



Pencemaran bau di Malaysia: Keperluan bagi pindaan Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974 (Peraturan-peraturan Pencemaran Kualiti Udara)

Zaini Sakawi

Pusat Pembangunan, Sosial dan Persekitaran, Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan,
Universiti Kebangsaan Malaysia

Correspondence: Zaini Sakawi (email: zaini@ukm.edu.my)

Abstrak

Bau merupakan sebahagian elemen alam sekitar yang boleh menyumbang kepada pencemaran seperti kacau ganggu dan ketidakselesaan manusia. Bau boleh dinyatakan sebagai sesuatu yang selesa, tidak menyenangkan dan memberi kesan psikologi kepada individu atau penerima sensitif. Pencemaran bau merupakan satu kacau-ganggu yang menyebabkan seseorang individu berada dalam keadaan yang tidak selesa, memudaratkan dan kejatuhan nilai harta tanah. Kini, isu dan masalah pencemaran bau merupakan antara isu alam sekitar yang mendapat perhatian ramai. Walau bagaimanapun, dalam konteks pengurusan, masih tidak ada perundangan dan garis panduan khusus tentang pencemaran bau. Walaupun wujud peraturan khusus pencemaran berkaitan kualiti udara dalam Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974, tetapi tidak dinyatakan khusus berkaitan pencemaran bau. Seterusnya, keperluan bagi mewujudkan peraturan khusus tentang pencemaran bau dalam pindaan akta EQA 1974 perlu dilaksanakan bagi memenuhi keperluan undang-undang khususnya berkaitan tindakan, penguatkuasaan, pengukuran dan analisis berkaitan pencemaran bau. Bagi tujuan ini, kajian kes di loji rawatan kumbahan Desa Jasmin, Nilai Negeri Sembilan telah dilakukan bagi mengenal pasti kepentingan dan keperluan pelaksanaan akta berkaitan pencemaran bau untuk diwartakan. Sejumlah 65 responden telah dipilih secara rawak dalam lingkungan 500 meter dari loji rawatan kumbahan. Dapatan kajian jelas menunjukkan wujudnya pencemaran bau dan melebihi piawaian yang dibenarkan. Implikasi kajian ini jelas menunjukkan Jabatan Alam Sekitar perlu mewartakan satu undang-undang khas berkaitan pencemaran bau supaya tindakan dan pengurusan boleh dilaksanakan.

Kata kunci: bau, *Dynamic Olfactometer*, EQA 1974, intensiti, konsentrasi, pencemaran bau

Odour pollution in Malaysia: Requirements for amendments of the Environmental Quality Act 1974 (Air Quality Policy Regulations)

Abstract

Odour is a part of the environmental element that can contribute to the pollution such as nuisance and human discomfort. Odour can be expressed as something comfortable, unpleasant and psychologically impactful to individuals or sensitive recipients. Odour

pollution is a nuisance that causes an individual to be in an uncomfortable condition, detrimental and falling of the property value. Now, issues and problems of odour pollution are among the issues of the environment that are need more attention. However, in the context of air quality management, there is still no legislation and specific guidelines on odour pollution. Although there is a specific air pollution regulation related to air quality in the Environmental Quality Act 1974, but it is not specifically mention on odour pollution guideline and regulation. Furthermore, the need to establish specific rules on odour pollution in the amendments of EQA act 1974 should be implemented to meet the requirements of the law, especially related on action, enforcement, measurement and analysis of odour pollution. For this purpose, a case study at a Sewage Treatment Plant Desa Jasmin, Negeri Sembilan has been carried out to identify the essentials and requirements for the implementation of specific acts on odour pollution for gazetting. A total of 65 respondents were randomly selected within 500 meters of the sewage treatment plant. The findings of the study clearly indicate the presence of odour pollution and exceed the permissible standards. The implication of this study clearly indicates that the Department of Environment should gazette a specific law on odour pollution so that action and management can be implemented

Keywords: odour, Dynamic Olfactometer, EQA 1974, intensity, concentration, odour pollution

Pengenalan

Bau merupakan sesuatu yang bersifat subjektif dan sukar ditafsir secara tepat antara individu. Kajian tentang bau boleh diklasifikasikan mengikut keperluan dan tujuan serta sumber pencemaran bau berlaku. Antara skop kajian yang pernah dilakukan adalah seperti intensiti, konsentrasi, jenis gas, piawaian pencemaran bau, impak bau ke atas persekitaran fizikal dan manusia, pengukuran dan perundangan. Analisis bau boleh dilakukan secara empirikal dan berdasarkan sensor deria manusia. Alatan yang biasa digunakan oleh kebanyakan Negara maju seperti United Kingdom, Eropah, Australia dan New Zealand untuk mengukur konsentrasi bau ialah *Dynamic Olfactometer*. Alatan *Dynamic Olfactometer* ini boleh didapati dalam pelbagai model yang boleh digunakan untuk pemantauan data di lapangan dan analisis di makmal, serta pemantauan secara ambien. Antara model yang biasa digunakan ialah model SM100, SM100i, SM300, SM40 dan SM600. Sementara kajian secara subjektif boleh menggunakan sensor manusia atau alatan seperti Nasal Ranger.

Pencemaran bau merupakan salah satu isu alam sekitar yang berpunca dari pelbagai sumber sama ada daripada operasi ternakan, kilang kelapa sawit dan getah, operasi tapak pelupusan, industri, dan rawatan sisa kumbahan. Pencemaran bau terjadi melalui keadaan udara yang dicemari oleh bahan pencemar yang melepaskan gas berbau busuk yang boleh menyebabkan ketidakselesaan kepada penduduk yang tinggal di sekitar punca pencemaran berlaku. Konsentrasi bau yang tinggi bergantung kepada jenis sisa buangan atau kumbahan yang dikeluarkan dari sumber utama. Di samping itu, tempoh keterdedahan, suhu, arah tiupan angin dan kelajuan angin merupakan sebahagian daripada faktor yang boleh mempengaruhi konsentrasi bau (Smith & Watts 1994; Smith 1995). Seterusnya, Pillai et al. (2010) dalam kajiannya berkaitan kewujudan sebatian bau di atmosfera atau udara mempunyai ciri bau tersendiri dan manusia boleh mengesan lebih 10,000 jenis bau yang berbeza tetapi hanya mampu mengenalpasti beberapa jenis bau sahaja.

Kajian literatur

Masalah yang datang dari pencemaran bau bukan sahaja terhad kepada bau daripada tapak pelupusan, tetapi bau yang dijanakan dari pelbagai sumber lain. Menurut Nicolas et al. (2006), bau yang tidak menyenangkan boleh menyebabkan gangguan serius ke atas penerima sensitif di sekitar sumber bau. Bau daripada pelbagai jenis sisa buangan dilepaskan daripada buangan sisa yang segar yang dijana melalui tindakbalas dan pelepasan gas. Contohnya pencemaran bau dari tapak pelupusan, boleh berpunca dari kolam rawatan air kurasan, melalui kebakaran di tapak pelupusan dan kerja rawatan sisa seperti aktiviti pengkomposan. Page et al. (2008) menjelaskan masalah kesihatan yang kerap berlaku disebabkan keterdedahan kepada pencemaran bau biasanya melibatkan gangguan sistem respirasi dan penyakit kulit. Masalah kesihatan ini biasanya berlaku kepada kanak-kanak dan golongan tua.

Di Malaysia, kajian tentang bau dan pencemarannya masih kurang dilakukan kerana kekangan peralatan bagi pengukuran dan tidak ada garis panduan serta akta khusus yang boleh diaplikasikan. Walaupun aduan tentang pencemaran bau banyak diwar-warkan dalam media elektronik dan cetak, tetapi tindakan tidak boleh dilakukan kerana limitasi piawaian dan peraturan. Kajian saintifik daripada segi konsentrasi dan intensiti bau, sukar dilaksanakan kerana tidak terdapat alatan bagi pengukuran bau. Kajian berkaitan pencemaran bau pernah dibincangkan oleh Othman et al. (2008) dan Zaini et al. (2012). Perbincangan adalah lebih kepada isu dan cabaran dalam melakukan kajian ke atas pencemaran. Tidak terdapat kajian yang spesifik berkaitan pencemaran bau khususnya daripada segi piawaian pencemaran, konsentrasi, intensiti, undang-undang dan pengurusannya. Pada tahun 2009, kajian secara spesifik berkaitan pencemaran bau dari operasi tapak pelupusan khususnya berkaitan persepsi penerima sensitif telah dilakukan oleh Zaini et al. (2011a).

Seterusnya, kajian pengukuran konsentrasi bau daripada operasi tapak pelupusan secara terbuka turut dilakukan oleh Zaini et al. (2011a). Selain itu kajian secara persepsi ke atas penerima sensitif bagi mengenal pasti impak, intensiti bau dan pengaruh faktor meteorologi (Zaini et al., 2011b, 2011c) turut dilakukan. Kajian yang hampir sama juga pernah dilakukan oleh Lukman (2012) ke atas pencemaran bau dari operasi *Refuse Derived Fuel* (RDF) dan Mohd Khalil (2013) ke atas bau dan gas daripada operasi ternakan kerbau. Selain kajian yang bersifat fizikal mengenal pasti konsentrasi bau dan gas dari sumber tapak pelupusan, operasi RDF dan haiwan ternakan, terdapat juga kajian yang cuba melihat impak pencemaran bau ke atas psikologi dan kesihatan penduduk sekitar loji rawatan kumbahan (Nor Dianiza, 2013).

Berbeza dengan negara maju seperti United Kingdom, Eropah, Australia dan New Zealand, kajian tentang pencemaran bau mendapat perhatian yang utama dalam kalangan penyelidik dan pihak berkuasa tempatan (Zaini et al., 2012). Kajian tentang bau bukan sahaja dilakukan bagi mengukur konsentrasi, intensiti, komponen gas, impak pencemaran bau ke atas kesihatan dan kesejahteraan penduduk, langkah tebatan, tetapi melibatkan keshahihan penggunaan kepelbagaian alatan bagi pengukuran. Kepelbagaian alat bagi mengukur konsentrasi dan intensiti bau banyak dilakukan sama ada dari segi keberkesanan aplikasi, perbandingan dan sistematik. Kajian oleh Arief et al. (2004) berkaitan dengan alat pengukuran bau berpendapat kaedah yang sistematik boleh mengesan pencemaran bau dengan baik ialah alatan olfactometer. Melalui kaedah ini, penilaian bau adalah berdasarkan beberapa ahli panel yang mengukur intensiti bau menggunakan sensor hidung yang terdiri daripada beberapa orang panelis dengan 95 peratus kebarangkalian pencemaran bau yang boleh dikesan. Antara kajian lain tentang penggunaan pelbagai alat bagi mengukur bau ialah kajian oleh Nicolas et al. (2000), McGinley (2002), Iwasaki (2004), Nicolas et al. (2005; 2006), Micone dan Guy (2006), Littaru et al. (2007), Romano et al. (2007), Snider et al. (2008), Zarra et al. (2008) dan Ruth et al. (2018).

Aspek pengurusan, khususnya berkaitan dengan perundangan atau akta khusus berkaitan pencemaran bau masih tidak wujud di Malaysia. Pengaruh dan kepentingan peraturan dan undang-undang ini penting bagi memastikan setiap kesalahan berkaitan pencemaran bau boleh diambil tindakan. Menurut Brancher et al. (2016), undang-undang mengenai pencemaran udara melibatkan pencemaran bau ke atas alam sekitar di Chile memang telah sedia ada dan piawaian yang diwujudkan adalah spesifik ke atas pelepasan sebatian sulfur khususnya dalam industri pembuatan pulpa. Begitu juga dengan kajian oleh Arief Sabdo Yuwono (2008) di Indonesia yang menjelaskan tentang peraturan atau garis panduan tentang pencemaran bau dalam peraturan kerajaan di Republik Indonesia dalam perkara No.4 (1999) khusus mengenai pencemaran udara (bau) yang dibuat oleh menteri alam sekitar. Peraturan ini digubal selari dengan peningkatan masalah pencemaran bau di Indonesia khususnya dari sektor industri dan pertanian. Garis panduan yang digubal adalah untuk membuat tindakan khusus dan menilai keadaan bau yang boleh mengganggu kesihatan manusia dan alam sekitar di negara tersebut. Negara lain yang mengkaji tentang kepentingan wujudkan peraturan khusus tentang pencemaran bau adalah Jerman (Guideline VDI 3940, 1993; Both, 1996).

Bagi memberi pendedahan dan maklumat tentang pencemaran bau daripada pelbagai sumber di Malaysia, kajian ini bertujuan untuk mengenal pasti intensiti, konsentrasi dan impak pencemaran bau terhadap penduduk setempat. Punca pencemaran bau daripada operasi loji kumbahan telah dipilih sebagai perintis untuk melihat ciri, impak dan pengaruh pencemaran bau ke atas kesejahteraan dan kualiti hidup harian penduduk sekitar. Hasil kajian yang diperolehi akan dijadikan asas kepada proses menghasilkan peraturan-peraturan kualiti udara khususnya pencemaran bau di Malaysia yang berkaitan dengan piawaian, alatan pengukuran, penguatkuasaan dan tindakan bagi pesalah yang berkaitan.

Metod dan kawasan kajian

Kajian kes: Pencemaran bau dari loji rawatan kumbahan

Data kajian diperolehi dengan menggunakan instrumen soal selidik. Sejumlah 65 responden telah dipilih sebagai penerima sensitif dalam kawasan kajian bagi mengkaji persepsi mereka ke atas pencemaran bau. Nilai *Cronbach Alpha* bagi menentukan kebolehpercayaan set soal selidik adalah 0.749. Persampelan dilakukan secara rawak ke atas penduduk yang tinggal sekitar 500 meter dari loji kumbahan di kawasan perumahan Desa Jasmin. Jumlah penduduk dalam kawasan kajian ialah kira-kira 3800 orang dengan jumlah kediaman sebanyak 760 buah yang terdiri daripada rumah teres satu tingkat dan dua tingkat. Pengukuran konsentrasi bau dilakukan dengan mengguna alat *Odour Concentration Meter* model XP-329 III dan pemantauan mengikut waktu pagi, petang dan malam. Sejumlah 18 titik persampelan telah ditetapkan bagi mencerpap konsentrasi bau. 4 titik persampelan dicerpap berhampiran punca bau iaitu dalam loji kumbahan dan 14 titik persampelan di sekeliling lojikumbahan (Jadual 1). Sementara lokasi bagi loji kumbahan ialah di koordinat 2°48'10.97"N 101°47'14.03"E, berhampiran dengan kawasan kediaman, institusi (Sekolah Rendah Kebangsaan Desa Jasmin) dan perniagaan (Rajah 1).

Jadual 1. Koordinat 18 stesen kawasan kajian di WTP Desa Jasmin

Lokasi	Latitud	Longitud
J1	2°48'09.52"N	101°47'13.83"E
J2	2°48'10.97"N	101°47'14.03"E
J3	2°48'10.79"N	101°47'15.87"E
J4	2°48'11.19"N	101°47'16.56"E
J6	2°48'15.94"N	101°47'18.06"E
J7	2°48'13.48"N	101°47'19.19"E
J8	2°48'11.37"N	101°47'20.07"E
J10	2°48'10.91"N	101°47'21.26"E
J11	2°48'10.16"N	101°47'12.76"E
J12	2°48'08.78"N	101°47'11.02"E
J13	2°48'10.33"N	101°47'09.91"E
J14	2°48'12.24"N	101°47'12.81"E
J15	2°48'16.88"N	101°47'12.23"E
J16	2°48'14.61"N	101°47'09.49"E
J17	2°48'12.51"N	101°47'09.24"E
J18	2°48'10.28"N	101°47'07.57"E
J19	2°48'14.62"N	101°47'12.69"E
J20	2°48'08.80"N	101°47'08.77"E



Rajah 1. Lokasi kawasan kajian di Desa Jasmin, Nilai, Negeri Sembilan

Hasil kajian dan perbincangan

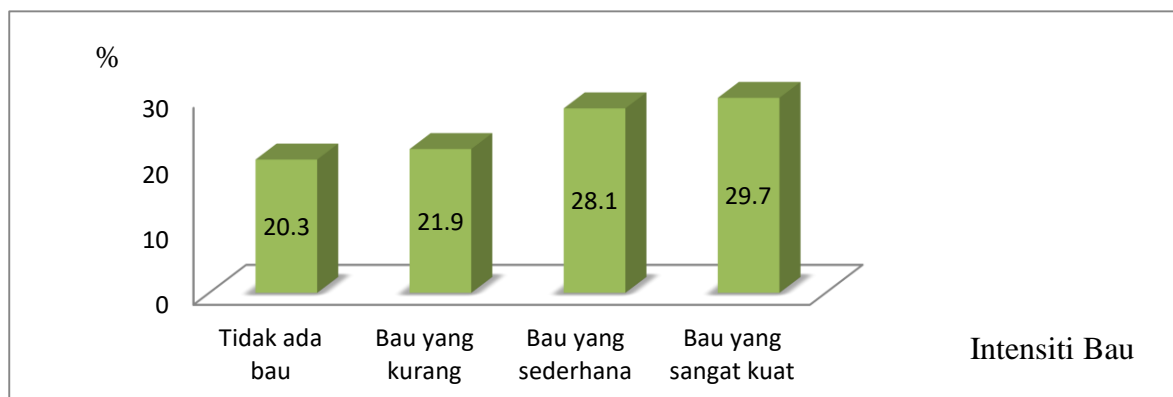
Impak pencemaran bau

Impak operasi loji kumbahan ke atas pencemaran bau berdasarkan kajian menggunakan kaedah soal selidik dan berdasarkan deria hidung responden untuk menilai intensiti dan persepsi ke atas ciri bau, frekuensi dan impak fizikal dan manusia menunjukkan dapatan kajian yang ketara. Secara umumnya, dapatan kajian jelas membuktikan bahawa operasi loji

kumbahan merupakan punca pencemaran bau ke atas persekitaran fizikal di taman perumahan. Analisis kajian menunjukkan dua pertiga responden menyatakan pencemaran bau disebabkan oleh operasi loji kumbahan.

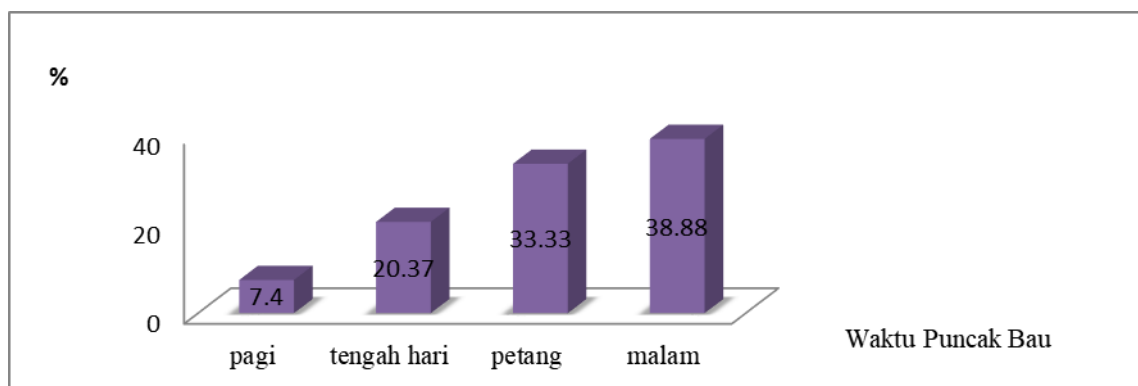
Intensiti, waktu puncak dan frekuensi pencemaran bau

Rajah 2 menunjukkan intensiti bau yang dinyatakan oleh penerima sensitif kesan dari operasi loji kumbahan. Secara purata didapati 80 peratus responden bersetuju wujud pencemaran bau yang disebabkan oleh operasi loji kumbahan. Dari jumlah ini, didapati masing-masing 29.7 peratus dan 28.1 peratus menyatakan intensiti bau yang sangat kuat dan bau yang sederhana. Sementara baki 21.9 dan 20.3 peratus responden menyatakan wujud bau yang kurang dan tidak ada bau langsung.



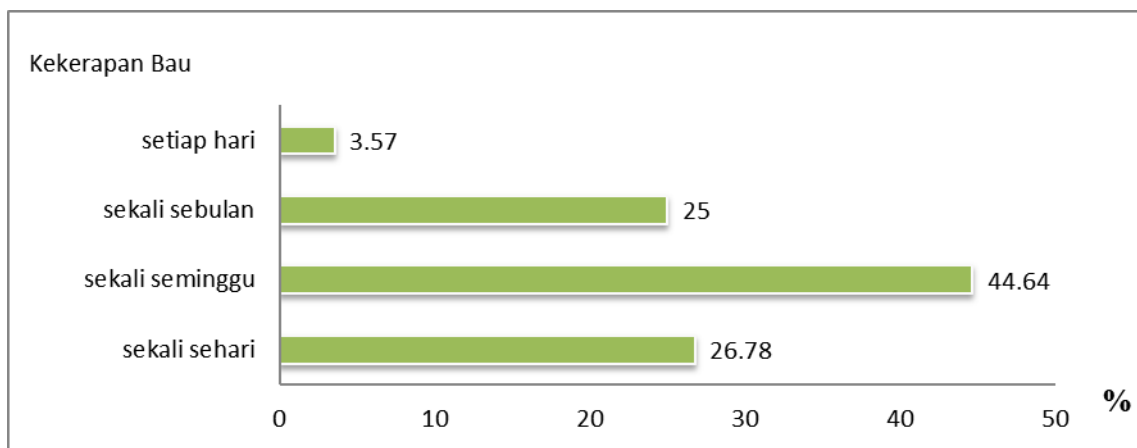
Rajah 2. Intensiti Bau dari loji kumbahan

Waktu puncak merupakan sebahagian dari ciri kajian dalam pencemaran bau. Maklumat ini penting kerana pada waktu yang telah dikenalpasti memberi informasi kepada penduduk setempat tentang tindakan dan aktiviti yang akan dibuat. Rajah 3 menunjukkan waktu puncak bau berlangsung sekitar kawasan kajian. Waktu malam merupakan waktu yang paling tinggi pencemaran bau berlaku, dan diikuti dengan waktu petang, iaitu masing-masing 38.9 dan 33.3 peratus. Hasil kajian ini sama seperti kajian yang dilakukan oleh McIntyre dan Norton (2000) dan Zaini et al. (2012b) yang mendapati intensiti bau amat ketara dikesan antara lewat petang dan malam. Keadaan ini berlaku kerana pada waktu tersebut, atmosfera berada dalam keadaan stabil dan molekul bau tidak boleh diserakkan lebih jauh. Apabila pengukuran dilakukan, konsentrasi bau yang tinggi akan diperolehi.



Rajah 3. Waktu puncak bau berlangsung sekitar operasi loji kumbahan

Seterusnya, frekuensi pencemaran bau merupakan elemen penting dalam kajian pencemaran bau kerana kekerapan bau berlangsung boleh memberi kesan ke atas penerima sensitif. Dapatan kajian menunjukkan kekerapan bau berlangsung dalam atmosfera adalah amat jarang. Berdasarkan empat kekerapan yang dinyatakan oleh responden, kekerapan setiap hari paling minima iaitu hanya 3.6 peratus sahaja. Kekerapan bau berlangsung sekali seminggu didapati paling tinggi iaitu 44.6 peratus. Rajah 4 menunjukkan kekerapan pencemaran bau berlangsung dalam kawasan kajian.

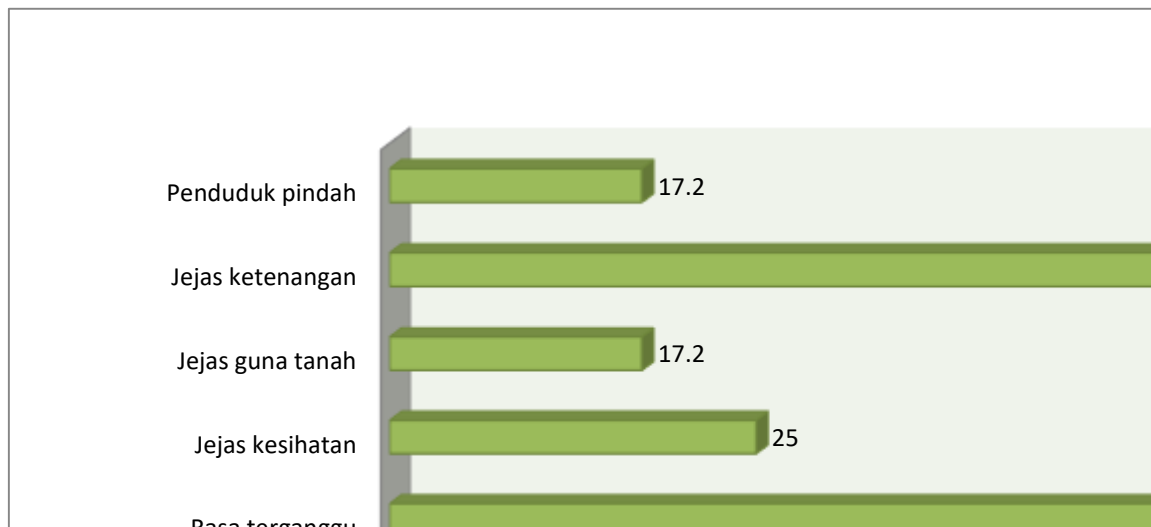


Rajah 4. Kekerapan pencemaran bau berlangsung dalam kawasan kajian

Kesihatan, psikologi dan fisiologi

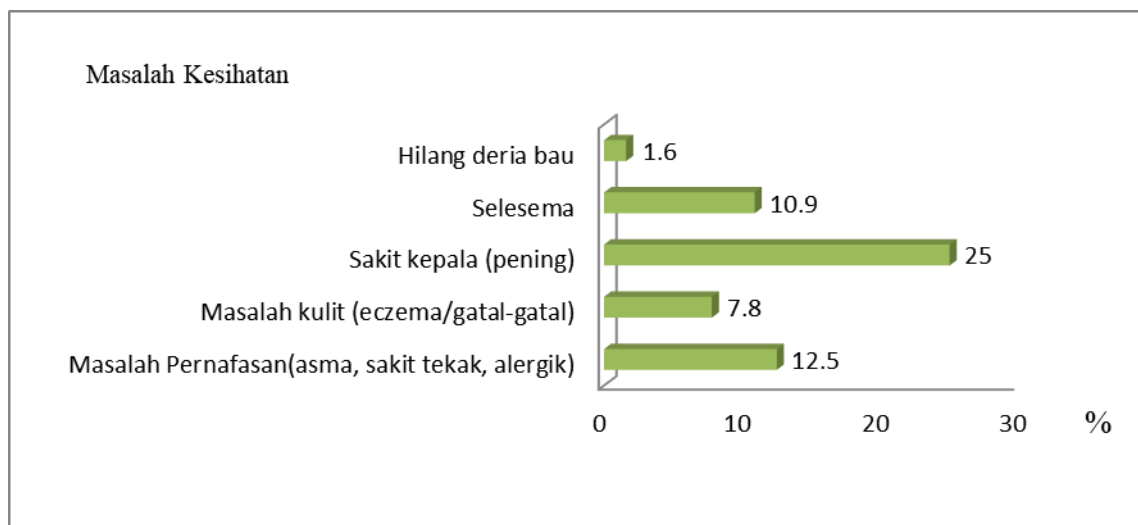
Pencemaran bau merupakan satu masalah alam sekitar yang amat sinonim dengan kacau-ganggu dan kesejahteraan sesuatu komuniti. Impak pencemaran bau yang berterusan boleh memberi impak yang berpanjangan dan mengganggu rutin kehidupan manusia. Rasa terganggu dan tidak selesa dengan persekitaran sedia ada boleh menyebabkan sesuatu komuniti tertekan dan mengalami perubahan dalam rutin harian. Selain impak yang bersifat kacau-ganggu, pencemaran bau juga boleh memberi kesan ke atas kesihatan, psikologi dan fisiologi penduduk dan kejatuhan nilai ekonomi sesuatu kawasan.

Rajah 5 menunjukkan impak pencemaran bau ke atas penduduk dalam kawasan kajian. Berdasarkan Rajah, didapati aspek ketenangan dan rasa terganggu dengan pencemaran bau adalah impak paling tinggi, iaitu hampir dua pertiga daripada impak yang lain. Sementara aspek penurunan nilai guna tanah dan kemungkinan penduduk berpindah adalah impak pencemaran bau paling rendah, iaitu masing-masing hanya 17.2 peratus sahaja.



Rajah 5. Impak pencemaran bau disebabkan oleh operasi loji kumbahan

Selain impak pencemaran bau yang mengganggu rutin harian penduduk, dapatan kajian juga mengenal pasti beberapa impak kesihatan yang disebabkan oleh pencemaran bau. Dapatan kajian menunjukkan beberapa penyakit yang disebabkan oleh pencemaran bau dinyatakan responden ialah selesema, pening, masalah kulit, pernafasan dan hilang deria bau. Rajah 6 menunjukkan penyakit yang berkaitan dengan pencemaran bau dalam kawasan kajian. Berdasarkan Rajah 6, masalah sakit kepala merupakan gangguan kesihatan paling tinggi berlaku dalam kalangan responden. Sementara masalah hilang deria bau amat jarang berlaku kerana gangguan ini hanya dialami 1.6 peratus responden sahaja.

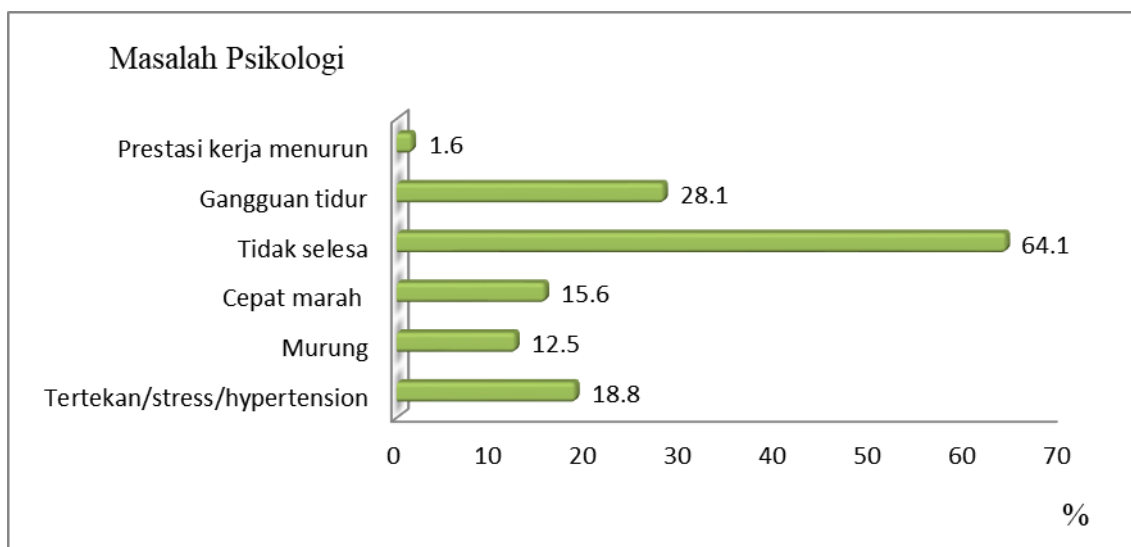


Rajah 6. Masalah kesihatan yang dihadapi penerima sensitif

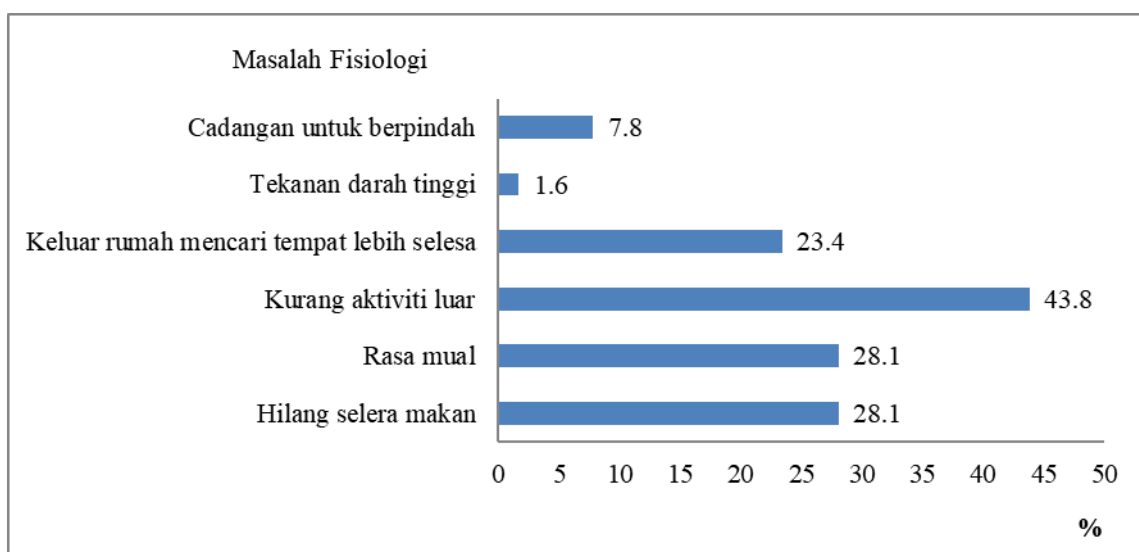
Selain impak ke atas kesihatan penduduk, impak kacau-ganggu yang berterusan juga boleh memberi tekanan kepada penerima sensitif khususnya masalah psikologi. Akibat dari keterdedahan dan tekanan yang berterusan, penduduk tidak boleh melakukan kerja atau aktiviti luar dan keadaan ini boleh memberi perubahan psikologi ke atas kehidupan harian mereka. Antara masalah psikologi yang berlaku dalam kalangan responden ialah seperti masalah tertekan, murung, cepat marah, rasa tidak selesa, gangguan tidur dan penurunan prestasi kerja. Rajah 7 menunjukkan masalah psikologi yang berlaku ke atas penerima sensitif dalam kawasan kajian. Berdasarkan rajah, masalah psikologi yang tinggi dialami oleh

responden ialah rasa tidak selesa, iaitu kira-kira 64.1 peratus dari masalah yang berlaku. Sementara gangguan tidur (28.1 %) dan tekanan/*stress/hypertension* (18.8 %) juga merupakan antara masalah yang terpaksa ditanggung oleh penduduk. Perubahan yang berlaku ke atas sikap dan kelakuan responden mungkin boleh menyebabkan masalah kesihatan mereka menjadi kronik atau terpaksa berpindah ke tempat yang lebih selesa, sama ada untuk jangka masa pendek atau secara tetap.

Ekoran daripada masalah psikologi yang berlaku, tindak balas responden dapat digambarkan melalui perubahan fisiologi ke atas tingkahlaku dan rutin harian mereka. Rajah 8 menunjukkan masalah fisiologi yang berlaku dalam kalangan responden. Dapatan kajian menunjukkan 43.8 peratus responden mencari alternatif dengan mengurangkan aktiviti luar di kawasan taman perumahan. Sementara 23.4 peratus pula memilih untuk keluar rumah mencari tempat yang lebih selesa dan udara yang lebih segar. Seterusnya 28.1 peratus responden hilang selera makan dan sering rasa mual. Hanya 7.8 peratus sahaja mengambil langkah untuk berpindah ke kediaman lain yang lebih jauh sekiranya masalah ini berterusan.



Rajah 7. Masalah psikologi yang dihadapi oleh penerima sensitif

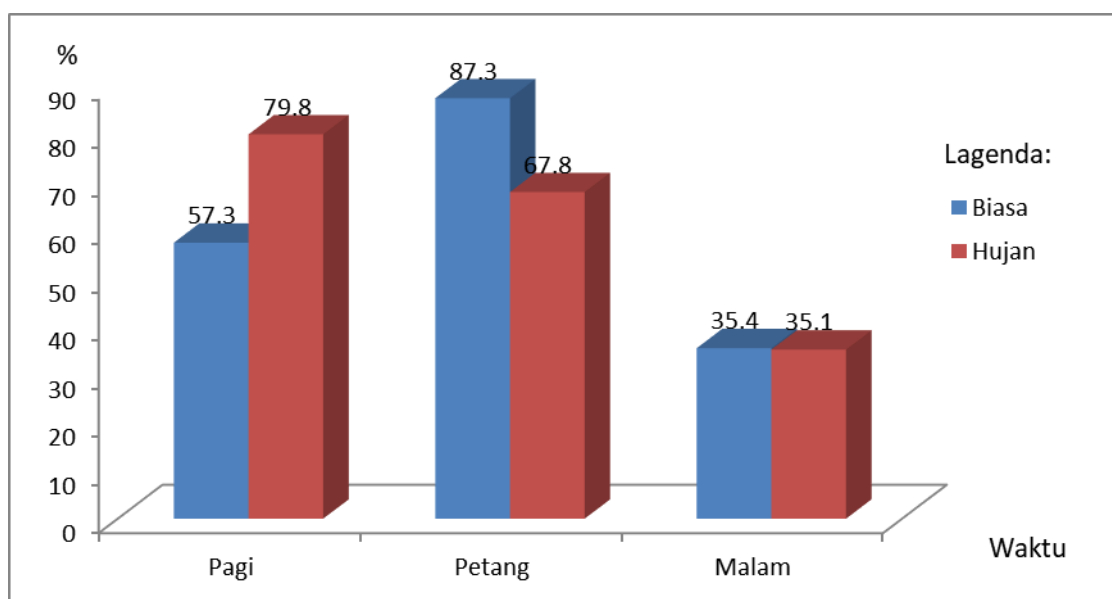


Rajah 8. Masalah fisiologi yang dihadapi oleh penerima sensitif

Konsentrasi bau

Konsentrasi bau merupakan jumlah kepekatan bau yang boleh diukur secara empirikal menggunakan alat. Konsentrasi bau boleh dilakukan secara in-situ (*ambient*) atau pencerapan data di lapangan (*point source*) dan analisis konsentrasi bau dilakukan di makmal bau. Hasil analisis secara purata didapati konsentrasi bau yang dikesan di semua stesen dalam kawasan kajian menunjukkan konsentrasi yang melebihi piawai yang dibenarkan berdasarkan piawaiian Department of Environment and Conservation (DEC) NSW, Australia (2006), iaitu antara 2 – 10 ou/m³.

Rajah 9 menunjukkan purata konsentrasi bau dari operasi loji kumbahan untuk waktu pagi, petang dan malam, bagi cerapan pada hari biasa dan selepas hujan. Secara purata konsentrasi bau yang dicerap adalah melebihi piawai yang dibenarkan oleh DEC (2006). Perbezaan konsentrasi bau antara hari biasa dan selepas hujan tidak menunjukkan perbezaan yang amat ketara. Pada hari biasa, cerapan purata konsentrasi bau waktu petang didapati lebih tinggi berbanding dengan waktu pagi dan malam. Dapatan ini sama seperti dapatan kajian oleh McIntyre dan Norton (2000) yang mendapati konsentrasi bau semakin tinggi pada lewat petang dan semakin menurun pada lewat malam. Keadaan yang sama juga berlaku pada kajian Zaini (2013) yang mendapati konsentrasi bau semakin tinggi pada sebelah petang dan semakin menurun pada lewat malam. Keadaan ini berlaku disebabkan atmosfera pada ketika itu berada dalam keadaan stabil. Seterusnya, konsentrasi bau selepas hujan menunjukkan purata bau waktu pagi adalah lebih tinggi, iaitu 79.8 OU. Keadaan ini berlaku disebabkan molekul gas lebih mudah bertindakbalas dan berlaku penyerakan selepas hujan.



Rajah 9. Perbandingan konsentrasi bau waktu pagi, petang dan malam pada hari biasa dan selepas hujan

Keperluan perundangan, peraturan-peraturan dan garis panduan pencemaran bau

Di Malaysia, sehingga kini masih tidak ada pindaan dan pewartaan undang-undang dan sebarang bentuk garis panduan berkaitan dengan pencemaran bau. Berdasarkan kajian dan juga maklumat yang diperolehi daripada Bahagian Kualiti Udara di Jabatan Alam Sekitar, Putrajaya, sehingga kini tidak terdapat peraturan dan garis panduan berkaitan pencemaran bau di Malaysia. Draf cadangan awal peraturan yang berkaitan dengan pencemaran bau masih diperingkat kajian untuk dilaksanakan di Malaysia. Pelbagai masalah dan kekangan

menjalankan kajian pencemaran bau terbatas kerana tidak terdapat alatan khusus, peraturan dan tatacara pengendalian pengukuran dan pemantauan. Keperluan bagiewartakan peraturan dan garis panduan khususnya pencemaran bau merupakan satu keperluan yang harus disegera dan diwartakan. Keperluan ini tidak sahaja disebabkan oleh pengaruh fizikal, tetapi persekitaran sosial yang berlaku menyebabkan tuntutan bagi pewartaan peraturan dan garis panduan perlu diberi keutamaan.

Pencemaran bau yang semakin ketara kini memerlukan peraturan-peraturan khusus berkaitan dengan pengurusan dan tindakan yang akan dilaksanakan. Proses menghasilkan peraturan-peraturan dan kaedah pengurusan memerlukan satu kajian yang menyeluruh tidak sahaja terbatas kepada jenis gas, tetapi memastikan piawaian yang sesuai dalam konteks Malaysia diwujudkan. Bagi memastikan satu piawaian yang boleh diterima pakai, maka kajian pengukuran pencemaran bau mengikut sumber perlu dilaksanakan. Keperluan satu piawaian yang standard dan selari dengan punca-punca pencemaran bau perlu diwartakan. Melalui piawaian yang ditetapkan, tindakan dan penguatkuasaan boleh dilakukan dengan mudah dan sistematik.

Kepesatan pembangunan dan industri yang berasaskan bau seperti kilang getah, kilang ayam, baja dan sebagainya memerlukan satu piawaian yang telah diwartakan supaya tindakan boleh dikenakan kepada pesalah. Tanpa adanya satu piawaian konsentrasi yang standard, tindakan tidak boleh dilaksanakan, dan pesalah tidak dikenakan tindakan dan masalah kacau-ganggu dan kesejahteraan penduduk akan berterusan.

Peralatan yang boleh diterima atau diguna pakai oleh pihak berkaitan dengan pencemaran bau juga perlu ditetapkan supaya tidak berlaku pengukuran dan pemantauan tidak mengikut prosedur dan langkah-langkah kawalan yang sistematik dan efisien. Perlu diambil kira juga jenis alat pengukuran mengikut kajian di punca atau sumber pencemaran bau. Begitu juga dengan alat pengukuran secara ambien. Piawaian yang akan ditetapkan harus mengambilkira perbezaan di antara cerapan di punca dan secara ambien kerana konsentrasi di punca secara asasnya adalah lebih tinggi berbanding dengan konsentrasi bau yang diukur secara ambien.

Akhirnya, perlu diwujudkan satu panel khas yang akan membuat penilaian ke atas sampel dan pengaruh persekitaran seperti topografi dan meteorologi yang boleh mempengaruhi konsentrasi bau. Selain itu, keperluan peraturan-peraturan dan garis panduan boleh menjadi asas kepada pihak yang menjalankan perniagaan dan industri berkaitan dengan pencemaran bau mengambil tindakan dan menguruskan premis mereka dengan baik tanpa melebihi piawaian yang telah ditetapkan.

Pertimbangan pelaksanaan perundangan dan garis panduan pencemaran bau

Bagi memastikan pindaan akta Alam Sekeliling (EQA) 1974 berkaitan dengan kualiti udara khususnya tentang pencemaran bau di Malaysia, beberapa pertimbangan dan tatacara pengendalian perlu dilakukan. Sebagai satu refleksi daripada dapatan kajian punca pencemaran bau dari loji kumbahan, hasil analisis kajian jelas menunjukkan intensiti bau yang sangat teruk dan juga pengukuran secara fizikal membuktikan aduan komuniti sekitar adalah berasas. Beberapa pertimbangan perlu dibuat, dimeterai dan dilaksanakan bagi menghasilkan satu garis panduan dan peraturan yang khusus. Di antara aspek yang perlu dipertimbangkan dalam menghasilkan garis panduan dan peraturan ini ialah aspek kriteria bau, kaedah pengukuran di lapangan, tahap intensiti, konsentrasi, gas penjana utama dan tahap tercemar, penguatkuasaan dan pemantauan.

a. Peralatan pengukuran dan pemantauan konsentrasi bau

Pertimbangan bagi memperoleh bacaan bagi konsentrasi bau memerlukan beberapa prosedur, iaitu memastikan kaedah persampelan yang betul sama ada pengukuran dan pemantauan konsentrasi bau di punca atau secara ambien. Bagi pengukuran di punca, hendaklah melibatkan pengukuran dan pemantauan sampel di lapangan dengan menggunakan tong yang direka bentuk khusus bagi menyimpan sampel. Seterusnya sampel akan dibawa ke makmal bagi menentukan tahap konsentrasi bagi pencemaran bau mengikut punca bau yang dikaji. Penentuan tahap konsentrasi adalah menggunakan alat olfactometry. Analisis olfactometry ini akan memberi tahap konsentrasi dalam unit OU/m³ kerana proses memperoleh bacaan konsentrasi melalui beberapa peringkat penyaringan. Analisis ini biasanya hanya memperoleh tahap konsentrasi bau hanya pada peringkat sumber. Pengukuran secara empirikal ini secara umumnya memerlukan persampelan bau di lapangan secara pemantauan di punca. Kemudian sampel akan dibawa ke makmal untuk dibuat olfactometer analisis bagi memperoleh bacaan konsentrasi. Alatan yang mendapat pengiktirafan antarabangsa dan banyak digunakan di negara maju ialah *Dynamic Olfactometer*.

Sementara bagi pengukuran dan memperoleh tahap konsentrasi terus di lapangan dikenali sebagai pengukuran secara ambien. Contoh alatan yang biasa digunakan bagi pengukuran secara ambient ini adalah Scentroid model SM100i (*intelligent portable*) odour concentration dalam unit OU. Pengukuran secara ambien ini amat penting kerana ia melibatkan kacau-ganggu dalam kalangan orang awam. Isu semasa yang sering dikaitkan dengan pencemaran bau adalah datang daripada orang awam. Gangguan yang berterusan menyebabkan ketidakselesaan kepada penduduk setempat dan ini secara langsung akan menyebabkan kualiti hidup dan kesejahteraan penduduk terjejas.

Pengukuran konsentrasi bau di punca dan kaedah ambien secara teorinya akan memberi nilai konsentrasi yang berbeza. Perbezaan ini memberi implikasi yang penting kepada pihak pembuat dasar kerana tahap konsentrasi yang diukur di punca tidak boleh digunakan sebagai piawaian bersama bagi pengukuran secara ambien. Pengukuran secara ambien amat penting kerana ia amat berkaitan dengan orang awam yang merupakan penerima sensitif kesan daripada pencemaran bau.

Penggunaan alat yang tidak sesuai boleh memberi hasil konsentrasi yang tidak tepat dan tidak betul. Menurut Ormerod dan Best (2000) dan Yong (2004), penggunaan alat *Dynamic Olfactometer* merupakan satu masalah besar kerana peralatan tersebut tidak ekonomi untuk mendapatkan data yang tepat untuk membangunkan hubungan yang kuat antara pembolehubah yang penting. Seterusnya, pertimbangan daripada segi sumber bau perlu dilakukan mengikut alatan yang sesuai. Begitu juga dengan piawaian bagi setiap konsentrasi bau yang direkodkan adalah berbeza. Pihak pelaksana perlu memastikan alatan bagi pengukuran bau adalah bersesuaian dengan sumber penyumbang pencemaran bau tersebut.

Aplikasi pengukuran secara fizikal, kimia dan sensorial perlu disepadukan supaya kajian berkaitan dengan pencemaran bau boleh memberi hasil yang pelbagai. Selain daripada pengukuran di lapangan, analisis makmal bagi olfactometry dan analisis secara ambien, analisis secara kimia seperti aplikasi *Gas Chromatography-Mass Spectrometer* (GC-MS) dan juga penggunaan sensor semulajadi melalui deria hidung perlu dilaksanakan juga melalui pihak pakar yang dilatih khusus dalam bidang ini.

Pertimbangan ini juga memerlukan penubuhan makmal khas berkaitan analisis pencemaran bau dan penyelidikan lanjutan yang berkaitan dengan isu bau daripada pelbagai sumber. Pengalaman di Australia, khususnya di New South Wales melalui University of New South Wales, Sydney telah ditubuhkan Odour Laboratory dibawah kendalian UNSW Water Research Centre. Makmal ini memainkan peranan melatih dan mengendalikan bengkel

berkaitan dengan persampelan bau di lapangan, analisis panel penilai bau dan sebagainya bagi kakitangan Environmental Protection Agency seluruh Australia, New Zealand dan Tasmania.

Bagi memastikan peraturan-peraturan dan garis panduan ini berhasil, pihak Jabatan Kimia Malaysia atau universiti awam yang mempunyai kepakaran dalam pengukuran dan analisis pencemaran bau boleh menjadi badan khas yang mempunyai makmal sendiri berkaitan kajian dan latihan tentang pencemaran bau di Malaysia. Di samping itu, bagi memantapkan kerja penyelidikan yang berkaitan, pihak universiti boleh menjadi landasan yang berkesan mewujudkan makmal pencemaran bau. Peranan universiti dalam melahirkan graduan terlatih dalam mengendalikan analisis, pengukuran bau dan pengurusan pencemaran bau boleh membantu Malaysia membangunkan peralatan dan pengurusan tersendiri.

b. Penentuan piawaian dan kriteria konsentrasi bau

Kajian tentang bau merupakan salah satu aspek yang perlu diberi keutamaan dalam menangani masalah berkaitan kemerosotan alam sekitar dan kacau-ganggu ke atas komuniti setempat kerana pencemaran bau bersifat merentasi sempadan. Pewartaan Akta Pengurusan Sisa Buangan Pepejal dan Kebersihan Awam 2009 menunjukkan betapa penting dan seriusnya masalah berkaitan dengan pencemaran yang dijana daripada sisa. Berbeza dengan komponen pencemar lain seperti pencemaran air, udara dan bunyi yang disenaraikan dalam seksyen tertentu dalam Akta Kualiti Alam Sekeliling, 1974. Tidak ada akta khusus yang memperincikan komponen pencemar ini seperti yang terdapat pada isu berkaitan sisa buangan. Oleh yang demikian, pihak kerajaan khususnya pihak Jabatan Alam Sekitar perlu mengambil serius tentang masalah berkaitan pencemaran bau khususnya yang dijana daripada pelbagai sisa sebagai satu komponen pencemar yang semakin meningkat.

Hubungan di antara intensiti dan konsentrasi bau juga perlu difahami kerana boleh menjadi asas bagi membentuk polisi berkaitan dengan pencemaran, pengukuran dan tindakan yang perlu dilaksanakan. Selain itu, kriteria bagi bau yang berbeza dan sumber pembebasan bau juga perlu diberi keutamaan. Di Amsterdam, perbezaan kriteria di antara bau yang dijanakan adalah berbeza mengikut jenis industri. Bagi menghasilkan satu garis panduan yang menyeluruh, pertimbangan ke atas alatan yang digunakan mengikut punca bau harus diberi keutamaan. Melalui kaedah ini, satu kriteria bagi tahap intensiti dan konsentrasi bau boleh dijadikan petunjuk untuk tindakan yang boleh diambil oleh pengendali operasi loji kumbahan dan sebagainya. Pertimbangan kriteria seperti ini amat penting bagi pihak JAS atau PBT mengambil tindakan mengikut sumber pencemaran bau yang berlaku.

c. Penentuan gas utama mengikut sumber pencemaran bau

Penentuan gas utama dari setiap sumber atau punca pencemaran bau perlu dilakukan. Sehingga kajian ini, belum ada garis panduan yang dikeluarkan berkaitan gas pencemar utama dari setiap punca pencemaran bau diwartakan. Penentuan gas utama yang dijana daripada setiap punca pencemaran bau boleh dilakukan melalui kajian karakter bau. Melalui cara ini, satu data berpusat boleh diwujudkan oleh JAS kerana boleh memudahkan kajian akan datang berkaitan dengan pencemaran bau. Bagi menghasilkan piawaian tersendiri, perlu dibezakan di antara gas penyebab bau dan komponen gas yang dikaji dalam kualiti udara.

d. Pewartaan garis panduan dan peraturan

Di Malaysia, sehingga kini tidak ada perundangan dan garis panduan khusus berkaitan dengan pencemaran bau. Perubahan persekitaran yang banyak menghasilkan

ketidakseimbangan alam sekitar serta peningkatan persepsi awam berkenaan pencemaran bau menjadi pemangkin utama perlunya mengambil langkah yang drastik bagi merangka undang-undang khusus tentang pencemaran bau. Prosedur merangka peraturan-peraturan berkaitan dengan piawaian, alatan, kriteria bau dan penguatkuasaan ini bukan merupakan perkara yang mudah, kerana ia terpaksa mengambil kira beberapa perkara atau memberi pertimbangan bagi perkara berkaitan dengan sumber datangnya bau, keperluan alatan bagi kawalan bau mengikut sumber khusus dan kacau-ganggu yang berkaitan dengan pengesan bau di atmosfera. Sebahagian daripada peraturan bau harus mengambil kira kesan kacau-ganggu yang boleh dikawal atau diberhentikan. Peraturan yang diwujudkan mesti boleh diguna pakai atau diaplikasikan kepada semua pihak yang terlibat dengan operasi menjana bau sama ada yang baru beroperasi atau yang telah lama yang boleh menimbulkan kacau-ganggu ke atas komuniti setempat atau penerima sensitif. Pengalaman negara maju boleh dijadikan rujukan dalam menentukan piawaian pencemaran bau. Begitu juga piawaian bagi komponen gas yang dibebaskan perlu diselaras mengikut jenis gas dan klasifikasi sumber pembebasan gas tersebut.

Kesimpulan

Sebagai satu refleksi bagi membuktikan pencemaran bau sebagai isu alam sekitar yang menyebabkan kacau-ganggu, penurunan nilai hartanah dan ekonomi, kajian kes operasi dari loji kumbahan didapati memberi pengaruh yang besar ke atas penerima sensitif. Dapatan kajian menunjukkan intensiti bau melebihi dua pertiga daripada keseluruhan skala yang dinyatakan. Begitu juga dengan impak bau ke atas kacau-ganggu dan kesejahteraan komuniti didapati memberi impak yang ketara ke atas kesihatan, psikologi dan fisiologi. Begitu juga dengan konsentrasi bau yang dicerap pada waktu pagi, petang dan malam serta bagi hari biasa dan selepas hujan mendapati konsentrasi yang melebihi piawaian yang ditetapkan oleh pihak Department of Environmental and Conservation (DEC) (2006).

Berdasarkan perbincangan dan penjelasan yang dibuat, jelas bahawa aspek pengurusan merupakan respon yang paling penting dalam pentadbiran sesebuah institusi atau organisasi mencapai keseimbangan dan kesejahteraan. Bagi memastikan pengurusan berjalan dengan sistematik dan efisien, strategi kawalan ke atas pencemaran bau perlu diwartakan bagi memastikan pihak pengurusan dan sumber bau lain memahami, mematuhi dan mengaplikasikan proses kawalan dan pemuliharaan persekitaran. Melalui strategi ini juga, beberapa pertimbangan perlu dilakukan bagi memastikan pelaksanaan garis panduan dan peraturan berkaitan pencemaran bau di Malaysia menghasilkan pengurusan yang lestari.

Keseluruhannya, peraturan dan garis panduan pencemaran bau, alatan bagi pengukuran dan piawaian konsentrasi perlu diselaraskan sebagai bahan pindaan dalam Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974, khususnya pada bahagian peraturan-peraturan kualiti udara (bau). Seperti yang dinyatakan sebelum ini, sehingga kajian ini berlangsung, tidak terdapat satu peraturan khas tentang isu dan pencemaran bau di Malaysia. Aduan bau busuk dan kacau-ganggu yang berpunca daripada loji kumbahan misalnya sukar dibuktikan kerana tidak terdapat alatan yang khusus di pihak JAS untuk membuat pemantauan, pengukuran dan penguatkuasaan.

Penghargaan

Penulis mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak Universiti Kebangsaan Malaysia yang memberi dana bagi membiayai penyelidikan ini dibawah geran GUP-2017-039.

Penghargaan juga kepada Jabatan Alam Sekitar, Putrajaya, khususnya Bahagian Kualiti Udara yang banyak memberi pandangan dan data berkaitan kajian.

Rujukan

- Arief Sabdo Yuwono. (2008). Odour quantification and odour pollution in Indonesia. *Jurnal Purifikasi*, 9(2), 175-186.
- Brancher, M., Schauburger, G. Franco, D., & Lisboa, H.D.M. (2016). Odour impact criteria in South American Regulations. *Chemical Engineering Transactions*, 54, 169-174.
- Both, R. (1996). Odour regulation in Germany – A new directive on odour in ambient air. In: Odour: Indoor and Environmental Air. Ch. Mc Ginley, J. R. Swanson (Eds.) Proceeding of an International Speciality Conference by The A&WMA, Bllington, Mn, Septemper 13-15, 1995.
- 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.
- Guideline VDI 3940. (1993). Determination of odorants in ambient air by field inspection. Dusseldorf.
- Iwasaki, Y. (2004). *Oltactory measurement of odor (new version)*. Japan, Japan Association on Odor Environment.
- Littaru, P. (2007). Environmental odours assessment from waste treatment plants: Dynamic olfactometry in combination with sensorial “electronic noses”. *Waste Management* 2, 302-309.
- Lukman Ismail. (2012). *Kajian konsentration gas dan bau dari operasi Refuse Derived Fuel (RDF)* (Bachelor dissertation). Retrieved from Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Micone, P.G., & Guy, C. (2006). Odour quantification by sensor array: An application to landfill gas odour from two different municipal waste treatment works. *Sensor and Actuators B*, 120, 628-637.
- McIntyre, M. E., & Norton, W.A. (2000). Potential vorticity inversion on hemisphere. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 57(9), 1214-1235.
- McGinley, C.M. (2002). Standardized odor measurement practices for air quality testing. *Presented at Air and Waste Management Association Symposium on Air Quality Measurement Methods and Technology*. San Francisco, 13-15 November.
- Mohd Khalil Saipi. (2013). *Pengukuran bau dan gas dari operasi ladang ternakan lembu dan kerbau* (Bachelor dissertation). Retrieved from Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Nicolas, J., Romain, A.C., Wiertz, V., Maternova, J., & Andre, Ph. (2000). Using the classification model of an electronic nose to assign unknown malodours to environmental sources and to monitor them continuously. *Sensors and Actuators B*, 69, 366-371.
- Nicolas, J., Craffe, F., & Romain, A.C. (2005). Estimation of odor emission rate from landfill areas using the sniffing team method. *Waste Management*, 26(11), 1259-1269.
- 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.
- Nor Dianiza Mohd Hassim. (2013). *Impak pencemaran bau ke atas psikologi dan kesihatan penduduk sekitar loji rawatan sisa kumbahan* (Bachelor dissertation). Retrieved from Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Othman, M.N., Yunus, M.N.M., Dahlan, K.Z.M., Zakaria, N., & Hamid, K.H.K. (2008). Development of odour monitoring and control in Malaysia. *Chemical Engineering Transaction*, 15, 71-78.

- Ormerod, R.J., & Best, P.R. (2000). Review of odour assessment principles: A perspective on apparently conflicting approaches. *Proc. Enviro 2000 Odour Conference*. Sydney, 9-13 April 2000.
- Page, T., Narjoux, A., Guy, C., Caron, R.F., & Fecil, B. (2008). Odours and VOC impacts of three categories landfills. *Chemical Engineering Transactions*, 15, 135-142.
- Pillai, S.M., Parcsi, G., Wang, X., Gallagher, E., Dunlop, M., & Stuetz, R.M. (2010). Assessment of Direct Headspace Analysis of Broiler Chicken Litter Odorants, *Chemical Engineering Transactions*, 23, 207-212.
- Romano, A.C., Delva, J., & Nicolas, J. (2007). Complementary approaches to measure environmental odour emitted by landfill areas. *Sensor and Actuators B*, 131, 18-23.
- Ruth Kartika, Arief Sabdo Yuwono, & Chusnul Arif. (2018). Role of panelists variation in determining odour hedonic scale. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(12), 10611-10617.
- 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*. Office of Odor, Noise and Vibration, Environmental Management Bureau, Ministry of the Environment, Government of Japan.
- Zaini Sakawi, Sharifah Mastura S.A., & Othman Jaafar. (2011a). Sensitive receivers' responses on odour annoyance of a neighbourhood open landfill site. *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, 6(2), 191-199.
- Zaini Sakawi, Sharifah Mastura S.A., Othman Jaafar, & Mastura Mahmud. (2011b). An analysis of odour concentration using odour concentration meter XP-329 at landfill vicinity. *Research Journal of Applied Sciences*, 6(5). 324-329.
- Zaini Sakawi, Sharifah Mastura S.A., Othman Jaafar, & Mastura Mahmud. (2011c). Community perception of odor pollution from the landfill. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 3(2), 142-145.
- Zaini Sakawi, Lukman Ismail, Mohd Rozaimi Ariffin, Sharifah Mastura S.A, & Othman Jaafar. (2012). Pencemaran bau di Malaysia: Isu dan cabaran pencemaran bau lestari. *Prosiding Persidangan Kebangsaan Libatsama Universiti dan Komuniti*. Hotel Vistana, Pulau Pinang. 22-23 November. 1315-1327.
- Zarra, T., Naddeo, V., Belgiorno, V., Reiser, M., & Kranet, M. (2008). Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment. *Water Science & Technology*, 58(1), 89-94.