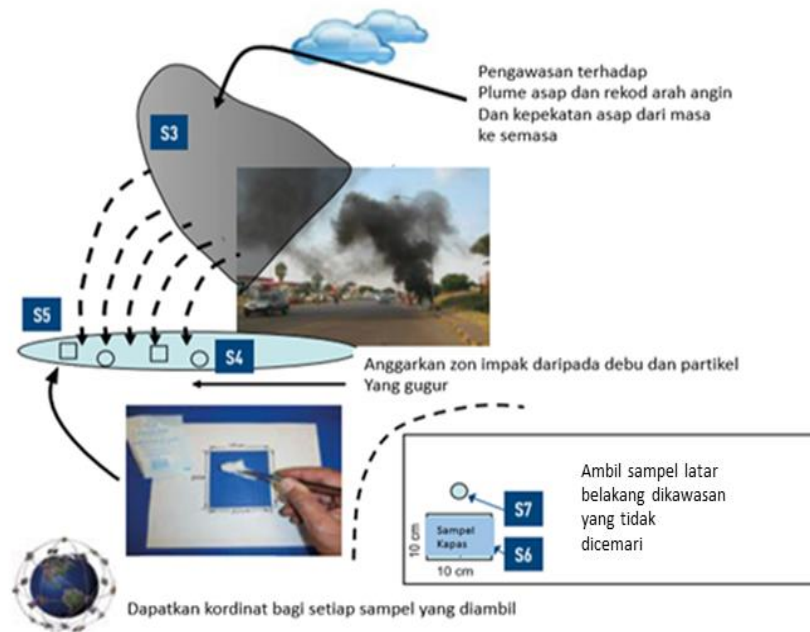
Langkah seterusnya untuk kedua – dua kes diatas ialah seperti berikut :

2. Ambil gambar di lokasi kejadian dan kawasan – kawasan yang dicemari, bagi menghubungkanya dengan punca yang disyaki.
3. Temubual orang yang bertanggungjawab dan semua saksi – saksi.
4. Hantar sampel mengikut prosedur yang tertentu untuk analisa makmal.
5. Dapatkan analisa makmal
6. Kumpulkan bukti – bukti yang telah diambil dan dokumentasikan mengikut kaedah yang telah ditetapkan didalam arahan tetap operasi dan lain – lain.
7. Tuliskan laporan bagi tujuan pendakwaan lanjut.

KAJIAN KES 8 : PEMBAKARAN TERBUKA DARIPADA SUMBER BUKAN BAHAN BERBAHAYA

Pembakaran terbuka boleh memberikan impak yang serius kepada kualiti udara dan memberi kesan terhadap kesihatan manusia dan kesihatan haiwan. Pembakaran terbuka akan menghasilkan partikel terampai di udara yang boleh membimbangkan kesihatan manusia. Dalam kes ini diandaikan bahawa bahan yang dibakar adalah bukan bahan berbahaya. Langkah keselamatan seperti memakai pakaian keselamatan, topeng muka, kasut boots adalah perlu digunakan oleh pegawai penyiasat.

1. Rancangkan pelan persampelan dengan memberikan perhatian untuk mengurangkan impak kesihatan kepada pegawai penyiasat.
2. Ambil gambar foto pembakaran terbuka dalam selang masa secara berkala (10 hingga 15 minit) bagi mencatatkan keadaan plum asap yang terjadi, kepekatan dan arah angin.
3. Awasi keadaan asap dan rekod arah angin, catatkan dan lakarkan potensi zon impak daripada debu dan partikel yang jatuh. Gambar foto dan nota merupakan bukti yang mencukupi untuk kes pembakaran terbuka bagi bahan bukan berbahaya.
4. Ambil gambar lokasi kejadian dan lokasi yang tercemar, untuk memastikan hubungannya dengan punca yang dikenalpasti. Foto hendaklah diambil dari empat penjuru dengan ketinggian yang berbeza.
5. Ambil sampel – sampel mengikut objektif yang ditetapkan. Ambil sampel latar belakang sebelum mengambil sampel lain untuk mengelakan silang pencemaran sampel.

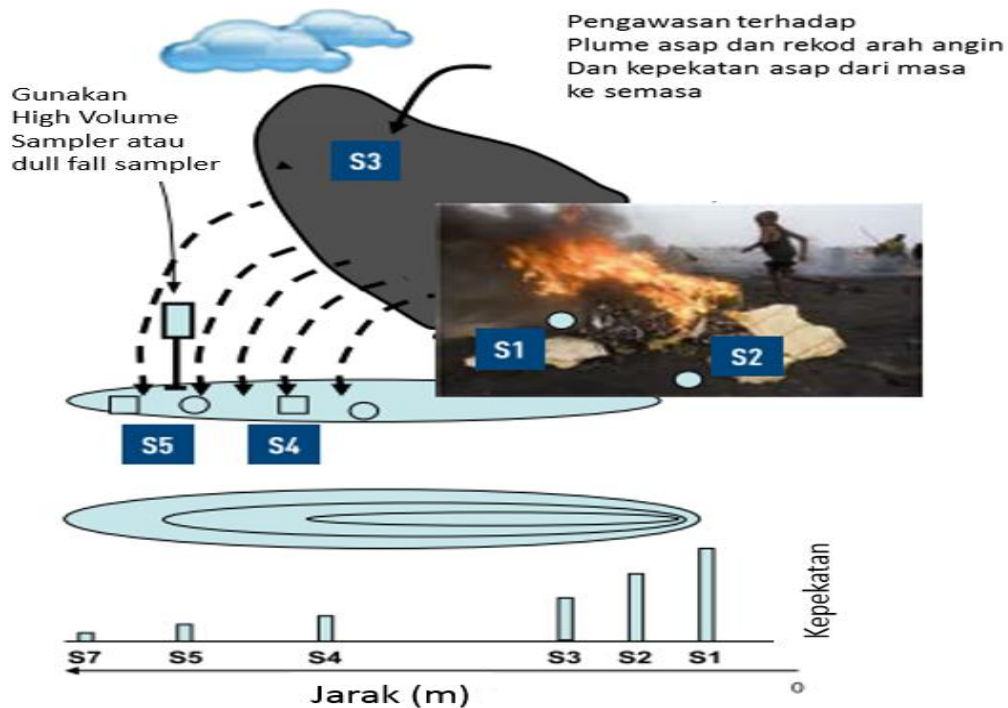


S6 dan S7 - Ambil sampel permukaan tanah dan sampel kapas kesat di suatu lokasi yang tidak dicemari. (Sampel ini hendaklah diambil dahulu untuk mengelakan silang pencemaran sampel).

S4 dan S5 - Ambil sampel permukaan tanah dan sampel kapas kesat di suatu lokasi pada jarak yang semakin menjauhi dari punca api. (Kutip sampel yang lebih jauh terlebih dahulu hingga kepada sampel yang terdekat bagi mengelakan silang pencemaran sampel).

S3 – Awasi plum asap dan rekod arahnya dan catatkan pemerhatian kepekatan plum asap secara berkala dengan selang masa tertentu.

6. Setelah itu kutip sampel pada zon impak daripada yang paling jauh kepada jarak tengah antara jarak punca. Bagi mengelakan silang pencemaran :



S2 – Sampel debu daripada punca api. (Ambil sampel ini ianya diperingkat akhir bagi mengelakan sebarang silang pencemaran sampel).

S1 – Sampel kapas kesat daripada permukaan berdekatan dengan sumber api. Ambil ianya di peringkat akhir bagi mengelakan sebarang silang pencemaran sampel).

S3 – Sekiranya masa dan keupayaan ada (bagi kes kronik), sila ambil sampel debu terbang dengan menggunakan *fall canister* atau *volume sampler*.

7. Temubual orang yang bertanggungjawab dan semua saksi – saksi.

8. Kumpulkan data – data sampel dan plotkan graf kepekatan terhadap jarak punca.

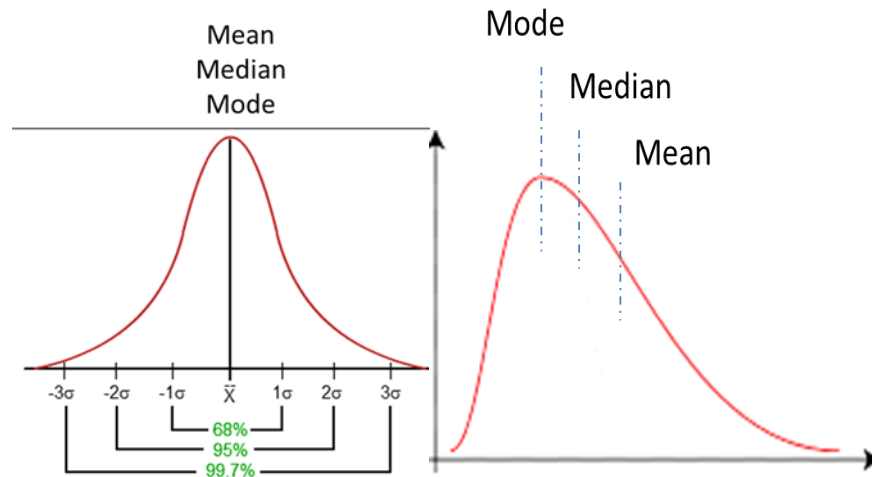
10. Sekiranya perlu analisa makmal untuk menentukan punca kebakaran sila kemukakan sampel kepada makmal yang berautoriti untuk membuat analisa pencapjarian kimia dan isotop.

11. Tulis laporan dan hantar untuk tindakan pendakwaan lanjut.

Lampiran 1

STATISTIK ASAS YANG BERGUNA UNTUK PENYIASATAN FORENSIK

1. Min, Median dan Mod



Rajah 1: Taburan ukuran normal dan songsang

Taburan ukuran berulang, sama ada dijana di lapangan atau makmal ditunjukkan dalam Rajah 1.

- Purata taburan biasanya difahami sebagai purata aritmetik
- Median ialah titik tengah (tidak semestinya skor) dalam jajaran, di atas dan di bawah satu setengah daripada skor. Ia adalah ukuran kedudukan dan bukannya magnitud dan sering ditemui melalui pemeriksaan dan bukan pengiraan. Apabila terdapat bilangan ganjil skor, median ialah skor pertengahan
- Mod adalah nombor yang paling kerap berlaku dalam satu set nombor.

Sumber: (Best & Kahn, 1996)

2. Selang keyakinan dan tahap keyakinan

Jenis yang paling biasa anggaran selang adalah selang keyakinan yang ditunjukkan dalam Rajah 1 sebagai $\pm 1\sigma$, $\pm 2\sigma$ dan $\pm 3\sigma$ mana σ adalah varian (punca kuasa dua σ ialah sisihan piawai). Tahap keyakinan adalah ukuran kebolehpercayaan hasil, contohnya tahap keyakinan sebanyak 95% atau 0.95 bermakna terdapat kebarangkalian sekurang-kurangnya 95% bahawa keputusan yang boleh

dipercayai. Selang keyakinan tentang min hasil boleh berdasarkan sisihan piawai seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.

Sumber : (disesuaikan daripada USEPA dan dictionary.com)

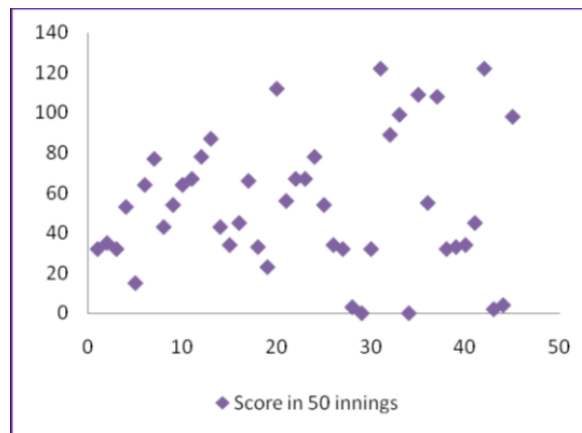
3. Peratusan

Peratusan mewakili peratusan unsur-unsur populasi (contohnya set data diukur) yang mempunyai nilai kurang daripada beberapa ambang CEG jika 1 mg / L kepekatan cadmium peratusan ke-95 daripada satu set sampel air sungai dikumpulkan untuk latihan persampelan tertentu, ini bermakna 95% daripada sampel dalam set mempunyai nilai kurang daripada 1 mg / L kadmium manakala 5% adalah di atas 1 mg / L.

(Sumber : disesuaikan daripada USEPA)

4. Rajah dan Plot

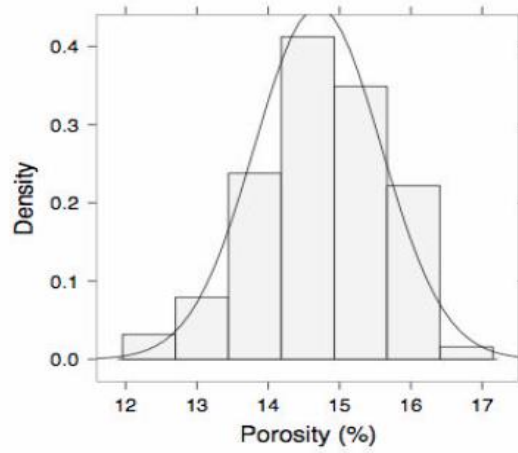
4.1 Plot Taburan



Rajah 2: Plot Taburan

Plot Taburan adalah paparan grafik bagi set data dalam koordinat Cartesian, menunjukkan hubungan antara dua pembolehubah, satu pembolehubah mewakili jarak mendatar (pembolehubah bebas) dan pembolehubah kedua mewakili jarak menegak (pembolehubah bersandar) titik data daripada paksi koordinat (Khan dan Khan 2011)

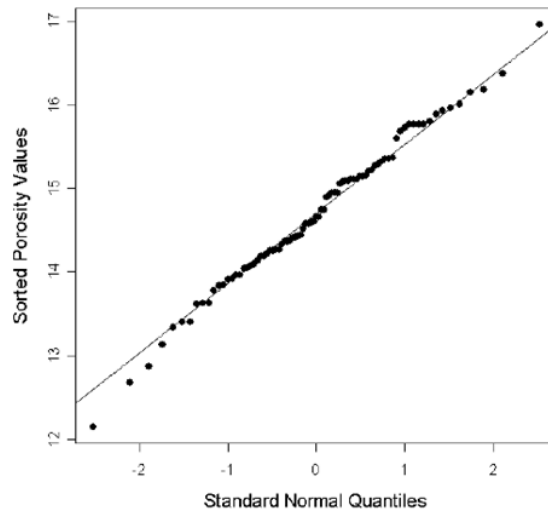
4.2 Histogram



Rajah 3: histogram keliangan vs data ketumpatan sampel tanah menunjukkan beberapa tahap taburan normal yang baik

Histogram adalah graf bar yang memaparkan taburan kekerapan data (Bayens dan Robinson 2010).

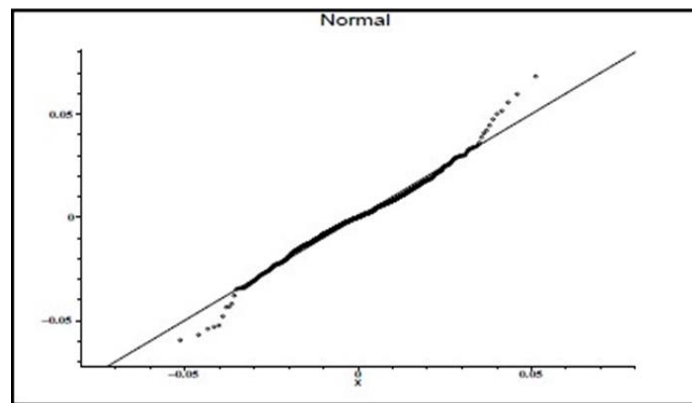
4.3 Plot kuantil-kuantil (Q-Q)



Rajah 4: Sebuah plot QQ normal menunjukkan bahawa pengagihan keliangan tidak menyimpang terlalu teruk daripada biasa.

Sebuah plot kuantil-kuantil atau QQ membolehkan perbandingan langsung antara dua set data dengan satu kuantil (peratusan) berbanding kuantil (percentiles) yang kedua (Helsel dan Hirsch 1992). Plot QQ secara tradisinya adalah teknik grafik untuk menentukan sama ada dua set data datang daripada populasi dengan taburan biasa dalam konteks statistik (Tsai dan Yang 2005).

4.4 Plot Q-Q umum



Rajah 5: Sebuah plot QQ umum yang boleh digunakan untuk analisis data sebelum pemodelan geostatistik

QQ plot biasa adalah plot QQ yang berdasarkan kepada taburan normal, di mana sisihan daripada garis lurus dapat dilihat dengan jelas (disesuaikan Schoutens 2002). Dalam kata lain, ia adalah satu teknik grafik untuk menilai sama ada satu set pemerhatian sampel datang daripada taburan normal (disesuaikan Sonia, Emilio et al. 2012).

Lampiran 2

Senarai Semak untuk Penyiasatan Forensik Alam Sekitar

No. Rujukan Kes: _____

Tajuk Rujukan Kes: _____

(Sila tandakan (√) di dalam kotak untuk menunjukkan perkara tersebut penting untuk dipertimbangkan.

NO.	Perkara	
1	Surat pelantikan daripada Timbalan Ketua Pengarah Operasi sebagai Ketua Penyiasat	
2.	Penubuhan Badan Penyiasatan Forensik Alam Sekitar (EFIT) dan surat –surat pelantikan <ul style="list-style-type: none"> a. Pegawai Penyiasat b. Juruteknik Lapangan c. Penganalisa dan QA d. Pakar-pakar e. Pegawai Perundangan f. Pegawai Sokongan: <i>Data Mining</i> g. Institusi yang dikenalpasti h. Pakar dalam sesuatu bidang _____ _____ i. Pakar domain (luaran) dalam _____ _____ j. Sub-Kontrak dalam _____ 	
3.	Informasi Undang-undang <ul style="list-style-type: none"> a. Klausa dalam (AKAS) / Peraturan and Perintah _____ _____ 	
4.	Pengendalian Penyiasatan Forensik Alam Sekitar <ul style="list-style-type: none"> a. Tugas b. Strategi Pesampelan <ul style="list-style-type: none"> • Persampelan Pertimbangan • Persampelan Sistemik • Persampelan Rawak 	

	<p>c. Pelan Persampelan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kaedah Persampelan: _____ • Jenis PPE: _____ • Jenis Pengangkutan : _____ <p>d. Kelengkapan Persampelan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jenis botol sampel: _____ _____ • Label <p>e. Peralatan Tangan: _____</p> <p>_____</p> <p>f. Analisa Makmal (<i>akreditasi ISO 17025:2005</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kaedah Pengujian <ul style="list-style-type: none"> USEPA: _____ ASTM: _____ APHA: _____ Lain-laiN: _____ • Teknik-teknik cap jari <ul style="list-style-type: none"> Cap jari kimia Cap jari isotop Cap jari geokimia Cap jari Mineral Cap jari DNA <p>g. Laporan analisa makmal (Nama makmal.) _____</p> <p>_____</p> <p>h. Teknik Perangkaan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perangkaan • Geo-perangkaan 	
5.	Maklumat Tambahan/ Komen	
Disediakan oleh: _____ Tandatangani: _____		Ulasan oleh: _____: Tandatangani: _____
Tarikh:		Tarikh:

Lampiran 3

PENUKARAN UNIT

Jika didalam unit	Darabkan dengan nilai	Untuk tukar kepada unit
inches	25	millimetres (mm)
inches	2.54	centimetres (cm)
feet	0.305	metres (m)
yards	0.914	metres (m)
miles	1.61	kilometres (km)
square inches	6.45	square centimetres (cm ²)
square feet	0.093	square metres (m ²)
square yards	0.834	square metres (m ²)
acres	0.405	hectares (ha)
square miles	2.59	square kilometres (km ²)
cubic inches	16.39	cubic centimetres (cm ³)
cubic feet	0.028	cubic metres (m ³)
cubic yards	0.765	cubic metres (m ³)
ounces	28.35	grams (g)
pounds	0.454	kilograms (kg)
tablespoons	14.71	millilitres (mL)
fluid ounces	28.41	millilitres (mL)
cups	227	millilitres (mL)
quarts (U.S.)	0.95	litres (L)
quarts (Imperial)	1.14	litres (L)
gallons (U.S.)	3.79	litres (L)
gallons (Imperial)	4.55	litres (L)

RUJUKAN

1. Legal Research Board (2015). *Environmental Quality act 1974 (Act 127), Regulations, Rules, & Orders*. Petaling Jaya: International Law Book Services.
2. The Environmental Law Resources Centre (2005). *Guidelines on the Investigation and Prosecution of Environmental Crimes*. National Environment Management Authority. Retrieved from http://www.nemaug.org/padelia_meas_Project/Prosec%20guide%20Final.pdf
3. Ministry of the Environment Government of Japan (2012). *Soil Contamination Countermeasures Act*. [PDF File]. Retrieved from <https://www.env.go.jp/en/laws/water/sccact.pdf>
4. Federal Government Gazette (2014). *Environmental Quality (Clean Air) Regulations 2014*. [PDF File]. Attorney General's Chamber of Malaysia. Retrieved from http://www.JAS.gov.my/portalv1/wp-content/uploads/2015/01/Peraturan-peraturan_kualiti_alam_sekeliling_udara_bersih_2014-11.pdf
5. Environment Protection Authority (2009). *Compliance and Enforcement Regulatory Options and Tools*. [PDF File]. Adelaide, SA: Author. Retrieved from www.epa.sa.gov.au/files/4771765_cem.pdf
6. Beam, E. W., Biggs, D. E., Jr., W. C., Dusenbury, M. R., MacLeish, P. P., Nottingham, C. R., . . . , Suggs, J. A. (2001). *Environmental Crime: Technical Investigation - Evidentiary / Forensic Analysis*. United States: National Service Center for Environmental Publication.
7. Interpol Environmental Security Sub-Directorate (2014). *Pollution Crime Forensic Investigation Manual Volume I of II*. France. Retrieved from <http://www.interpol.int/content/download/25449/350495/version/4/file/INTERPOL%20Pollution%20Crime%20Forensic%20Investiation%20Manual%20-%20volume%201%20.pdf>
8. Technical Working Group on Crime Scene Investigation (2000). *Crime Scene Investigation: A Guide for Law Enforcement Research Report*. [PDF File]. United State: National Criminal Justice Reference Service. Retrieved from <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/178280.pdf>
9. Jabatan Siasatan Jenayah (*n.d.*). *Justice via Forensic*. [PowerPoint Slides]. Retrieved from <http://forensic.rmp.gov.my>
10. Brilis, G. M., Gerlach, C. L., & Waasbergen, R. J. V. (2000). Remote sensing tools assist in environmental forensics. Part I: traditional methods. *Environmental Forensics*, 1(2), 63-67.
11. Modules in a forensic Science Process. International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) G19:08/2014.

12. ISO/IEC 17025 : 2005, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
13. STR 1.7 Specific technical requirements for Accreditation of DNA Profiling for Forensic Science Testing Laboratories (2006), Issue 1, 19 December.
14. STR 1.11 Specific technical requirements for Accreditation of Analysis of dangerous drugs and other controlled substances for Forensic Science Testing Laboratories (2009), Issue 1, May.
15. STR 1.12 Specific technical requirements for Accreditation of Trace Evidence Analysis for Forensic Science Testing Laboratories (2010), Issue 1, 28 December.
16. Department of Occupational Safety and Health (2006), Guidelines on Occupational Safety and Health Act 1994 (Act 514) Malaysia.
17. Department of Environment (2006), Environmental Quality Act 1974 (Act 127) Malaysia. Guidelines on investigation and prosecution of environmental crimes (March 2005). Investigation and prosecution of environmental crimes guidelines, 2004. NATIONAL ENVIRONMENT ACT CAP 153.