

KAJIAN SERAKAN PENCEMARAN BAU ANTARA TAPAK PELUPUSAN TERBUKA DAN TAPAK PELUPUSAN SANITARI

*(STUDY ON ODOUR POLLUTION DISPERSION BETWEEN OPEN
LANDFILL AND SANITARY LANDFILL)*

Zaini Sakawi

Abstrak

Bau merupakan salah satu elemen persekitaran yang boleh memberi impak ke atas persekitaran fizikal dan manusia. Sesuatu kacau-ganggu yang disebabkan oleh bau merupakan petunjuk penting berlakunya pencemaran bau. Serakan pencemaran bau boleh berlaku bergantung kepada faktor meteorologi seperti keadaan cuaca, suhu, kelembapan, kelajuan dan arah angin. Selain itu, faktor topografi dan sumber pencemar juga turut mempengaruhi serakan tersebut. Bagi meneliti wujudnya perbezaan serakan antara pelbagai sumber pencemar, kajian ini cuba melihat dan menganalisis perbezaan serakan pencemaran bau dengan membandingkan konsentrasi bau yang diukur di tapak pelupusan terbuka dan tapak pelupusan sanitari. Dapatan kajian jelas menunjukkan wujud perbezaan ketara antara kedua-dua sumber ini walaupun daripada sumber tapak pelupusan. Konsentrasi bau yang diukur di punca sumber di tapak pelupusan terbuka didapati lebih tinggi berbanding dengan konsentrasi bau yang diperolehi dari tapak pelupusan sanitari. Dapatan juga menunjukkan faktor jarak turut mempengaruhi serakan bau mengikut jenis punca sumber bau tersebut.

Kata kunci: Pencemaran Bau, Kacau-Ganggu, Tapak Pelupusan Terbuka, Tapak Pelupusan Sanitari, Faktor Meteorologi

Abstract

Odour is one of the environmental elements that can have an impact on the physical and human environment. Something nuisance by the smell is an important indicator of the odour pollution. The dispersion of odour pollution can occur depending on meteorological factors such as weather, temperature, humidity, speed and wind direction. In addition, topographic and others odour sources also can influence the dispersion of odour pollution. In order to examine the dispersion differences between various sources of pollutants, this study is attempts to analyse the differences of odour pollution dispersion by comparing the odour concentration measured at open landfill and sanitary landfills. The findings clearly show that there are significant differences of dispersion between these two resources of landfill. The concentration of odour measured at the source of the open disposal site was found to be higher than the odour concentration of the sanitary landfill. The findings also show that the distance factor also affects odours dispersion according to the source of the smell.

Keywords: *Odour pollution, nuisance, open landfill, sanitary landfill, meteorology factors*

PENGENALAN

Pencemaran bau merupakan antara isu alam sekitar yang kronik yang disebabkan oleh pelbagai sumber seperti daripada ladang ternakan, loji kumbahan, kilang kelapa sawit, tapak pelupusan dan pelbagai industri yang mengeluarkan bau. Pencemaran bau daripada operasi tapak pelupusan merupakan punca kacau-ganggu yang kerap mendapat perhatian pihak awam atau penerima sensitif sekitar tapak pelupusan. Konsentrasi bau yang tinggi bergantung kepada jenis sisa yang dilupuskan di tapak pelupusan. Ciri-ciri meteorologi juga merupakan faktor yang boleh mempengaruhi konsentrasi bau. Menurut Smith dan Watts (1994) dan Smith (1995), tempoh keterdedahan, suhu, arah tiupan angin dan kelajuan angin merupakan sebahagian daripada faktor yang boleh mempengaruhi konsentrasi bau. Seterusnya, masalah yang datang daripada pencemaran bau bukan sahaja terhad kepada bau dari tapak pelupusan, tetapi bau yang dijanakan dari pelbagai sumber lain. Kajian Nicolas et al. (2006), mendapati bau yang tidak menyenangkan boleh menyebabkan gangguan ke atas penduduk di sekitar tapak pelupusan. Bau daripada pelbagai jenis sisa dilepaskan daripada buangan sisa yang segar yang dijana melalui tindak balas dan pelepasan gas di tapak pelupusan, melalui loji rawatan air kurasan, melalui kebakaran dari tapak pelupusan dan kerja rawatan sisa seperti aktiviti pengomposan. Selain itu, kepelbagaian aktiviti di tapak pelupusan juga boleh menyumbang kepada penghasilan bau. Misalnya aktiviti pembuangan sisa, pengangkutan sisa oleh lori, penstoran sisa atau proses pengendalian selepas sisa dibuang untuk dimampatkan.

Kajian oleh Shi (2004) di China berkaitan dengan pengurusan pencemaran bau mengambil jangka masa yang lama untuk mengenal pasti pendekatan pengukuran dan langkah pengurusan yang sesuai. Berdasarkan kajian beliau, tiga kaedah pengukuran telah dilakukan bagi mengesan punca pencemaran bau sebelum cadangan pengurusan dilaksanakan. Pertama, siasatan ke atas aduan dan lawatan di kawasan punca. Kedua, siasatan menggunakan soal selidik dan ketiga siasatan ke atas pencapaian operasi perniagaan dan industri yang disebabkan oleh pencemaran bau. Bagi kaedah pertama, 3 komponen pencemaran yang mendominasi masing-masing 25 peratus aduan penduduk ialah pencemaran bau, asap dan bunyi. Sementara bagi 25 peratus lagi terdiri daripada aduan sisa buangan, kumbahan dan lain-lain. Bagi kaedah soal selidik, sejumlah 1692 responden telah diedarkan satu set soal selidik. Daripada jumlah ini, sejumlah 1642 responden memberi maklum balas. Berdasarkan jumlah responden yang memberi maklum balas, didapati sejumlah 1319 responden menyatakan bau sebagai punca pencemaran utama. Begitu juga dengan kaedah ketiga, antara industri yang menyumbang kepada pencemaran bau ialah loji industri, kediaman, kumbahan, sisa buangan, makanan, semburan cat, pembiakan/ternakan, dan penurapan. Melalui kajian ini adalah dicadangkan kaedah *olfactometer* yang dicipta oleh Institut Alam Sekitar dan Kawalan Tokyo perlu diaplikasikan di China.

Seterusnya kajian impak bau ke atas keterbatasan aktiviti harian penduduk sekitar punca pencemaran bau juga dibincangkan oleh Wing et al. (2008). Menurut mereka, daripada 118 aktiviti yang hendak dibuat atau berlangsung dalam kalangan 34 responden terpaksa dibatalkan disebabkan oleh gangguan bau. Antara bentuk tindak balas 34 responden dalam kajian ini ialah menutup tingkap, mengelak duduk di laman rumah dan bersosial dengan kawan, membatalkan hasrat atau perancangan untuk *barbecue*, tidak menjemur pakaian di luar rumah, mengurangkan aktiviti rekreasi luar rumah, tidak melakukan aktiviti bercucuk tanam, mencuci kereta dan tidak bersantai di balkoni dan anjung kereta. Kajian juga mengesan gangguan bau sebagai penyebab responden tidak boleh tidur. Aduan responden menunjukkan waktu tidur semasa pencemaran berlaku ialah sama ada tidak tidur atau tidur 4 jam sahaja.

Menurut Casey et al. (2008), operasi tapak pelupusan merupakan salah satu penjana bau utama di Australia Barat selain daripada industri lain berkaitan. Sementara rekod tentang aduan masalah alam sekitar di Australia Barat menunjukkan satu pertiga daripada aduan yang dibuat oleh pihak awam terdiri daripada pencemaran bau. Kebanyakan daripada aduan bau berkaitan dengan aktiviti pengeluaran dan pemprosesan haiwan (DEP 2002). Seterusnya isu utama berkaitan dengan penjana bau dari tapak pelupusan ialah impaknya ke atas kesejahteraan awam. Kajian Casey et al. (2008) mendapati reka bentuk, operasi dan teknik pengurusan yang sistematik mungkin boleh

meminimumkan penajaan bau daripada tapak pelupusan. Pengurusan operasi yang sesuai seperti penutup tapak pelupusan, sistem kutipan gas dari tapak pelupusan dan teknik pengurusan merupakan langkah tebatan meminimumkan penajaan bau yang berterusan.

Bau yang datang dari tapak pelupusan bukan sahaja boleh memberi kesan kepada manusia, tetapi turut mengundang bencana kepada persekitaran fizikal lain, kerana kehadiran bau merupakan indikator bagi wujudnya gas daripada longgokan sisa tersebut. Berdasarkan DEC (2006) dan Snider et al. (2008), pencemaran bau boleh memberi impak ke atas ameniti awam dan kualiti hidup komuniti sekitar operasi penjana bau. Terdapat pelbagai reaksi berkaitan aduan tentang pencemaran dalam sesuatu komuniti. Ada di antara penduduk dalam komuniti yang amat sensitif dengan pencemaran bau dan ada sebahagian lagi yang mungkin telah lali dengan bau dan tidak mengambil sikap yang serius atau tidak kisah dengan isu bau yang berlaku di sekitarnya.

Seterusnya kawalan ke atas pencemaran bau daripada tapak pelupusan merupakan isu peraturan yang sangat penting, memerlukan pengukuran dan pensampelan yang tepat dan berterusan (Bradley et al. 2001). Sementara pemantauan gangguan bau yang dijana daripada kawasan operasi tapak pelupusan adalah sukar. Masalah berlaku pada tahap pensampelan (Nicolas et al. 2006). Kawalan dan pengurusan tentang pencemaran bau merupakan perkara yang sukar untuk dilakukan kerana ia memerlukan perhatian dan penglibatan semua pihak termasuk Pihak Berkuasa Tempatan (PBT), pembuat keputusan, dan komuniti/penerima sensitif. Di samping itu, kekangan kawalan dan pengurusan adalah disebabkan bau mungkin menyebabkan impak *psychological* (tekanan jiwa) atau *physiological* (perubahan tingkah laku), tahap sensitiviti terhadap bau sentiasa berubah-ubah, penyebaran bau yang berubah-ubah, impak daripada bau adalah subjektif dan akhirnya penyebaran bau adalah sukar untuk dibuat pemantauan

Isu dan Masalah Pencemaran Bau di Malaysia

Di Malaysia, masalah bau dari tapak pelupusan merupakan antara isu yang banyak dan kerap diuar-uarkan dalam pelbagai media sama ada internet, surat khabar dan sebagainya. Kewujudan pencemaran bau yang berpunca daripada kelemahan pengurusan dan juga jenis tapak pelupusan memberi kesan negatif kepada masyarakat setempat khususnya masalah ketidakselesaan (AERC 2001), dan kesan kepada persekitaran fizikal. Kehadiran bau yang tidak menyenangkan dan aduan masyarakat setempat berhampiran tapak pelupusan telah menjadi fokus utama kajian untuk menganalisis konsentration bau dari tapak pelupusan. Gangguan bau yang berpunca daripada sisa dari tapak pelupusan didapati memberi impak bukan sahaja ke atas ketidakselesaan penduduk (AERC 2001; Lee dan Jones-Lee 2005), gangguan kesejahteraan dan kesihatan (NRCCO 1979; Shusterman 1992; Klein 1999; Vrijheid 2000; Nicell dan Tsakaloyannis 2003), tetapi menjejaskan kualiti hidup penduduk yang tinggal berhampiran

Kedua, aduan tentang bau daripada masyarakat setempat tidak mendapat perhatian yang serius kerana tidak terdapat pihak berkepentingan yang mempertahankan isu ini. Pengalaman di United Kingdom menunjukkan masalah bau dari tapak pelupusan merupakan masalah aduan paling tinggi berbanding dengan aduan berkaitan dengan pengurusan sisa lain (Wilson 2007; Defra 2007). Masalah bau yang dijana daripada tapak pelupusan ini telah menjadi perhatian penting pihak pengurusan dan pemberian pelbagai dana penyelidikan bagi mencari penyelesaian untuk mengurangkan masalah bau dan keperluan menghasilkan teknologi terkini bagi mencari penyelesaian meminimumkan konsentration bau (Defra 2007).

Isu ketiga penting berkaitan dengan pencemaran bau di Malaysia ialah jarak kritikal untuk pembangunan petempatan atau bandar baru. Walaupun garis panduan yang diwartakan oleh pihak Jabatan Perancang Bandar dan Desa dalam garis panduan perancangan tapak pelupusan sisa toksik dan sisa pepejal (JPBD 1997) cukup jelas maksudnya dinyatakan pada bahagian 5.4.1 perkara III (c) iaitu “jauh tapak pelupusan dari kawasan yang mempunyai kepadatan penduduk yang tinggi dan keutamaan pembangunan hendaklah sekurang-kurangnya 5-10 km sebagai langkah untuk menyekat bau busuk, habuk dan bising”, tetapi jarak ini tidak dipatuhi. Berdasarkan tinjauan di beberapa tapak pelupusan di Malaysia, didapati jarak yang paling dekat antara tapak pelupusan dengan kawasan

kediaman ialah 500m. contohnya tapak pelupusan Pajam di Nilai, Negeri Sembilan. Begitu juga dengan jarak tapak pelupusan Ampar Tenang di Dengkil, Sepang yang berhampiran dengan Pusat Anti Dadah Kebangsaan hanya kira-kira 0.25 km sahaja. Sementara laluan bagi lori sampah yang keluar masuk bersebelahan dengan perumahan mewah Warisan Indah hanya 10 meter sahaja. Kewujudan taman perumahan baru yang dibangunkan walaupun sesuatu tapak pelupusan telah lama wujud juga menjadi sebahagian daripada isu pembangunan di Malaysia. Kewujudan sesuatu pembangunan setelah tapak pelupusan beroperasi untuk satu tempoh yang lama menjadi persoalan penting yang perlu diambil kira dalam konflik jarak dan letakan pembangunan tersebut. Begitu juga dengan peranan Jabatan Alam Sekitar yang mempunyai kuasa meluluskan sesuatu laporan Penilaian Impak Alam Sekitar (EIA) yang cukup jelas jarak dan sempadan letakan tapak pelupusan berhampiran penerima sensitif tetapi diluluskan untuk membangunkan tapak pelupusan.

Akhirnya, isu yang berkaitan dengan pencemaran bau ini ialah isu pentadbiran dan pengurusan. Sehingga kajian ini dilakukan, masih belum ada satu garis panduan khusus berkaitan dengan pencemaran bau diwujudkan di Malaysia, sama ada bau yang datang daripada operasi tapak pelupusan ataupun pelbagai bau daripada pelbagai sumber lain seperti ladang ternakan ayam dan khinzir, operasi kilang kelapa sawit, loji rawatan air kumbahan, dan sebagainya. Masalah yang berkaitan dengan perundangan amat kompleks sifatnya, kerana tidak terdapat undang-undang khusus yang boleh digunakan sebagai garis dasar untuk mengambil tindakan. Tambahan peralatan bagi mengukur konsentrasi bau juga masih belum terdapat di Jabatan Alam Sekitar Malaysia. Ini menimbulkan masalah daripada segi membuat pemantauan sekiranya aduan dibuat. Keadaan ini menjadi pengurusan dan tindakan kepada pesalah tidak dapat dipantau kerana tidak terdapat alatan yang khusus yang boleh digunakan sebagai pengukur konsentrasi bau yang berlaku. Di samping itu, di Malaysia masih tidak terdapat piawaian khusus bagi tahap pencemaran bau. Berdasarkan pengalaman negara maju yang sudah banyak membuat kajian tentang pencemaran dan pengukuran bau seperti di Australia, Eropah, Jepun, Korea dan Amerika Syarikat, perkara berkaitan dengan tahap konsentrasi bau bergantung kepada jenis alatan yang digunakan. Di samping itu, jenis sumber bau juga menjadikan tahap konsentrasi bau tercemar juga berbeza. Menurut maklumat yang diperolehi daripada sektor kualiti udara di Jabatan Alam Sekitar Persekutuan (JAS 2010), pihak JAS juga belum membuat sebarang kajian berkaitan dengan jenis gas yang dijanakan melalui operasi tapak pelupusan. Berdasarkan isu masalah ini, kajian ini mungkin boleh membantu pihak Jabatan Alam Sekitar dalam menghasilkan cadangan bagi mewujudkan garis panduan berkaitan pencemaran bau, khususnya perkara yang berkaitan dengan alatan, tahap konsentrasi dan kajian seterusnya.

Berdasarkan kejadian pencemaran bau daripada tapak pelupusan, jarak kritikal petempatan, faktor lain yang mempengaruhi pencemaran bau serta kelemahan pengurusannya, didapati masalah ini amat kronik dan memang sesuai kajian perlu dilakukan. Walaupun isu bau ini berterusan, tetapi ia masih sukar diatasi dan dilihat tidak terdesak walhal isunya amat penting dan perlu diatasi, dilakukan kajian dan dibuktikan secara bertulis. Sejauh mana aduan penerima sensitif yang amat hampir dengan tapak pelupusan yang menyatakan bau kuat dari tapak pelupusan menyebabkan kacau-ganggu rutin harian mereka boleh dibuktikan dengan pengukuran konsentrasi bau di lapangan.

Oleh yang demikian, kajian ini amat perlu dilakukan bagi memastikan suatu pengurusan yang lestari dapat dicadangkan bagi mengatasi masalah yang sedia ada, dan orang awam boleh bersedia untuk berhadapan dengan konsentrasi bau yang wujud. Kepentingan maklumat tentang bau juga boleh membantu orang awam berhati-hati untuk membeli harta tanah yang berhampiran dengan tapak pelupusan.

Definisi Bau dan Pencemaran Bau

Istilah bau boleh dinyatakan atau dijelaskan dalam pelbagai peringkat bergantung kepada individu dan tempat. Keupayaan individu untuk memberi definisi bau bergantung kepada status deria yang dimilikinya. Sementara tempat boleh merujuk kepada negeri atau negara yang menggunakan istilah atau penggunaan perkataan bau mengikut persekitaran negara ataupun kawasan tersebut sesuai dengan kehendak dan cita rasa penduduknya.

Mengikut Ministry for the Environment (2003) dan Air Policy Section of the Department of Environment and Conservation NSW (2006), bau merujuk kepada segala bahan atau kualiti sesuatu sumber yang boleh memberi kesan, stimulasi atau yang boleh diterima oleh deria bau. Sementara St. Croix Sensory (2003) menyatakan bau sebagai kualiti sesuatu yang boleh diterima atau dikesan melalui deria dalam bentuk aroma, bau wangi dan bau busuk. Manakala Yong (2004) berpendapat bahawa bau merupakan aspek alam sekitar yang sukar untuk dianalisis dan diterjemahkan. Bagi beliau, terdapat perbezaan yang ketara dan sukar dibezakan di antara pengukuran menggunakan analisis kimia dan penilaian sensor.

Seterusnya pengertian bau juga boleh terdiri daripada sebatian organik dan bukan zat organik seperti hidrogen sulfida (H_2S), ammonia (NH_3) dan *odorants*. Persepsi tentang impak bau merupakan satu proses yang boleh melibatkan dua peringkat. Pertama, berkaitan dengan bahagian fisiologi. Deria yang mendorong atau mengesan bau sebagai agen penerima ialah hidung. Sementara peringkat kedua melibatkan bahagian psikologi. Bahagian ini melibatkan tindakan manusia atau hidupan lain melalui otak yang bertindak balas setelah merasai bau (St. Croix Sensory 2003). Oleh yang demikian, objektif dan analisis untuk pengukuran bau adalah sukar. Rasa untuk mengesan bau merupakan persepsi individu yang pelbagai. Perbezaan reaksi penerimaan tentang bau boleh berbeza daripada segi gender penerima, umur, dan status kesihatan. Perbezaan penerimaan tahap bau boleh dikesan oleh manusia berdasarkan kandungan yang terdapat dalam bau tersebut. Dalam keadaan tertentu, bau yang dikesan amat berkait rapat dengan emosi. Sama ada emosi yang baik atau sebaliknya, bergantung kepada persepsi dan keupayaan hidung manusia untuk menyatakan impak sesuatu bau tersebut.

Serakan Bau

Serakan bau dalam atmosfera dan pendedahannya kepada penerima sensitif juga merupakan perkara penting yang perlu difahami dalam kajian berkaitan pencemaran bau dari tapak pelupusan. Konsentrasi dalam atmosfera tidak sahaja bergantung kepada isipadu dan kadar pengeluaran bau, tetapi bergantung juga kepada keadaan cuaca (AERC 2001). Melalui serakan yang semakin jauh berdasarkan jarak pergerakan bau yang dibawa dalam udara di atmosfera, darjah pengeluaran bau mungkin akan berkurangan. Keadaan ini berlaku bergantung kepada jarak, kelajuan, arah dan variabiliti angin, suhu dan kestabilan atmosfera.

Umumnya, faktor penting yang mempengaruhi serakan bau adalah kelajuan dan arah angin serta kestabilan atmosfera. Menurut AERC (2001), variabiliti dan kelajuan angin boleh menentukan tahap serakan dan penyebaran plume bau secara mendatar. Misalnya angin yang stabil menghasilkan serakan bau yang kurang, berbanding arah angin yang kuat boleh menyebabkan serakan bau yang drastik. Seterusnya, kestabilan atmosfera boleh memberi kesan serakan bau secara mendatar dan menegak. Manakala Hobbs et al. (2003) melihat serakan bau amat tinggi konsentrasinya pada waktu malam atau dalam keadaan *foggy/misty*, terutama bila keadaan angin adalah stabil atau dalam kelajuan yang amat minima. Kelajuan angin yang amat kuat, arah angin yang pelbagai dan berpusar tinggi dijangka boleh mengurangkan serakan bau yang tinggi dan penjana bau menjadi rendah. Kajian AERC (2001) juga mendapati serakan bau rendah pada waktu malam, diikuti dengan keadaan cuaca antisiklon dengan kelajuan angin serta suhu yang rendah. Keadaan ini boleh menghasilkan pembalikan yang boleh mencegah percampuran menegak daripada atmosfera. Selain itu, faktor topografi juga merupakan komponen penting yang boleh mempengaruhi serakan bau. Perbezaan topografi didapati boleh menghasilkan serakan bau dalam keadaan yang stabil.

KAEDAH DAN BAHAN

Cerapan data di lapangan, khususnya ciri fizikal sekitar kawasan tapak pelupusan seperti konsentrasi bau, sumber bau, jarak dan topografi serta keadaan guna tanah setempat merupakan maklumat utama yang amat penting dalam mengukur konsentrasi bau. Kajian ini melibatkan dua jenis kawasan iaitu di tapak pelupusan terbuka dan jenis sanitari. Tapak pelupusan terbuka diwakili oleh tapak pelupusan Ampar Tenang, Sepang, Selangor. Sementara tapak pelupusan sanitari diwakili oleh tapak

pelupusan Sungai Udang, Melaka. Seterusnya konsentrasi bau yang diukur juga dibandingkan daripada segi jarak stesen dalam kawasan kajian yang berasaskan pengukuran di punca (*point source monitoring*) dan secara *ambient*. Instrumen utama yang digunakan bagi mengukur konsentrasi bau ialah alat *Odour Concentration Meter Model XP-329 Series III* (Gambar 1). Alat ini digunakan untuk mencerap konsentrasi bau dalam udara (secara *ambient*) bagi mendapat kekuatan bau. Unit ukuran bagi alat ini ialah ou. Nilai konsentrasi bau yang dicerap bermula dengan 0 dan maksimum sehingga 2000 ou.



Gambar 1. Alat *Odour Concentration Model XP-329 Series III*

Cerapan juga dilakukan bagi mendapat data meteorologi lain seperti kelembapan bandingan, kelajuan angin, arah angin dan suhu dengan menggunakan alat *Anemometer* dan *Global Positioning System* (GPS). Bacaan bagi kelajuan angin dan kelembapan bandingan serta suhu maksimum akan direkodkan selepas beberapa minit alat ini diaktifkan. Penggunaan alat GPS penting bagi mendapatkan bacaan lokasi pensampelan dan juga arah angin. Penggunaan kedua-dua alatan ini adalah serentak dengan pengukuran konsentrasi bau.

Piawaian Pencemaran Bau

Piawaian pencemaran bau merupakan garis pengukur untuk menentukan sama ada konsentrasi bau yang diukur di lapangan mendatangkan kacau-ganggu dan impak ke atas kesejahteraan hidup penduduk yang tinggal berhampiran punca sesuatu pencemaran bau. Keadaan pencemaran bau itu berlaku apabila pengukuran menunjukkan konsentrasi yang diukur melebihi piawaian yang dibenarkan. Jadual 1 menunjukkan pelbagai piawaian, masa pemantauan dan guna tanah berkaitan bagi limitasi pencemaran bau di beberapa negara maju.

Dalam konteks di Malaysia, piawaian khusus berkaitan pencemaran bau masih belum diwartakan. Kajian yang berkaitan hanya merujuk kepada piawaian beberapa gas tertentu bagi mewakili bau daripada pelbagai punca bau. Bagi tujuan kajian ini, piawaian yang diguna pakai di beberapa negara maju digunakan sebagai penanda aras untuk menentukan sama ada konsentrasi bau yang diukur di tapak pelupusan sebagai kacau-ganggu dan memberi impak kepada ketidakselesaan penduduk.

Jadual 1. Piawaian Berkaitan Pencemaran bau mengikut guna tanah di beberapa negara maju

Negara	Piawaian	Masa pemonitoran	Gunatanah
United States			
City of Oakland (California, USA)	50 D/T	3 min	Kediaman luar Bandar (densiti tinggi)
City of Philadelphia (Pennsylvania, USA)	20 D/T		Kediaman
Colorado (USA)	127 D/T		Semua
Canada			
Manitoba	2 OU 7 OU	15 – 60 min	Zon kediaman Zon industri
New Zealand			
	1 OU/m ³	1 jam	Kediaman densiti tinggi
	2 OU/m ³	1 jam	Industri kecil dan sederhana, retail, perniagaan, pendidikan, institusi, ruang lapang, rekreasi, pelancongan
	5 OU/m ³	1 jam	Kediaman luar bandar (densiti rendah)
Australia			
South Australia	2 OU	3 min	>2,000 orang
	4 OU	3 min	>350 orang
	6 OU	3 min	>60 orang
	8 OU	3 min	>12 orang
	10 OU	3 min	<12 orang
	2 OU/m ³	3 min	Penerima sensitif – penduduk, hospital, sekolah, taman permainan kanak-kanak, fasiliti penjagaan
	4 OU/m ³	3 min	
	7 OU/m ³	3 min	
Asia			
Hong Kong	5 OU	5 saat	
Korea	20 OC		
	50 OC		
Taiwan	50 OU/m ³		

Sumber: Mahin et al. (2000), Park (2002), DEP (2002), Ministry for the Environment (2003), RWDI AIR Inc. (2005)

DAPATAN KAJIAN

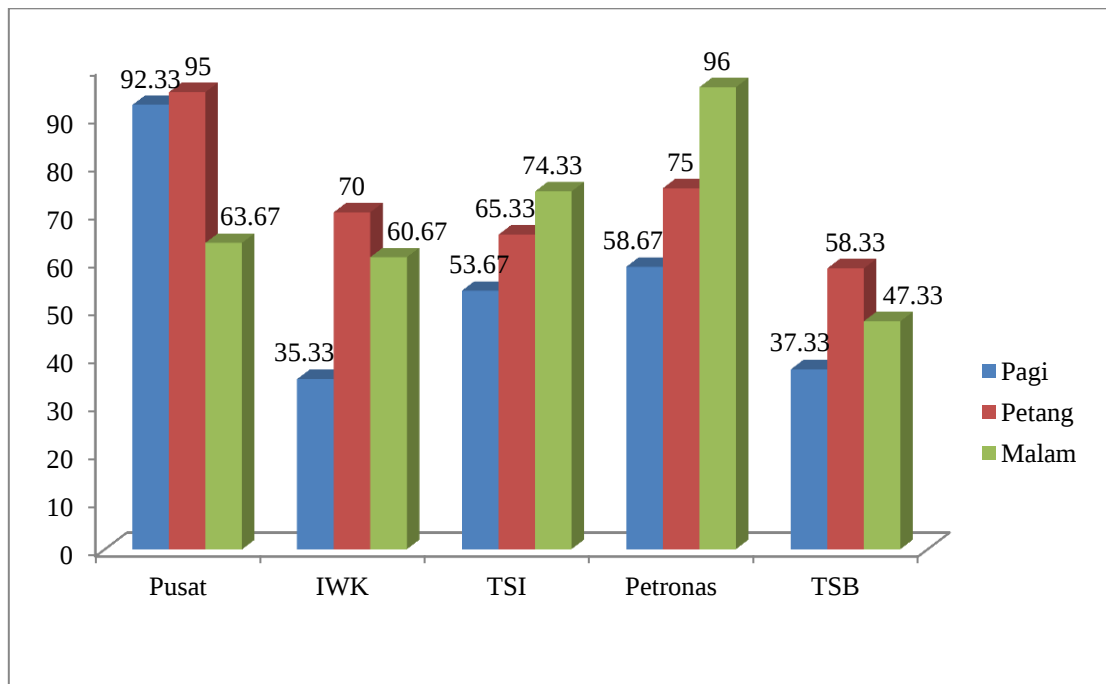
Perbandingan konsentration Tapak Pelupusan Terbuka dan Sanitari

Rajah 1 menunjukkan analisis konsentration bau mengikut jarak daripada sumber utama pencemaran bau di Tapak Pelupusan Sanitari Sungai Udang, Melaka. Lokasi stesen pengukuran adalah dalam lingkungan 1 kilometer daripada pusat operasi tapak pelupusan. Perbandingan juga dilakukan mengikut waktu pagi, petang dan malam. Keseluruhan dapatan kajian menunjukkan konsentration bau adalah antara 35.33 ou dan sehingga 96 ou.

Pengukuran waktu pagi menunjukkan konsentration bau waktu pagi dan petang pada stesen di pusat tapak pelupusan adalah masing-masing 92.33 dan 95 ou. Sementara bagi stesen lain, keseluruhan pengukuran waktu petang menunjukkan konsentration sedikit tinggi. Ini berlaku disebabkan oleh faktor atmosfera yang berada dalam keadaan stabil. Secara purata, didapati konsentration bau waktu pagi masih berada di bawah 100 ou dan keadaan ini berlaku mungkin disebabkan kelembapan yang tinggi dan kelajuan angin yang kurang menyebabkan serakan bau adalah kurang.

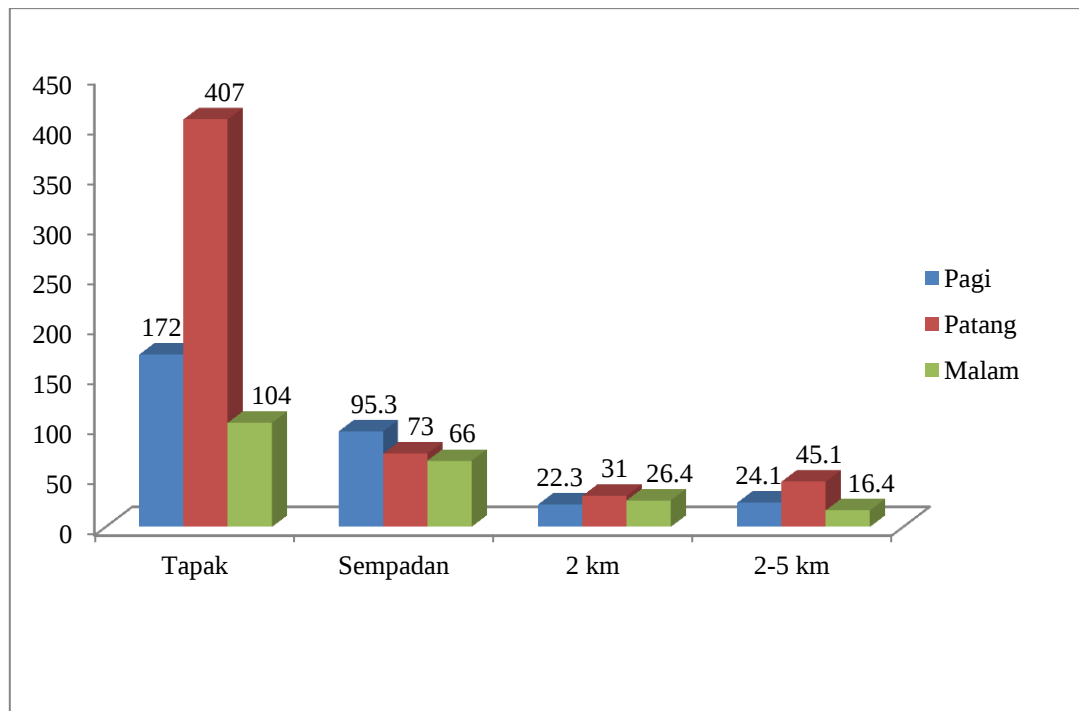
Seterusnya konsentrasi bau yang diukur pada waktu malam sepatutnya menunjukkan konsentrasi yang sedikit berkurangan kerana konsentrasi pada waktu ini telah dicerap pada waktu petang, kecuali di beberapa stesen yang menunjukkan konsentrasi lebih tinggi. Keadaan ini berlaku disebabkan stesen pengukuran yang berhampiran dengan stesen minyak Petronas boleh mempengaruhi konsentrasi bau yang dicerap. Tambahan semasa pengukuran dilakukan, aktiviti di stesen minyak Petronas adalah sangat aktif dan boleh menjadi punca pengukuran lebih tinggi di stesen ini.

Waktu malam menunjukkan konsentrasi bau yang tinggi direkodkan ialah di stesen minyak Petronas dengan konsentrasi tertinggi 96.0 ou. Sekali lagi pengaruh gas yang dikeluarkan semasa aktiviti pembelian petrol atau diesel secara langsung mempengaruhi konsentrasi bau di stesen ini kerana secara praktikalnya alatan yang digunakan berupaya mengesan semua jenis gas yang boleh mempengaruhi konsentrasi bau di sesuatu tempat atau kawasan.



Rajah 1. Konsentrasi Bau di Tapak Pelupusan Sanitari Sungai Udang, Melaka

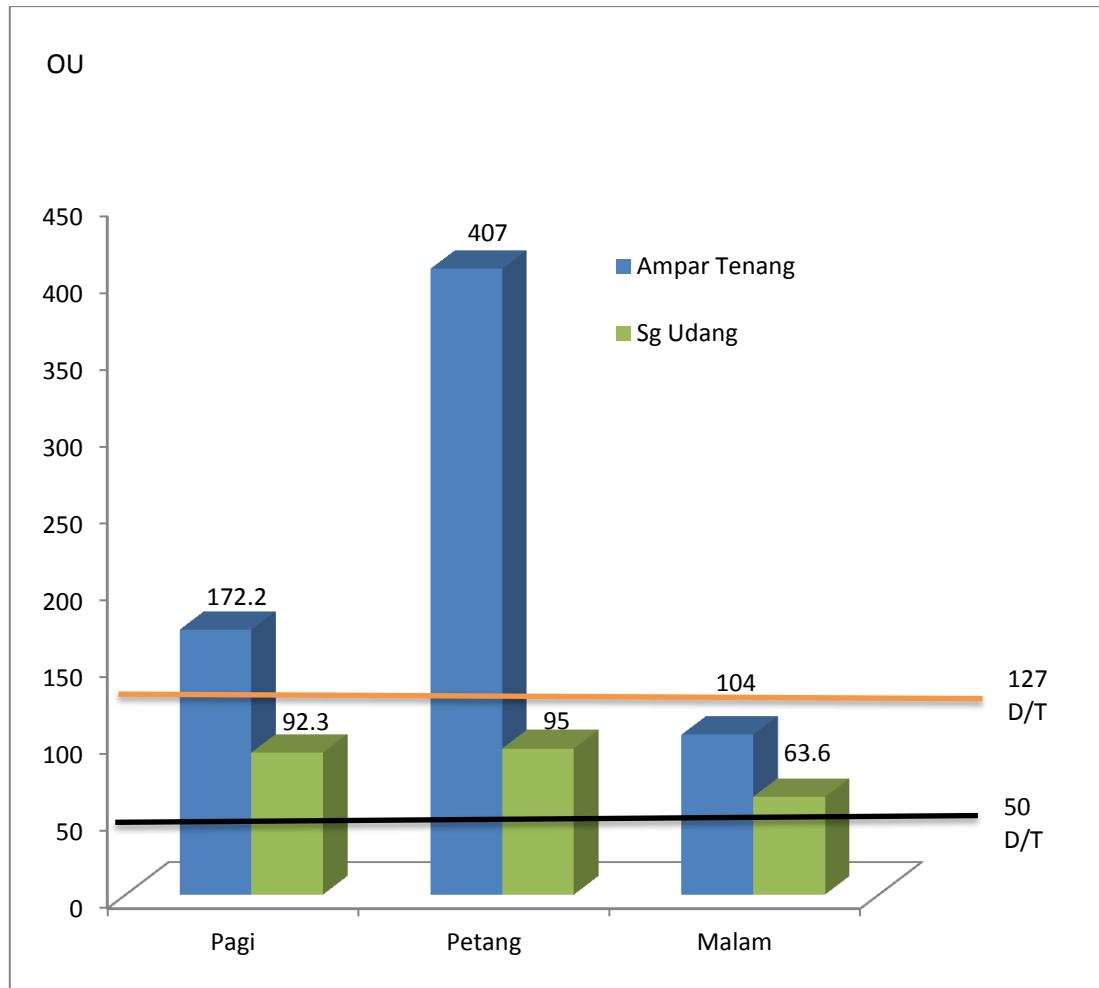
Sementara Rajah 2 menunjukkan konsentrasi bau yang diukur di tapak pelupusan terbuka, iaitu tapak pelupusan Ampar Tenang, Sepang, Selangor. Pengukuran konsentrasi di kawasan ini merangkumi kawasan dan jarak yang lebih luas iaitu lingkungan 5 kilometer. Dapatan kajian jelas menunjukkan pengukuran di tapak menunjukkan konsentrasi paling tinggi berbanding dengan stesen lain mengikut jarak dan waktu pengukuran. Misalnya konsentrasi paling tinggi dikesan di stesen di punca iaitu pada pengukuran waktu petang, iaitu 407 ou. Begitu juga dengan pengukuran waktu pagi menunjukkan konsentrasi tertinggi, iaitu 172 ou. Konsentrasi bau didapati semakin berkurangan apabila jarak lebih jauh daripada punca bau di tapak pelupusan. Walaupun terdapat konsentrasi sedikit tinggi pada jarak antara 2-5 kilometer, konsentrasi ini adalah disebabkan kawasan dan persekitaran pengukuran terdapat sumber pencemaran bau lain yang boleh mempengaruhi konsentrasi yang diukur.



Rajah 2. Konsentrasi Bau di Tapak Pelupusan Terbuka Ampar Tenang, Sepang

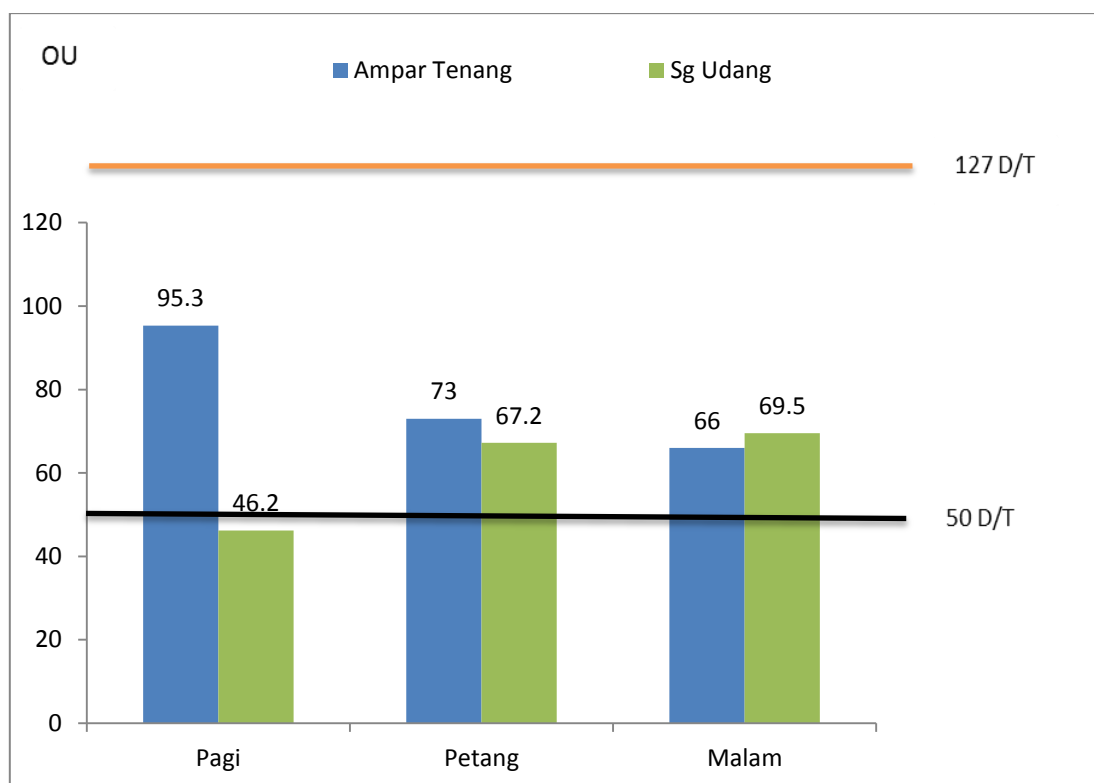
Perbandingan Konsentrasi Bau di Punca dan Sempadan

Selain daripada mengenal pasti konsentrasi bau mengikut jarak stesen mengikut setiap kilometer dalam lingkungan 5 kilometer bagi setiap tapak pelupusan, analisis ini cuba membandingkan terus konsentrasi bau yang diukur di punca sumber pencemaran bau mengikut waktu pagi, petang dan malam. Rajah 3 menunjukkan konsentrasi bau yang diukur di punca bagi tapak pelupusan terbuka dan sanitari. Berdasarkan rajah, konsentrasi bau yang diukur di punca secara *point source* jelas membuktikan tahap konsentrasi yang paling tinggi bagi jenis tapak pelupusan terbuka di Ampar Tenang, Sepang, Selangor pada semua waktu pengukuran dilakukan. Contohnya pengukuran waktu pagi, konsentrasi bau di tapak pelupusan terbuka ialah 172.2 ou, berbanding dengan konsentrasi bau dari tapak pelupusan sanitari Sungai Udang, Melaka adalah 92.3 ou. Seterusnya konsentrasi bau waktu petang menunjukkan tahap konsentrasi paling tinggi, iaitu 407 ou di tapak pelupusan terbuka dan 95 ou di tapak pelupusan sanitari. Konsentrasi yang tinggi pada waktu ini berlaku disebabkan atmosfera berada pada kestabilan yang tinggi, di mana keupayaan untuk partikel udara mendap adalah sangat tinggi. Keadaan ini disokong lagi dengan ciri meteorologi yang begitu stabil menjadikan konsentrasi bau lebih mendap pada waktu petang dan pengukuran biasanya memperoleh tahap yang tinggi. Daripada segi tahap pencemaran, dengan mengambil kira garis panduan yang diguna pakai di beberapa PBT di Amerika Syarikat, semua tahap konsentrasi bau yang diperoleh boleh dikatakan sebagai mempengaruhi kesejahteraan penduduk. Berbanding ini berdasarkan piawai yang diguna pakai pada konsentrasi bau 127 D/T bagi Bandar Colorado (USA) dan 50 D/T bagi City of Oakland (USA) (Rujuk Jadual 1). Dalam erti kata lain, dengan mengambil kira piawaian di negara tersebut dan tahap semasa konsentrasi bau yang diukur di tapak pelupusan terbuka ini, jelas berlaku pencemaran bau di kawasan kajian.



Rajah 3. Perbandingan Konsentrasi Bau di Pusat Tapak Pelupusan bagi Tapak Pelupusan Ampar Tenang dan Tapak Pelupusan Sg. Udang

Rajah 4 pula menunjukkan tahap konsentrasi bau yang diukur di sempadan lingkungan tapak pelupusan terbuka dan sanitari. Dengan mengambil kira piawaian yang rendah diguna pakai di Amerika Syarikat khususnya 50 D/T di City of Oakland, konsentrasi bau yang diukur di kedua-dua tapak pelupusan ini adalah melebihi piawaian kecuali bagi pengukuran pada sebelah pagi di tapak pelupusan sanitari adalah 46.2 ou sahaja. Lain-lain waktu pengukuran di kedua-dua tapak pelupusan ini menunjukkan tahap konsentrasi bau yang melebihi piawaian dengan pengukuran yang paling tinggi dikesan pada waktu pagi di tapak pelupusan terbuka iaitu 95.3 ou. Seterusnya konsentrasi bau yang diukur waktu petang memperoleh tahap konsentrasi bau 73 dan 67.2 ou bagi tapak pelupusan terbuka Ampar Tenang dan tapak pelupusan Sanitari Sungai Udang.



Rajah 4. Perbandingan Konsentrasi Bau di Sempadan Tapak Pelupusan bagi Tapak Pelupusan Ampar Tenang dan Tapak Pelupusan Sg. Udang

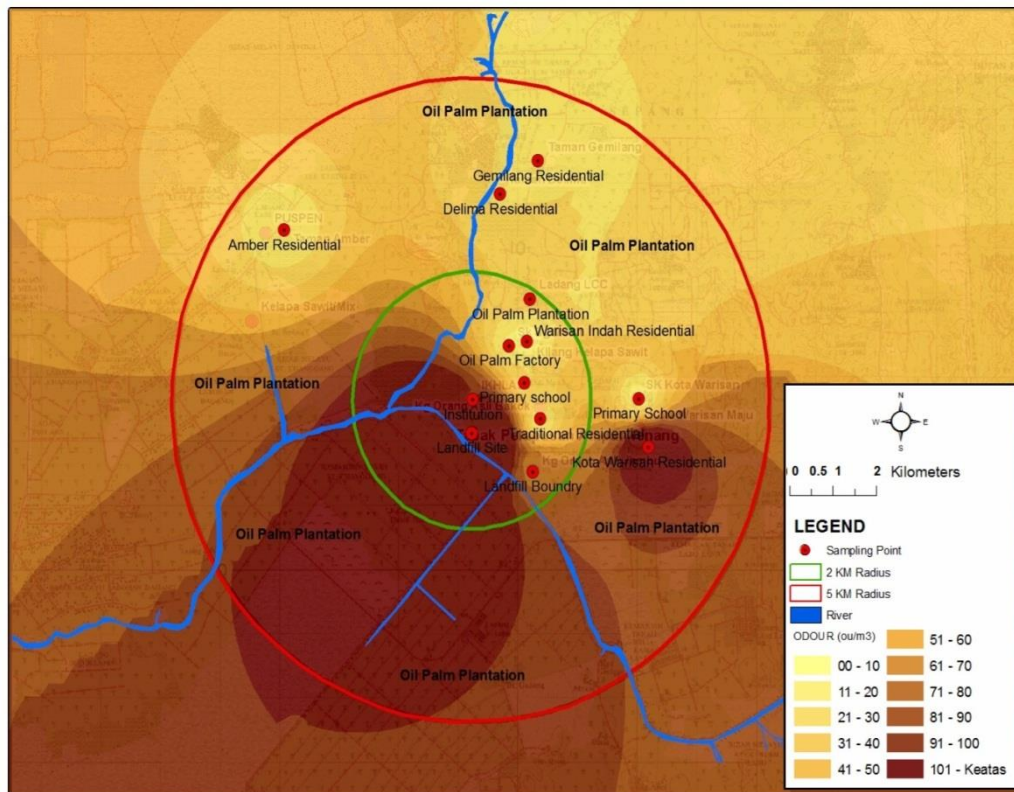
PERBINCANGAN

Berdasarkan piawaian DEC (2006), cerapan konsentrasi bau di sekitar kawasan kajian secara ambien ini jelas menyebabkan kacau-ganggu kepada penerima sensitif berhampiran. Walau bagaimanapun, pencemaran bau ini tidak sahaja datang dari tapak pelupusan Sungai Udang, kerana konsentrasi yang dicerap di kawasan lain mungkin disebabkan pengaruh dari IWK, gas yang dikeluarkan dari stesen minyak Petronas dan aktiviti perniagaan dari kawasan perniagaan Taman Sri Indah. Keadaan yang sama juga turut berlaku di tapak pelupusan terbuka, di mana konsentrasi yang diukur adalah semakin menurun mengikut jarak dari punca bau berlaku. Keseluruhan jelas bahawa tahap konsentrasi bau adalah berdasarkan jarak daripada punca semakin berkurangan apabila jauh daripada punca pencemaran bau. Konsentrasi bau mungkin sedikit tinggi bagi sebahagian stesen yang jauh daripada punca sumber pencemaran bau kerana faktor lain yang boleh mempengaruhi tahap konsentrasi bau di kawasan kajian.

Seterusnya jenis tapak pelupusan juga boleh mempengaruhi tahap konsentrasi bau. Bagi kajian ini, dapatan kajian jelas membuktikan tapak pelupusan terbuka dikesan mempunyai konsentrasi bau yang lebih tinggi, iaitu kira-kira 407 ou bagi pengukuran di punca pada waktu petang (rujuk rajah 2). Sementara bagi tapak pelupusan sanitari, pengukuran waktu petang yang dilakukan menunjukkan konsentrasi yang diperoleh di punca adalah 95 ou (rujuk rajah 3). Perbandingan ini jelas menunjukkan jenis tapak pelupusan akan mempengaruhi tahap konsentrasi bau yang berjaya diukur. Dalam kes ini, tapak pelupusan sanitari yang mempunyai sistem kawalan dan rawatan yang sistematik dan teratur menunjukkan tahap konsentrasi bau yang lebih rendah berbanding dengan tapak pelupusan terbuka yang tidak mempunyai sistem rawatan yang sempurna dan sistematik.

Dari segi serakan aliran bau di atmosfera, konsentrasi bau yang dikesan boleh bergantung kepada faktor persekitaran setempat, khususnya faktor meteorologi. Begitu juga dengan topografi sekitar kawasan kajian juga turut mempengaruhi konsentrasi bau di kawasan kajian. Rajah 5

menunjukkan analisis serakan konsentrasi bau bagi sekitaran tapak pelupusan terbuka Ampar Tenang, Sepang, Selangor.



Rajah 5. Serakan Konsentrasi Bau bagi Pengukuran Waktu Petang dari Tapak Pelupusan Terbuka Ampar Tenang, Sepang, Selangor

Akhirnya daripada segi piawaian semasa berdasarkan piawaian di beberapa negara maju, keseluruhan pengukuran konsentrasi bau yang dilakukan di tapak pelupusan terbuka dan sanitari menunjukkan tahap konsentrasi bau yang melebihi piawaian. Walaupun kajian ini menunjukkan konsentrasi bau yang melebihi piawaian yang ditentukan oleh DEC (2006), tetapi berdasarkan piawaian yang masih dalam proses penggubalan, bagi piawaian yang dibenarkan di peringkat sumber di tapak pelupusan adalah 6,000 OU/m³. Dalam konteks ini, Malaysia harus melakukan kajian yang menyeluruh dalam menentukan piawaian konsentrasi bau yang sesuai dengan mengambil kira jenis sisa yang dibuang, jarak, jenis tapak pelupusan dan faktor meteorologi setempat.

KESIMPULAN

Keseluruhan, kajian tentang pencemaran bau dari tapak pelupusan ini adalah amat kompleks kerana sumber bau yang diukur tidak hanya datang daripada pengoperasian tapak pelupusan Sungai Udang, tetapi pengaruh bau daripada operasi atau aktiviti lain. Misalnya pengaruh operasi pembetungan Indah Water Konsortium (IWK) berhampiran turut menjadi punca pencemaran bau sekitar taman perumahan di Sungai Udang. Begitu juga dengan pusat pengumpulan sisa di Kota Warisan, walaupun pada jarak yang jauh daripada pusat pelupusan, tetapi tahap konsentrasi baunya adalah tinggi.

Berdasarkan piawaian yang masih dalam peringkat penggubalan, cerapan konsentrasi bau yang diperoleh secara ambien adalah jauh lebih rendah, iaitu pada semua stesen dan bacaan pada waktu pagi, petang dan malam adalah kurang daripada 100 ou bagi tapak pelupusan sanitari. Sementara bagi tapak pelupusan terbuka, konsentrasi bau yang diukur melebihi sehingga 407 ou. Pengaruh konsentrasi bau yang dikesan di kawasan kajian bukan sahaja terhad kepada pengaruh

jarak, topografi, ciri meteorologi tetapi jenis aktiviti juga secara langsung mempengaruhi konsentrasi bau yang akan diukur.

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak Universiti Kebangsaan Malaysia, Pusat Penyelidikan Kelestarian Sosial, Persekitaran dan Pembangunan (SEEDS), Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan (FSSK) dan Institut Perubahan Iklim (IPI) yang menyediakan dana bagi membiayai penyelidikan ini di bawah geran GGPM-018-2012, DPP-2013-145 dan GUP-2017-039.

RUJUKAN

- Applied Environmental Research Centre (AERC). 2001. *Assessment and control of amenity effects associated with landfills – Guidance manual for odour, litter and dust*. Cranfield: Guidance support from Viridor Waste Management Limited, the Environmental Trust Scheme Regulatory Body Limited and under the Landfill Tax Credit Scheme.
- Bradley, A.D.; Cook, D.J.; Edwards, J.S.; Johnston, A.G.; Linforth, R.S. & Taylor, A.J. 2001. The control and measurement of landfill odours, *Proceedings of Eighth International Landfill Symposium*, 681-690. S. Margherita di Pula – Cagliari, Italy, 1-5 October.
- Casey, J.W., Sheridan, B.A., Henry, M. & Reynolds, K. 2008. Effective tools for managing odours from landfill facilities in Ireland. Ireland: Odours Monitoring Ireland. (Atas talian: www.aidic.it/nose2008/webpaper/17Casey.pdf)
- Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). 2007. *Odour guidance for local authorities*. London: Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- Department of Environmental Protection (DEP). 2002. *Odour methodology guidelines*. Perth, Western Australia: Department of Environmental Protection.
- Department of Environmental and Conservation (DEC). 2006. *Technical framework: assessment and management of odour from stationary sources in NSW*. Sydney: Department of Environmental and Conservation.
- Department of Environmental and Conservation (DEC). 2006. *Technical framework: assessment and management of odour from stationary sources in NSW*. Sydney: Department of Environmental and Conservation.
- Hobbs, S. E., Longhurst, P., Sarkar, U. & Sneath, R. W. 2003. Comparison of dispersion models for assessing odour from municipal solid wastes. *2nd Integrated Waste Association (IWA) International Conference on Odours and VOCs: Measurement, Regulation and Control Technique*. Singapore: 15-17 September.
- Klein, R.O. 1999. *Citizen perspective on siting solid waste facilities*. Maryland: Community and Environmental Defense Services.
- Jabatan Perancang Bandar dan Desa (JPBD). 1997. *Garispanduan pembinaan dan pengurusan tapak pelupusan sisa buangan berjadual dan pepejal (Piawaian Perancangan JPBD 8/97)*. Kuala Lumpur: Jabatan Perancangan Bandar dan Desa.
- Lee, F. & Jones-Lee, A. 2005. *Monitoring the impacts of landfills during their active life*. Report of G. Fred Lee & Associates, El Macero, CA. (www.Gfredlee.com/landfills/MoniActiLifeImpactsLFs.pdf)
- Ministry for the Environment. 2003. *Good practice guide for assessing and managing odour in New Zealand*. (Air Quality Report 36. ME:473). Wellington: Ministry for the Environment.
- Mahin, T.D., Pope, R. and McGinley, M. 2000. When is a smell a nuisance? *Water Environment & Technology* 12(5): 49-53.
- Nicolas, J. Craffe, F. & Romain, A.C. 2006. Estimation of odor emission rate from landfill areas using the sniffing team method. *Waste Management* 26: 1259-1269.
- Nicell, J. A. & Tsakaloyannis, M. K. 2003. A protocol for odour impact assessment. *2nd Integrated Waste Association (IWA) International Conference on Odours and VOCs: Measurement, Regulation and Control Technique*. Singapore: 15-17 September.
- National Research Council Committee on Odors (NRCCO). 1979. *Odors from stationary and mobile sources*. Washington, D.C: Board on Toxicology and Environmental Hazards, Assembly of Life Sciences, National Academy of Sciences.

- Park, S. J. 2002. The regulation and measurement of odor in Korea. In *Odor Measurement Review*. Japan: Environmental Management Bureau. Ministry of the Environment, Government of Japan.
- RWDI Air Inc. 2005. *Odour management in British Columbia: Review and Recommendations*. British Columbia: Ministry of Water, Land and Air Protection.
- St. Croix Sensory, Inc. 2003. *A Detailed Assessment of the Science and Technology of Odor Measurement*. United States of America: St. Croix. Sensory.
- Shusterman, D. 1992. Critical review: The health significance of environmental odor pollution. *Arch. Env. Health*. 47(1): 76-87.
- Shi, L. 2004. Odor pollution control regulation and measurement in China. *East Asia Workshop on Odor Measurement and Control Review*. Japan: Osaka City Institute of Public Health and Environmental Sciences.
- Smith, R.J. 1995. A Gaussian model for estimating odour emission from area sources. *Mathematical and computer modelling* 21(9): 23-29.
- Smith, R.J. & Watts, P.J. 1994. Determination of odour emission rates from cattle feedlots: Part 1, a review. *Journal of Agriculture Engineering Research* 57(3): 145-155.
- Snider, R., Culos, B., Trovarelli, A., Soldati, A., Sironi, S. & Capelli, L. 2008. Evaluation of odour emissions from a landfill through dynamic olfactometry, dispersion modeling and electronic noses. *Chemical Engineering Transaction* 15: 315-321.
- Yong, S.B. 2004. Applications of odour measurements in Korea. *East Asia Workshop on Odor Measurement and Control Review*. Japan: Office of Odor, Noise and Vibration, Environmental Management Bureau, Ministry of the Environment, Government of Japan.
- Vrijheid, M. 2000. Health effects of residence near hazardous waste landfill sites: A review of epidemiologic literature. *Environmental Health Perspectives Supplements* 108(S1).
- Wilson, D.C. 2007. Development drivers for waste management. *Waste Manage Res* 25: 198-207.
- Wing, S., Horton, R.A., Marshall, S.W., Thu, K., Tajik, M., Schinasi, L. & Schiffman, S. 2008. Air pollution and odor in communities near industrial swine operation. *Environmental Health Perspectives* 116(10): 1362-1368.

Zaini Sakawi, (PhD)
Associate Professor
School of Social, Development and Environmental Studies (SEEDS)
Faculty of Social Sciences and Humanities
Universiti Kebangsaan Malaysia
Email: zaini@ukm.edu.my

Received : 10 November 2017

Accepted : 9 March 2018