Experts

Jerebu Rentas Sempadan: Masalah ASEAN yang Tiada Kesudahan

Thu, 09/10/2026 - 11:27

Jerebu rentas sempadan merupakan antara isu alam sekitar yang berulang dan masih belum mempunyai penyelesaian yang benar-benar berkesan di rantau Asia Tenggara. Fenomena ini lazimnya berlaku apabila asap daripada pembakaran hutan dan tanah gambut, khususnya semasa musim kering, merebak merentasi sempadan negara dan menjejaskan kualiti udara di negara jiran. Berikutnya, Jadual 1 menunjukkan rentetan sejarah berlakunya kebakaran hutan yang mengakibatkan jerebu dan jerebu rentas sempadan sekitar tahun 1982 sehingga terkini di tahun 2026.

Jadual 1. Kronologi Episod Jerebu dan Jerebu Rentas Sempadan Sekitar 1982-2026

Tahun	Episod	Kenapa penting?
1982–1983	Kebakaran hutan dan jerebu	Antara episod awal yang menunjukkan asap dari kebakaran di Indonesia boleh menjejaskan Malaysia dan negara jiran.

Lebih empat dekad selepas episod awal jerebu dikenal pasti di rantau ini, dan lebih dua dekad selepas ASEAN mempunyai perjanjian khusus untuk menangani pencemaran asap rentas sempadan, mengapa kita masih berdepan masalah yang sama? Dan pada tahun 2026 menjadi bukti paling terkini bahawa masalah itu belum benar-benar selesai.

Memahami Tahap Situasi Jerebu Rentas Sempadan di Era 2026

Pada bulan Ogos, langit di beberapa kawasan Malaysia kembali diselubungi jerebu. Berdasarkan data pada 24 Ogos 2026 yang diekstrak daripada Data Sistem Pengurusan Indeks Pencemaran Udara Malaysia (APIMS) menunjukkan 16 kawasan merekodkan bacaan Indeks Pencemar Udara (IPU) pada tahap tidak sihat setakat jam 5 petang. Sarawak kekal paling terjejas dengan enam kawasan, diketuai IPD Serian yang mencatatkan IPU 192, menghampiri paras sangat tidak sihat. Kuching merekodkan bacaan 181, diikuti Samarahan (173), Sri Aman (156), Bintulu (145) dan Mukah (134). Di Selangor, Johan Setia merekodkan bacaan 162, manakala Kuala Selangor dan Shah Alam masing-masing mencatatkan IPU 112 dan 105. Sungai Petani dan Alor Setar di Kedah pula masing-masing merekodkan bacaan 155 dan 151. Di Perak, Seri Manjung mencatatkan IPU 134 dan Tasek Ipoh 115, manakala Minden di Pulau Pinang berada pada 117. Putrajaya merekodkan bacaan 102,

sementara Cheras di Kuala Lumpur mencatatkan IPU 101 (Klasifikasi APIMS: bacaan IPU antara sifar hingga 50 dikategorikan sebagai baik, 51 hingga 100 sederhana, 101 hingga 200 tidak sihat, 201 hingga 300 sangat tidak sihat dan melebihi 300 sebagai berbahaya). Bacaan APIMS mungkin memberitahu kita bahawa udara yang kita hirup sedang tercemar, tetapi ia tidak semestinya memberitahu dari mana pencemaran itu datang. Untuk menentukan sama ada sesuatu episod jerebu berpunca daripada kebakaran tempatan atau pencemaran asap rentas sempadan, bacaan kualiti udara perlu dibaca bersama data hotspot, arah angin dan imej satelit.

Dalam konteks jerebu rentas sempadan, data *Asean Specialized Meteorological Centre (ASMC)* dapat membantu menjelaskan hubungan tersebut. ASMC telah ditubuhkan secara rasmi pada Januari 1993 dan menjadi tanggungjawab Perkhidmatan Meteorologi Singapura (Meteorological Service Singapore) sebagai negara tuan rumah. Peranan ASMC telah berkembang bagi memenuhi keperluan rantau yang semakin berubah. Di bawah Pelan Tindakan Jerebu Serantau ASEAN (ASEAN Regional Haze Action Plan) yang diluluskan oleh Menteri-menteri Alam Sekitar ASEAN dan dilaksanakan pada tahun 1997, ASMC telah ditetapkan sebagai pusat serantau untuk memantau dan menilai kebakaran tanah serta hutan, di samping menyediakan amaran awal berhubung kejadian jerebu asap rentas sempadan yang menjejaskan rantau ASEAN Selatan. Pada tahun 2002, kawasan liputan ASMC telah diperluaskan untuk merangkumi seluruh rantau ASEAN. Selain itu, ASMC turut berperanan sebagai pakar teknikal dalam mesyuarat-mesyuarat ASEAN berkaitan isu jerebu.

Untuk memahami tahap risiko jerebu rentas sempadan di rantau ASEAN, kita perlu mengetahui bahawa keadaan jerebu tidak dinilai berdasarkan bacaan kualiti udara semata-mata. ASMC menggunakan sistem tahap amaran sebagai mekanisme amaran awal bagi memantau perkembangan kebakaran dan jerebu di rantau ini. Penilaian tersebut mengambil kira beberapa faktor utama, termasuk aktiviti titik panas (*hotspot*), keadaan cuaca kering, ketumpatan asap serta arah dan kelajuan angin yang boleh membawa asap dari kawasan kebakaran ke negara jiran ASEAN. Rajah 1 menunjukan 4 tahap amaran bagi jerebu rentas sempadan.

Tahap 0	**Tiada jerebu asap rentas sempadan / Keadaan normal.**
Tahap 1	**Musim kering.**
Tahap 2	**Risiko jerebu rentas sempadan di rantau ini meningkat:** • Aktiviti titik panas (hotspot) meningkat dengan jarak sederhana hingga tebalnya jerebu asap diperhatikan selama 2 hari berturut-turut atau lebih; • Keadaan kering berterusan; • Angin lazimnya bertiup membawa jerebu asap dari titik panas ke arah negara-negara jiran ASEAN.
Tahap 3	**Risiko jerebu rentas sempadan yang serius di rantau ini.** • Aktiviti titik panas (hotspot) yang ketara dan berterusan dengan jarak sederhana hingga tebalnya jerebu asap diperhatikan selama 2 hari berturut-turut atau lebih; • Keadaan kering berterusan; • Angin lazimnya bertiup membawa jerebu asap dari titik panas ke arah negara-negara jiran ASEAN.

Rajah 1. Tahap Amaran Jerebu Rentas Sempadan

Sumber: *ASEAN Specialized Meteorological Centre (ASMC)*

Sistem ini terdiri daripada empat tahap, iaitu Tahap 0 hingga Tahap 3, yang menggambarkan

peningkatan risiko jerebu rentas sempadan. Tahap 0 menunjukkan tiada jerebu asap rentas sempadan atau keadaan normal, manakala Tahap 1 menandakan bermulanya musim kering. Apabila keadaan bertambah buruk, Tahap 2 menunjukkan risiko jerebu rentas sempadan yang semakin meningkat, sementara Tahap 3 merupakan tahap amaran tertinggi yang menunjukkan risiko tinggi berlakunya jerebu rentas sempadan yang serius. Yang penting, peningkatan tahap amaran tidak semestinya bermaksud semua kawasan dalam sesebuah negara mengalami kualiti udara yang tidak sihat. Sebaliknya, tahap amaran ASMC memberikan gambaran tentang risiko dan perkembangan jerebu pada peringkat serantau berdasarkan gabungan data meteorologi, satelit, titik panas dan pergerakan asap. Oleh itu, data ASMC dan bacaan kualiti udara seperti APIMS perlu dilihat sebagai dua sumber maklumat yang saling melengkapi: ASMC membantu menjelaskan risiko, sumber dan pergerakan jerebu, manakala APIMS menunjukkan keadaan kualiti udara yang dialami di sesuatu lokasi di Malaysia.

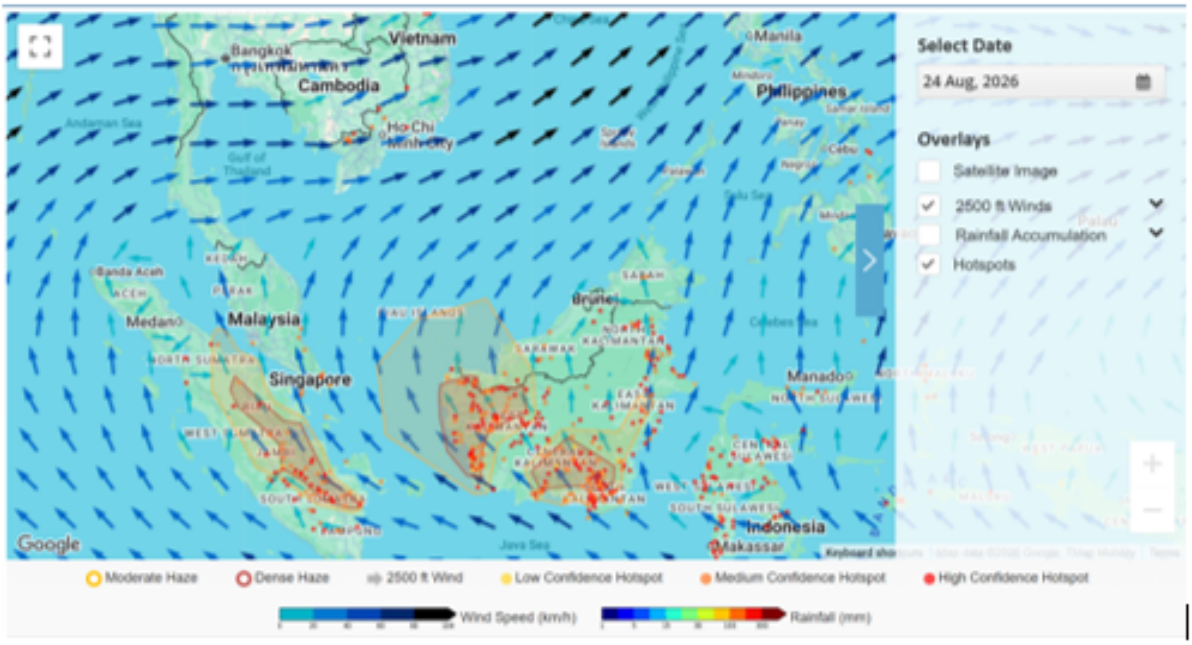
Sebagai contoh, apabila *hotspot* yang menghasilkan asap dikesan di Sumatera atau Kalimantan dan pada masa yang sama arah angin membawa asap ke Malaysia, peningkatan bacaan IPU di kawasan yang berada di laluan tersebut memberikan gambaran yang lebih jelas tentang kemungkinan hubungan antara sumber kebakaran dan pencemaran udara yang dialami di Malaysia. Jadi, angka pada APIMS hanyalah sebahagian daripada cerita. Di sebalik satu angka IPU yang tinggi, terdapat persoalan yang lebih besar: dari mana datangnya asap tersebut, bagaimana ia bergerak dan mengapa ia akhirnya menjadi masalah kepada negara jiran?

Data hotspot memberitahu kita kemungkinan sumbernya iaitu kebakaran. Manakala, APIMS memberitahu kita kesannya. Arah angin memberitahu kita bagaimana asap itu bergerak. Dan apabila ketiga-tiga maklumat ini dibaca bersama, barulah kita dapat memahami bahawa jerebu bukan sekadar masalah kualiti udara Malaysia ia adalah masalah yang tidak mengenal sempadan negara.

Di Sebalik Jerebu: Cuaca, Hotspot dan Pergerakan Asap

Rajah 2 menunjukkan situasi cuaca dan jerebu terkini berdasarkan laporan daripada laman web *ASEAN Specialised Meteorological Centre (ASMC).* Di sebalik langit yang berjerebu di Sarawak, terdapat satu lagi cerita yang sedang berlaku di seberang sempadan. Kalimantan, di bahagian Indonesia di Pulau Borneo, kini berdepan peningkatan aktiviti kebakaran hutan dan tanah. Di Kalimantan Barat, jumlah hutan dan kawasan pertanian (lahan) terbakar sekitar 38,310.89 hektar, menjadikannya jumlah terbesar berbanding lima provinsi utama kebakaran yang lain iaitu Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan.

Apabila keadaan kering berpanjangan bertemu dengan kebakaran, asap yang terhasil tidak semestinya kekal di kawasan asal. Sebaliknya, asap boleh bergerak mengikut arah angin, merentasi sempadan dan akhirnya menjejaskan kualiti udara di negara jiran. Keadaan cuaca di Kalimantan ketika ini memberikan gambaran jelas tentang risiko tersebut. Laporan ASMC menunjukkan keadaan kering berterusan di sebahagian besar rantau ASEAN Selatan, kecuali hujan yang berlaku terutamanya di bahagian utara Borneo dan Sumatera serta beberapa kawasan di Semenanjung Malaysia. Dalam keadaan ini, kelompok titik panas (*hotspot*) terpencil hingga bertaburan dikesan khususnya di beberapa kawasan di Kalimantan serta bahagian selatan dan tengah Sumatera. Beberapa titik panas turut dikesan di kawasan lain di rantau ASEAN Selatan.



Rajah 2. Situasi Cuaca dan Jerebu Terkini (24 Ogos 2026)

Sumber: *ASEAN Specialised Meteorological Centre (ASMC)*

Kesan daripada keadaan tersebut dapat dilihat melalui pergerakan asap merentasi sempadan. Jerebu sederhana hingga tebal dikesan di Kalimantan Barat dan bergerak ke arah utara menuju bahagian barat Sarawak. Kepulan asap sederhana hingga tebal turut diperhatikan di beberapa kawasan lain di Kalimantan serta bahagian tengah dan selatan Sumatera. Pada masa yang sama, kepulan asap tempatan pada tahap ringan hingga sederhana dikesan berpunca daripada titik panas di bahagian selatan Semenanjung Malaysia, Kepulauan Riau dan Kepulauan Bangka-Belitung.

Kesan pencemaran ini turut direkodkan melalui stesen pemantauan kualiti udara di rantau berkenaan. Beberapa stesen di Kalimantan Barat, bahagian barat Sarawak, bahagian barat Semenanjung Malaysia serta bahagian selatan dan tengah Sumatera mencatatkan tahap kualiti udara daripada tidak sihat hingga sangat tidak sihat. Namun, persoalan yang lebih penting ialah: mengapa Kalimantan terbakar?

Kebakaran hutan dan tanah di Kalimantan Barat bukan berpunca daripada satu faktor semata-mata. Sebenarnya, sepanjang tahun 2026 telah bermulanya kejadian kebakaran hutan dan kawasan pertanian di Indonesia, tetapi menjelang Julai dan Ogos keadaan semakin memburuk apabila cuaca semakin panas dan kering. Aktiviti manusia, termasuk pembukaan dan pembersihan tanah menggunakan kaedah pembakaran, bertemu dengan keadaan cuaca yang semakin kering akibat musim kemarau dan pengaruh El Nino. Keadaan ini menjadi lebih kritikal apabila kebakaran berlaku di kawasan tanah gambut yang menyimpan bahan organik mudah terbakar dan boleh terus membara di bawah permukaan. Apabila keadaan kering disertai tiupan angin, api lebih mudah merebak manakala asap yang terhasil boleh bergerak jauh mengikut keadaan atmosfera.

Situasi ini memperlihatkan bahawa jerebu tidak mengenal sempadan politik. Kebakaran yang berlaku di satu kawasan boleh menghasilkan asap yang kemudiannya dibawa oleh angin ke kawasan lain, termasuk merentasi sempadan negara. Justeru, kejadian di Kalimantan bukan lagi sekadar isu alam sekitar yang perlu ditangani oleh Indonesia, sebaliknya turut mempunyai implikasi kepada negara jiran seperti Malaysia. Keadaan ini sekali lagi menunjukkan bahawa pengurusan jerebu rentas

sempadan memerlukan pemantauan, perkongsian maklumat dan kerjasama serantau yang berterusan.

Kerjasama Rentas Sempadan: Daripada Jerebu kepada Tindakan Bersama

Apabila asap merentasi sempadan, usaha menanganinya juga memerlukan kerjasama rentas sempadan. Dalam menghadapi peningkatan kebakaran hutan dan tanah di Kalimantan, Indonesia kini mempergiatkan operasi pemadaman secara darat dan udara. Antara langkah yang dilaksanakan ialah operasi *'water bombing'*, iaitu penggunaan aset udara berkapasiti besar untuk menjatuhkan air secara terus ke kawasan yang terbakar bagi mengawal dan memadamkan titik api yang sukar dicapai melalui operasi darat. Ilustrasi Kalimantan sedang terbakar dalam Rajah 4 menunjukkan infografik yang dihasilkan oleh Public Health malaysia mengenai apa yang berlaku dan tindakan yang sedang dijalankan oleh Indonesia khasnya.



Rajah 3. Operasi Pemadaman secara darat untuk mencegah api di tanah gambut

Sumber: Akhbar detiknews



Rajah 4. Infografik Kalimantan sedang terbakar

Sumber: Public Health Malaysia

Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), di Kalimantan Barat, operasi *water bombing* dipergiatkan dengan penggunaan empat aset udara. Pada 23 Ogos 2026 sahaja, sebanyak 223 kali pelepasan air dilakukan dalam lapan penerbangan, dengan jumlah air yang dijatuhkan melebihi satu juta liter. Langkah ini menunjukkan bahawa pemadaman kebakaran memerlukan tindakan pantas, khususnya apabila kebakaran berlaku di kawasan yang luas atau sukar diakses oleh pasukan darat.

Dalam menghadapi jerebu rentas sempadan, kerjasama antara negara bukan lagi sekadar pilihan, tetapi satu keperluan. Perkembangan pada 24 Ogos 2026 memperlihatkan satu langkah penting apabila Indonesia memberikan kebenaran rasmi kepada Malaysia untuk merentasi ruang udaranya bagi melaksanakan Operasi Pembenihan Awan (OPA) di kawasan sempadan kedua-dua negara. Operasi tersebut akan diselaraskan oleh Agensi Pengurusan Bencana Negara (NADMA) dan Jabatan Meteorologi Malaysia (METMalaysia) bersama pihak Tentera Nasional Indonesia (TNI). Langkah ini memperlihatkan kesediaan kedua-dua negara untuk bertindak secara bersama sebelum keadaan kebakaran menjadi lebih serius dan asap merebak ke kawasan yang lebih luas.

Namun, usaha menangani jerebu tidak boleh terhad kepada tindakan ketika krisis berlaku. Pendekatan yang lebih menyeluruh memerlukan pengesanan awal titik panas, pemantauan kualiti udara, perkongsian data meteorologi, pengerahan aset pemadaman seperti water bombing serta penyelarasan maklumat dan operasi antara agensi dan negara yang terlibat. Kesemua komponen ini perlu bergerak secara bersepadu bagi membolehkan risiko dikenal pasti dan tindakan diambil pada peringkat awal. Semakin pantas kebakaran dikesan dan dikawal di kawasan sumber, semakin besar peluang untuk mengurangkan pembentukan asap serta mencegahnya daripada merebak merentasi sempadan.

Peranan *Centre for Climate Transition & Disaster Risk* UMPSA- Penyelidikan Berkaitan Isu Jerebu Rentas Sempadan

Di UMPSA, *Centre for Climate Transition & Disaster Risk* komited untuk terus memperkukuh penyelidikan, inovasi dan pemindahan teknologi yang berkaitan dengan perubahan iklim serta pengurusan risiko bencana, termasuk isu jerebu rentas sempadan. Peranan pusat ini bukan sekadar memahami fenomena jerebu dari sudut saintifik, tetapi turut menyumbang kepada pembangunan pendekatan yang lebih berkesan dalam aspek pemantauan awal, penilaian risiko, pengurusan kebakaran dan peningkatan daya tahan komuniti. Kerjasama dengan agensi kerajaan, pihak berkuasa tempatan, industri dan komuniti amat penting bagi memastikan hasil penyelidikan dapat diterjemahkan kepada penyelesaian yang praktikal dan boleh dilaksanakan di lapangan.

Dalam menghadapi jerebu rentas sempadan yang semakin kompleks, pelaburan dalam teknologi seperti penderiaan jauh, Sistem Maklumat Geografi (GIS), pemantauan kualiti udara dan analitik data boleh membantu mengenal pasti kawasan berisiko, memantau perubahan keadaan persekitaran serta menyokong sistem amaran awal. Teknologi ini bukan sahaja penting ketika episod jerebu berlaku, tetapi juga untuk tindakan pencegahan dan persediaan sebelum musim risiko tinggi bermula. Pada masa yang sama, pembangunan kapasiti melalui latihan, khidmat nasihat teknikal, projek perintis dan pemindahan pengetahuan kepada komuniti dapat memperkukuh keupayaan masyarakat untuk bertindak dengan lebih pantas dan berkesan.

Secara lebih khusus, Sistem Maklumat Geografi (GIS) membolehkan pelbagai lapisan data seperti data hotspot, sempadan pentadbiran, jenis guna tanah, kawasan tanah gambut, arah dan kelajuan angin serta lokasi stesen pemantauan kualiti udara ditindanselapiskan (overlay) dalam satu platform pemetaan. Melalui pendekatan ini, pergerakan asap rentas sempadan dapat dijejaki secara spatial dan hubungannya dengan kawasan sumber kebakaran dapat dianalisis dengan lebih tepat, berbanding hanya bergantung kepada bacaan indeks kualiti udara semata-mata. Peta risiko yang dihasilkan menerusi GIS juga dapat mengenal pasti kawasan tumpuan berisiko tinggi, termasuk kawasan tanah gambut dan penempatan padat penduduk yang lebih terdedah kepada kesan jerebu, sekali gus membantu agensi berkaitan merancang strategi pemantauan dan tindak balas yang lebih disasarkan.

Selain GIS, analitik data turut memainkan peranan penting dalam mengubah data mentah yang besar dan berterusan, seperti data satelit, hotspot, meteorologi dan bacaan kualiti udara, kepada maklumat yang boleh digunakan untuk membuat keputusan. Dengan menggabungkan teknik analitik data, termasuk pembelajaran mesin (*machine learning*) dan pemodelan ramalan (*predictive modelling*), corak dan trend kebakaran serta jerebu pada musim-musim sebelumnya dapat dianalisis untuk meramal kebarangkalian berlakunya episod jerebu rentas sempadan pada masa hadapan. Pendekatan ini turut membolehkan pembangunan sistem papan pemuka (*dashboard*) pemantauan masa nyata (*real-time)* yang menggabungkan data ASMC, APIMS, hotspot dan citra satelit dalam satu paparan bersepadu.

Jerebu rentas sempadan pada akhirnya bukan sekadar isu pencemaran udara, tetapi merupakan cabaran yang melibatkan perubahan iklim, pengurusan bencana, kesihatan awam, alam sekitar dan kerjasama serantau. Oleh itu, penyelesaian jangka panjang memerlukan pendekatan yang berasaskan sains, teknologi dan kerjasama merentas sektor serta sempadan negara. Kita mungkin tidak dapat menghalang setiap kebakaran daripada berlaku, tetapi melalui penyelidikan, teknologi dan tindakan awal yang lebih bersepadu, kita mampu mengurangkan risiko, mempercepatkan tindak balas dan meningkatkan daya tahan masyarakat terhadap kesan jerebu pada masa hadapan.



Oleh: Ts. Dr. Roziah Zailan

E-mel: roziahz@umpsa.edu.my

Felo Penyelidik, Centre for Climate Transition & Disaster Risk dan Pensyarah Kanan, Fakulti Teknologi Kejuruteraan Awam (FTKA), Universiti Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah (UMPSA)



Oleh: Profesor Ir. Dr. Mohd Faizal Jamlos

E-mel: faizaljamlos@umpsa.edu.my

Pengarah Kanan, Centre for Climate Transition & Disaster Risk dan Profesor di Fakulti Teknologi Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik (FTKEE), Universiti Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah (UMPSA)

- 216 views

View PDF