

SAINS ANGKASA

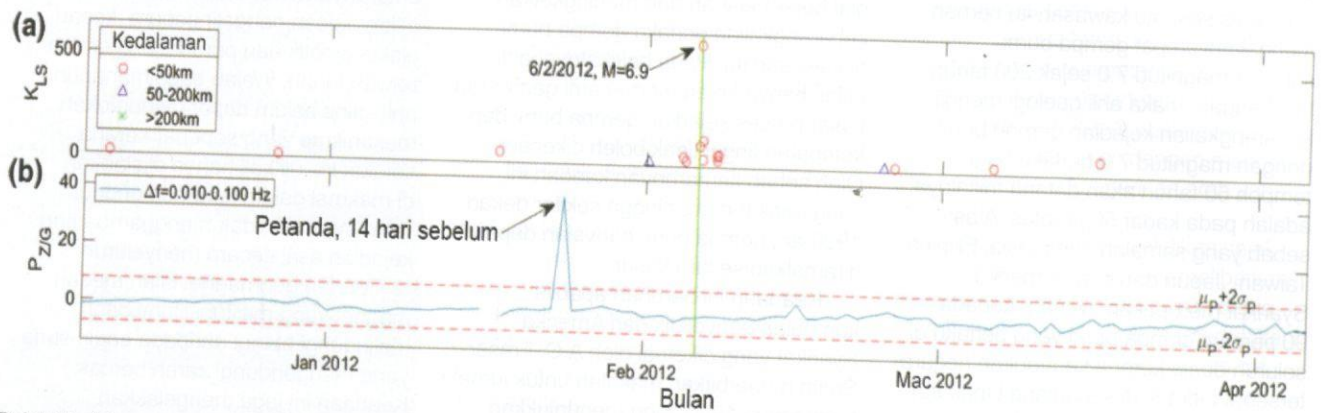
MUHAMMAD KHAIRUL ADIB, MARDINA ABDULLAH DAN NURUL SHAZANA ABDUL HAMID

Ramalan Gempa Bumi Mencari Keseimbangan dengan Medan Geomagnet

Gempa bumi merupakan antara bencana alam yang paling banyak membinasakan ketamadunan manusia. Sepanjang setengah tahun 2019 sahaja, sebanyak 8703 gempa bumi bermagnitud lebih daripada 4.0 dicatatkan yang mengakibatkan 45 kes kematian di seluruh dunia. Lebih memburukkan keadaan, gempa bumi yang berlaku di lautan boleh menyebabkan tsunami, iaitu gelombang lautan gergasi akibat pergolakan kerak bumi di bawah laut.

Tambahan pula, ahli geologi membuat spekulasi bahawa gempa bumi boleh mencetuskan letusan





Rajah Peristiwa gempa bumi (Cebu, Filipina, 2012) diwakili penanda bulat, segi tiga atau pangkah (panel a); dan kejanggalan geomagnet (panel b) perlulah melepasi nilai ambang (garis putus-putus).

gunung berapi, meskipun bukti saintifik yang kukuh belum ditemukan. Oleh itu, tidak hairanlah jika ahli sains sudah sekian lama berusaha untuk meramalkan fenomena alam ini. Berbekalkan kecanggihan alat dan pengetahuan sains – anda mungkin tertanya-tanya – mengapa hingga kini kita masih tiada kaedah atau sistem peramalan gempa bumi yang cukup andal dan berkesan?

Seismometer ialah alat mengukur gerakan tanah yang digunakan oleh ahli seismologi untuk mengesan sebarang gegaran yang disebabkan oleh gempa bumi atau letusan gunung berapi.

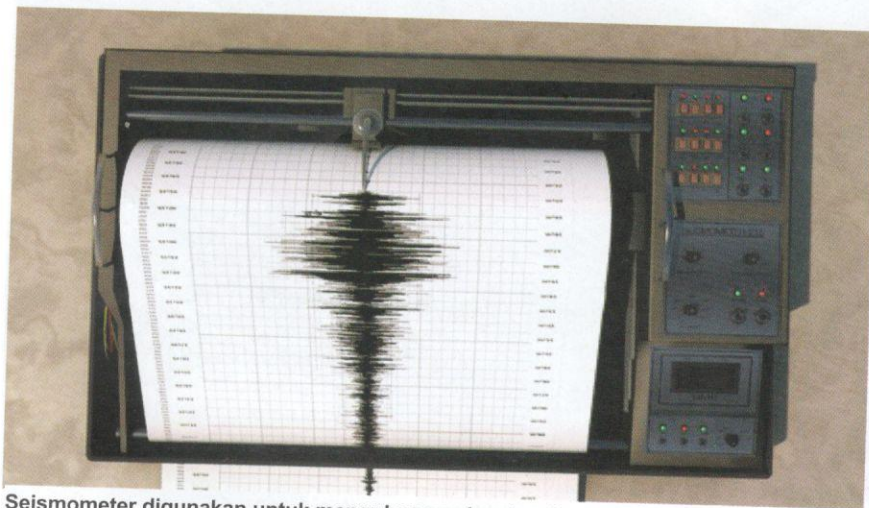
Gegaran dikesan dalam dua jenis bentuk gelombang seismos, iaitu primer (P) dan sekunder (S). Gelombang P (merambat dengan lebih pantas) ialah jenis membujur yang menyebabkan batuan mengembang dan memampatkan, dan gelombang S (merambat dengan lebih perlahan) ialah jenis melintang yang menyebabkan batuan berayun ke atas dan ke bawah.

Berdasarkan sela masa antara waktu ketibaan gelombang P dengan gelombang S di sesebuah stesen seismometer, ahli seismologi dapat menganggarkan jarak di antara pusat

gempa dengan stesen tersebut. Sekiranya sela masa lebih panjang, jarak adalah lebih jauh dan sebaliknya. Namun demikian, yang lebih menariknya, selain gelombang P dan gelombang S ini, seismometer mempunyai kepekaan yang sangat tinggi sehingga mampu mengesan gegaran kecil yang tidak dapat dirasakan oleh manusia sebelum gempa bumi sebenar terjadi.

Pengesanan gegaran kecil ini berfungsi untuk memaklumkan pihak yang berkaitan agar menanggukkan pelepasan kapal terbang serta menghentikan kereta api dan pengendalian mesin berat. Langkah ini mampu mengelakkan kemalangan yang lebih serius apabila gempa bumi sebenar berlaku. Walau bagaimanapun, gegaran ini lazimnya hanya dikesan beberapa minit sebelum gempa bumi berlaku dan pihak berkuasa sama sekali tidak sempat untuk memindahkan orang awam ke tempat yang lebih selamat. Maka, adakah kita mencari jalan untuk meramalkan gempa bumi lebih awal daripada beberapa minit sebelum kejadian? Bagaimanakah pula untuk meramalkan 10 tahun atau 30 tahun sebelum gempa bumi berlaku?

Peramalan beberapa dekad lebih awal, biasanya dikenali sebagai peramalan jangka masa panjang yang dilakukan oleh ahli geologi melalui penelitian gerakan tektonik plat dan



Seismometer digunakan untuk mengukur gerakan tanah.

kedudukan zon sesar. Sebagai contoh, sekiranya sesuatu kawasan itu pernah mengalami empat gempa bumi sebesar magnitud 7.0 sejak 200 tahun belakangan, maka ahli geologi mengira kebarangkalian kejadian gempa bumi dengan magnitud 7.0 berlaku bagi tempoh 50 tahun akan datang misalnya, adalah pada kadar 50 peratus. Atas sebab yang samalah, Indonesia, Filipina, Taiwan, Jepun dan barat Amerika Syarikat merupakan "rumah" kepada 90 peratus gempa bumi yang berlaku di seluruh dunia kerana kedudukan negara tersebut terletak di sepanjang Lingkaran Api Pasifik.

Timbul persoalan, "Bolehkah kita meramalkan gempa bumi 50 tahun sebelum fenomena itu berlaku?".

Namun demikian, peramalan berasaskan rekod sejarah dan kebarangkalian seperti ini mungkin tidak begitu tepat dan andal – hal ini kerana proses kejadian gempa bumi sangat kompleks dan peleraian tenaga keupayaan pada sesebuah tektonik

plat mungkin menambah tenaga pada plat bersebelahan dan meningkatkan kebarangkalian berlaku gempa bumi di kawasan itu. Pada hakikatnya, ahli sains hanya boleh memahami gambaran kasar proses kejadian gempa bumi dan ketepatan tinggi tidak boleh dikecapi. Oleh sebab kemampuan kaedah ini yang agak terhad, hingga sekitar dekad 1990-an, gempa bumi hanyalah dapat diramalkan secara kasar.

Keadaan ini berubah apabila kumpulan penyelidik dari Amerika Syarikat yang diketuai oleh A.C. Fraser-Smith menerbitkan makalah untuk jurnal pada tahun 1990 yang menunjukkan bahawa terdapat kejanggalan pada medan magnet bumi (atau dikenali sebagai medan geomagnet) beberapa hari sebelum gempa bumi Loma Prieta di California tahun 1989 dengan magnitud 7.2 (sebagai perbandingan, gempa bumi terburuk dalam sejarah dunia yang mencatatkan magnitud 9.5).

Ada beberapa andaian mekanisme yang menghasilkan kejanggalan

disebabkan oleh proses gempa bumi, antaranya termasuklah kesan rekahan mikro, kesan pengalir separa, kesan elektrokinetik dan perubahan keraliran bawah tanah. Walau bagaimanapun, ahli sains belum dapat menentukan mekanisme yang sebenar kerana setakat ini, uji kaji hanya dijalankan di makmal dalam keadaan unggul yang mungkin tidak menggambarkan kejadian asal secara menyeluruh.

Medan geomagnet ialah medan magnet yang melitupi Bumi bagi melindungi planet daripada angin suria yang mengandungi zarah bercas. Keadaan ini juga mengelakkan kebocoran lapisan ozon yang memayungi kita daripada sinaran ultralembayung berbahaya. Medan ini dicerap oleh alatan yang dipanggil magnetometer. Kompas yang mampu menunjukkan arah mata angin dengan menjajarkan jarumnya selari dengan arah medan geomagnet utara-selatan merupakan sejenis magnetometer ringkas.



Peramalan jangka panjang terhadap kejadian tsunami sukar dikecapi ketepatan waktunya.

Data magnetometer mempunyai pelbagai aplikasi, antaranya termasuklah cerapan cuaca angkasa, penerokaan minyak dan gas, pertahanan dan aeroangkasa.

Magnetometer yang lebih canggih pula bukan sahaja mampu memberitahu arah medan geomagnet, tetapi juga nilai atau amplitud di setiap arah. Alatan ini mencerap medan geomagnet dalam tiga arah komponen, iaitu mencancang, mendatar ke timur dan mendatar ke utara. Data magnetometer mempunyai pelbagai aplikasi, antaranya termasuklah cerapan cuaca angkasa, penerokaan minyak dan gas, pertahanan dan aeroangkasa. Oleh sebab sifatnya yang serba boleh, maka beratus-ratusan magnetometer dipasang di seluruh dunia, malahan di Malaysia sahaja terdapat tujuh buah yang sedang beroperasi.

Magnetometer juga berkeupayaan mengesan sebarang bacaan janggal kesan daripada fenomena asli atau buatan manusia di angkasa dan Bumi. Dalam konteks ini, penyelidikan terdahulu mendapati bahawa kejanggalan pada komponen mencancang boleh dikesan semasa tempoh pragempa bumi. Pemprosesan data geomagnet bagi mengenal beza antara isyarat sebenar (kejanggalan yang disebabkan oleh gempa bumi) dengan hingar latar belakang melibatkan

fungsi pemprosesan isyarat yang rumit seperti turas gelombang kecil, jelmaan Fourier pantas dan jelmaan Hilbert.

Hingar-bingar lazimnya berpunca daripada beberapa sumber termasuklah aktiviti perkilangan, lintasan kenderaan berat berhampiran serta kegagalan alat. Jika tidak disingkirkan daripada data mentah, hal ini akan menunjukkan kejanggalan dan seterusnya menghasilkan amaran palsu. Dalam bidang peramalan gempa bumi, ahli sains tidak boleh membuat kesilapan kerana keadaan ini melibatkan keamanan dan keselamatan masyarakat, maka analisis data perlulah dilakukan dengan berhati-hati.

Di samping itu, kejanggalan pada medan geomagnet yang disebabkan oleh ribut geomagnet berpunca daripada matahari yang mempunyai ciri seakan-akan sama dengan kejanggalan disebabkan oleh gempa bumi. Oleh itu, pemproses data perlu mengabaikan sebarang kejanggalan yang muncul semasa berlakunya ribut geomagnet yang juga dikenali sebagai hari terganggu. Sebaliknya kejanggalan yang muncul semasa hari senyap (tiada ribut geomagnet) akan diteliti dan disahkan sama ada betul-betul dicetuskan oleh proses pragempa bumi atau tidak.

Dalam hal ini, amplitud kejanggalan juga perlu cukup besar, iaitu menjangkau dua sisihan piawai daripada nilai purata bacaan medan geomagnet sepanjang tempoh pemerhatian. Semua perkara ini dapat dicapai melalui algoritma komputer dan kod pengaturcaraan kompleks yang mampu melakukannya secara automatik. Teknologi ini dikenali sebagai automasi komputer.

Kejanggalan geomagnet ini dianggap berpotensi sebagai petanda gempa bumi. Ciri yang paling penting ialah tempoh kemunculan petanda ini, iaitu sebulan hingga beberapa hari sebelum gempa bumi; tidak terlalu awal dan tidak terlalu singkat. Hal ini memadai untuk memungkinkan pemindahan penduduk dan pada masa yang sama, mempunyai keandalan serta ketepatan yang baik. Tambahan pula, petanda gempa bumi

melalui analisis medan geomagnet bukan sahaja boleh meramalkan kejadian gempa bumi, tetapi juga arahnya. Sekiranya petanda dikesan di dua buah sfesen magnetometer atau lebih, kedudukan tepat pusat gempa bumi dapat ditentukan dengan mencari titik persilangan dua garisan arah yang dianggarkan.

Selain itu, hasil penyelidikan sejak hampir tiga dekad lalu yang melibatkan puluhan gempa bumi di seluruh dunia membolehkan penyelidik memerhatikan jika terdapat corak korelasi antara ciri petanda (misalnya amplitud) dengan sifat gempa bumi (misalnya magnitud) yang menyusulinya; sebagai contoh, lebih besar amplitud petanda, lebih besar magnitud gempa bumi. Corak korelasi ini ialah penemuan yang signifikan yang berpotensi untuk membantu penerbitan model peramalan. Model ini, sekiranya berjaya diterbitkan, mampu meramalkan sifat-sifat gempa bumi seperti magnitud, kedalaman dan jarak.

Sebagai natijahnya, usaha untuk meramalkan kejadian gempa bumi tidak putus-putus dijalankan oleh ahli sains seluruh dunia, walaupun dalam kalangan negara yang kurang cenderung mengalaminya seperti Malaysia. Hal ini dikatakan begitu kerana sebarang usaha penyelidikan yang mendatangkan manfaat sejagat merupakan tanggungjawab seluruh umat manusia.

Apatah lagi dalam dunia yang semakin meningkatkan keterhubungan dan kebergantungannya, sebarang malapetaka yang menimpa sesebuah negara bakal memberikan dampak kepada negara jirannya, sama ada dari aspek ekonomi, sosial mahupun politik. Bak kata pepatah, cubit paha kanan, paha kiri pun terasa juga. Kehilangan berjuta-juta nyawa dan berbilion-bilion Ringgit mampu dielakkan jika bencana alam yang membinasakan ini mampu diramal.

Dari pelbagai aspek kehidupan, keseimbangan merupakan kuncinya – terlalu awal menyebabkan peramalan tidak tepat; terlalu lewat menyebabkan persediaan tidak sempat.

Muhammad Khairul Adib, Mardina Abdullah dan Nurul Shazana Abdul Hamid
penyelidik di Pusat Sains Angkasa, Institut Perubahan Iklim, UKM.