

KADASTER 4D: SEBUAH KENISCAYAAN MENURUT KONDISI GEOLOGIS INDONESIA *Tanjung Nugroho**

Abstract: The geologic condition of the Indonesian archipelago; lying on the meeting zone of three big global tectonic plates which actively moves, often causes the rising of many faults in the region. The faults have various activities ranging from silent motion to active motion category. Today there are many land parcels located on the faults. Some of them have been registered at the local Land Office. Due to the active motion of the faults, it is possible that there are movements of the land position and dimension. This may cause disputes on land boundaries. The 4D Cadastre is aimed at anticipating the coming problems.

Keywords: Tectonic activities, geologic faults, land parcels.

Intisari: Kondisi geologis kepulauan Indonesia yang terletak pada zona pertemuan 3 lempeng besar dunia yang selalu aktif bergerak telah menyebabkan munculnya beberapa sesar dan patahan di wilayah ini. Kategori aktivitasnya bervariasi, dari kategori 'tidur' hingga aktif bergerak. Saat ini, banyak bidang-bidang tanah terletak pada sesar-sesar tersebut. Beberapa di antaranya telah terdaftar di Kantor Pertanahan. Karena aktivitas dari sesar, telah menyebabkan perubahan posisi dan dimensi bidang-bidang tanah. Kemungkinan berikutnya dapat menyebabkan sengketa batas bidang tanah. Kadaster 4D hadir untuk mengantisipasi permasalahan itu.

Kata kunci: Aktivitas tektonik, patahan geologi, bidang-bidang tanah

Demi bumi yang terbelah. (QS Ath-Thariq: 12)
Dan bumi Kami hamparkan, maka Kamilah sebaik-baik yang menghamparkan. (QS Adz-Dzariyat: 48)
Bukankah Kami telah menjadikan bumi terbentang, dan gunung-gunung itu sebagai pasaknya.
(QS An-Naba': 6-7)
Dan kamu lihat gunung-gunung itu, kamu kira ia tetap di tempatnya padahal ia berjalan seperti awan
berjalan. ... (QS An-Naml: 88)

A. Pengantar

Secara geologis, wilayah Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng besar dunia, yaitu lempeng tektonik Eurasia, Indo-Australi dan lempeng Pasifik. Keberadaan fisik Kepulauan Nusantara yang terbentuk seperti saat ini, juga diakibatkan aktivitas lempeng-lempeng tersebut. Hingga kini, aktivitas lempeng yang berada jauh di bawah permukaan bumi dapat kita rasakan melalui getaran gelombang gempa.

Dalam satu dekade terakhir, bertubi-tubi wilayah Nusantara diguncang gempa. Bahkan beberapa kali di antaranya telah menimbulkan bencana kerusakan fisik hasil budidaya manusia, dan kematian.

Kerusakan fisik dalam hal ini juga menyangkut masalah pertanahan, seperti rusak dan musnahnya tanah, serta dokumen-dokumen pertanahan. Peristiwa tsunami yang menimpa pesisir barat Aceh akibat subduksi lempeng Indo-Australi terhadap Eurasia di Samudera Hindia (selatan Srilanka) pada penghujung 2004 adalah sebuah contoh yang perlu diambil hikmahnya.

* Dosen Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Yogyakarta

Dalam kejadian itu, banyak tanah pemilikan yang berkurang atau musnah tergerus badai tsunami. Kematian para pemegang (subjek) hak dan ahli warisnya menjadikan persoalan bertambah pelik. Dokumen pertanahan yang tersimpan di Kantor Pertanahan Kota Banda Aceh pun banyak yang hancur. Upaya merekonstruksi bidang-bidang tanah pemilikan memang telah diupayakan. Terlepas dari segala kekurangannya, upaya itu bisa dikatakan telah berhasil dengan baik. Kita seharusnya dapat belajar dari peristiwa itu, sekaligus menyusun langkah-langkah antisipasi terhadap kejadian serupa.

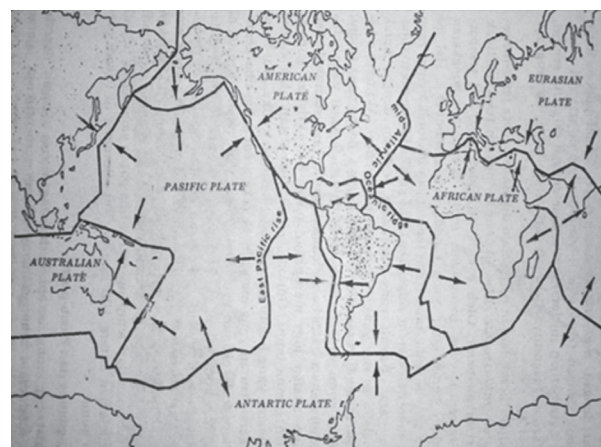
Ada satu hal yang luput dari pengamatan para pegiat kadaster, bahwa tumbukan lempeng-lempeng tektonik di samping menimbulkan kerusakan dan kematian, ternyata juga telah mengubah posisi segala objek yang ada di permukaan bumi. Jika permukaan bumi mengalami dislokasi, tentunya batas bidang-bidang tanah yang ada juga berubah posisinya secara relatif, bahkan beberapa ada juga yang berubah posisi secara absolut. Kondisi dinamis ini harus mendapat perhatian yang serius dari para pegiat kadaster karena apabila tidak, dapat berpotensi menciptakan konflik dan sengketa, dengan memberi perhatian dan melakukan studi geodinamika dari waktu ke waktu, dari satu kurun waktu ke kurun waktu berikutnya.

B. Teori Tektonik Lempeng

Upaya memahami kondisi geologis Kepulauan Nusantara, tidak bisa lepas dari sejarah pembentukannya yang didasari oleh teori tektonik lempeng hasil pemikiran Wegener (1912). Teori ini berpijak pada hipotesis bahwa kerak bumi terdiri dari beberapa lempeng kaku (litosfer), dan lempeng-lempeng tersebut terus-menerus bergerak secara lateral. Kecepatan pergerakan lempeng antara 3 – 13 cm per tahun (Soeprapto, 2004), sehingga saling bertumbukan, saling menjauh, atau berpapasan. Perge-

rakan itu terjadi karena lempeng-lempeng itu seolah-olah mengapung pada bahan yang plastis (*astenosfer*), seperti bongkahan es yang bisa bergerak di atas air.

Daerah yang saling menjauh di Punggung Tengah Samudera (*mid ocean ridge*), pada batas lempeng (retakan) yang mengalirkan lava ke atas dan mendorong dua lempeng bergerak dengan arah yang berlawanan disebut Perluasan Lantai Samudera (*sea-floor spreading*). Jika terjadi tumbukan dengan lempeng benua maka terjadilah berbagai bentuk pada permukaan bumi, seperti pegunungan, vulkan, palung, busur kepulauan, dan sebagainya. Di daerah yang berpapasan akan terjadi sesar transform. Suatu fakta bahwa vulkan dan gempa bumi cenderung terdapat di sepanjang *mid-ocean ridge* dan di sepanjang batas-batas benua, yang ditandai dengan adanya *trench* (parit samudera) yang sangat dalam, atau dengan kata lain, daerah-daerah aktif ini terdapat di sekitar retakan-retakan besar kerak bumi. Retakan-retakan ini mencakup seluruh bumi, sehingga saat ini bumi dapat dibagi dalam enam bagian lempeng raksasa.



Gb 1. Gerakan kerak bumi yang terbagi dalam 6 lempeng tektonik utama. (Sumber: Rona, 1973 dalam Hutabarat dan Evans, 1986)

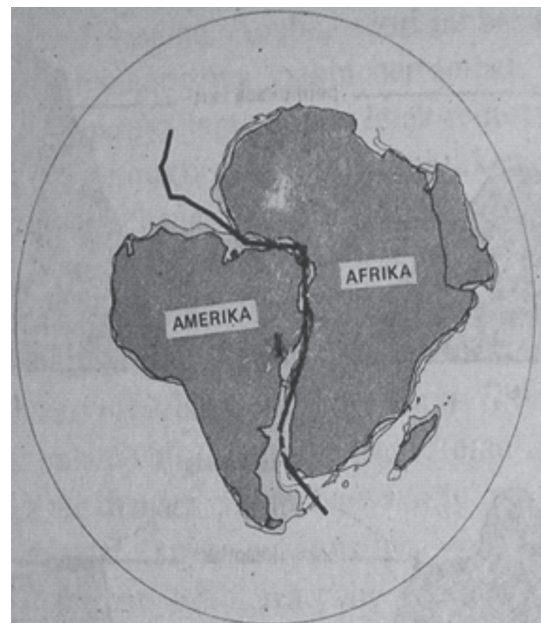
Perluasan Lantai Samudera yang mengakibatkan pergerakan lempeng dipicu oleh arus konveksi di mantel bagian atas. Cairan basaltik yang didorong dari dalam bumi melewati retakan

ridge dan membentuk kerak di bawah samudera. Kerak bumi yang baru akan selalu terbentuk dan menambah massa lempeng pada sistem *ridge*. Selanjutnya lempeng terus bergerak di bawah dasar samudera dengan kecepatan rata-rata beberapa centimeter setiap tahunnya. Dengan umur bumi yang telah mencapai 4 milyar tahun, maka pergerakan tersebut telah mengubah permukaan bumi yang sangat berarti seperti saat ini.

Mengacu pada Hutabarat dan Evans (1985), terbentuknya daratan (benua) dan lautan terjadi sekitar dua milyar tahun lalu, ketika terbentuk massa daratan raksasa (superkontinen) Pangea yang dikelilingi lautan sangat luas. Massa daratan yang dikenal sebagai massa daratan pemula (*pre-existing masses*) tersebut berpisah akibat adanya pergeseran benua (*continental drift*) dan menjadi dua bagian, yaitu superkontinen Gondwana dan Laurasia. Pergeseran benua ini merupakan gerakan gradual massa-massa kerak bumi yang luas di atas bidang *astenosfer*. Kedudukan Pangea ketika itu kira-kira membujur dari utara ke selatan yang kini ditempati Amerika Utara dan Afrika. Pangea bergerak ke utara, dan Kutub Selatan berada di sebelah Afrika sekarang, kemudian terjadi fragmentasi, mula-mula menjadi dua superkontinen, selanjutnya terfragmentasi lagi menjadi benua-benua serta perluasan dan penyiutan lautan. Pada proses terakhir ini superkontinen Gondwana terfragmentasi menjadi Amerika Selatan, Afrika, Australia, India, Semenanjung Arab, Australia, dan Antartika. Sementara itu superkontinen Laurasia terfragmentasi menjadi Amerika Utara dan Eurasia. Pergeseran benua ini terutama terjadi sekitar 600 – 500 juta tahun lalu. Wegener menunjukkan bahwa lekuk-lekuk pada kelima benua itu beresuaian dengan tonjolan-tonjolannya, sehingga menjadi satu daratan besar yang dikelilingi lautan. Pandangan ini diperkuat lagi dengan mempelajari paleomagnetisme, bahwa partikel-

partikel yang bersifat magnetis dalam batuan dapat digunakan untuk mengetahui deposisi partikel batuan umur benua-benua tersebut.

Sea-floor spreading tidak hanya merupakan sifat dari lautan, tetapi suatu hasil gerakan massa di daratan (*continental drift*). Proses ini mengakibatkan dua massa kerak bumi dipisahkan oleh gerakan lempeng tektonik yang saling menjauh. Buktinya sekitar 180 juta tahun lalu, benua Amerika Selatan dan Afrika yang masih satu daratan (bergabung dalam sistem *mid-ocean Atlantic ridge*), akhirnya terpisah karena pembentukan massa kerak bumi di bawah *ridge*, maka mereka berpisah sebagaimana diilustrasikan pada gambar berikut:



Gb 2. Pemisahan benua Amerika Selatan dan Afrika oleh *mid-Atlantic ridge*. (Sumber: McKenzie and Sclater, 1973 dalam Hutabarat dan Evans, 1986)

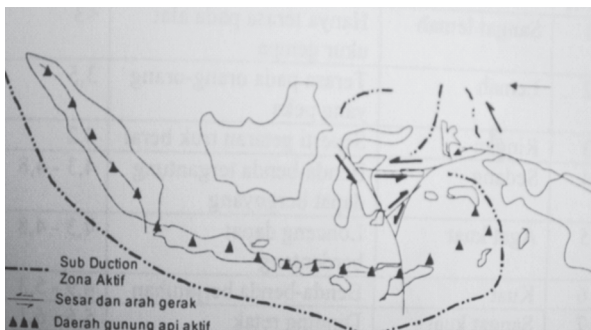
Selain dapat dipisahkan, lempeng juga dapat saling mendekat. India yang diduga potongan dari Gondwana bergerak 5.000 km dalam jangka waktu 30 juta tahun dan menumbuk Asia, sehingga terbentuk pegunungan Himalaya. Kira-kira sejak 250 juta tahun yang lalu posisi relatif benua-benua sudah seperti keadaan sekarang. Pergeseran benua-benua ini terlihat jelas dengan

adanya busur pegunungan. Bersamaan dengan pergeseran benua berlangsung pula dispersi flora dan fauna di permukaan bumi.

C. Pembentukan Geologis Kepulauan Nusantara

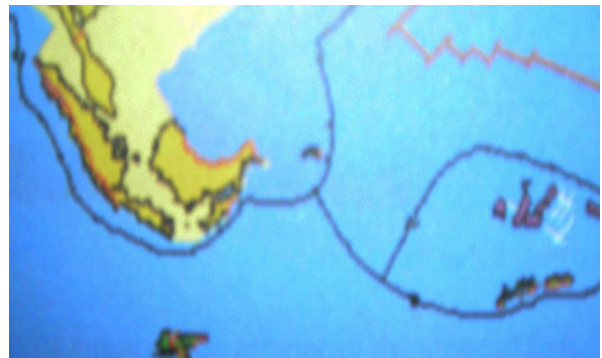
Kepulauan Nusantara bagian barat, terutama Jawa dan Sumatera terbentuk secara tektonik akibat subduksi di *Java trench* yang memanjang di Samudera Hindia atau tepatnya sebelah barat Sumatera dan sebelah selatan Jawa hingga Sunda Kecil. *Java trench* merupakan batas lempeng benua Eurasia yang bergerak ke tenggara dan lempeng samudera Hindi-Australi yang bergerak ke utara. Daratan yang menghadap ke zona subduksi, umumnya mempunyai topografi pantai dan kedalaman laut yang cukup terjal, serta berhadapan langsung dengan laut terbuka (Soeprapto, 2004).

Bagian Indonesia timur merupakan zona tumbukan lempeng yang lebih kompleks karena terbentuk dari benturan 3 lempeng dan pergerakan pulau-pulau pecahan lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia masuk ke wilayah ini. Kamaluddin (2005) menyebutkan pecahan tepian lempeng Indo-Australi antara lain adalah bagian timur Sulawesi, Timor, Seram, Buru, Kepulauan Sula, dan Alor. Pecahan bagian barat dan timur Sulawesi menyatu sekitar 15 juta tahun lalu. Secara lebih lengkap, zona-zona tumbukan lempeng di Indonesia diilustrasikan pada gambar berikut:



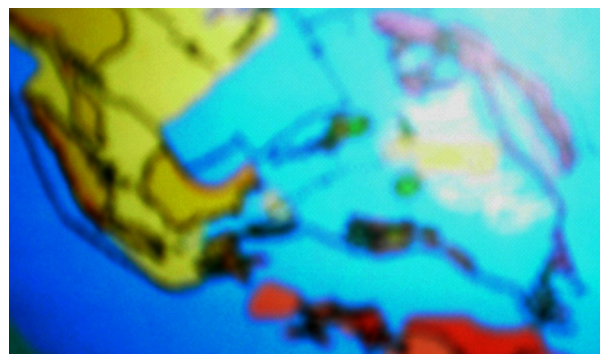
Gambar 3. Skema tektonik di Indonesia (Suharyadi, 2006)

Kronologis pembentukan daratan busur kepulauan Nusantara sebagai akibat dari tumbukan lempeng menurut Hall (1995) dalam Kamaluddin (2005), berawal sekitar 50 juta tahun yang lalu, ketika Jawa dan Sumatera masih satu pulau, sedangkan Kalimantan hampir bersambung dengan 'pulau Sulawesi' yang kelak menjadi Sulawesi Selatan. Berpisahnya Jawa dan Sumatera terjadi kira-kira 5 juta tahun yang lalu, sebagaimana diilustrasikan dalam gambar berikut ini:



Gambar 4. Kepulauan Nusantara 50 juta tahun lalu

Berikutnya antara 50 juta hingga 25 juta tahun yang lalu, mulai terbentuk pulau-pulau di bagian wilayah Indonesia bagian timur akibat aktivitas tektonik 3 lempeng besar dunia sebagaimana dapat diilustrasikan pada gambar berikut ini.



Gambar 6. Kepulauan Nusantara 5 juta tahun lalu

Akibat dari aktivitas 3 lempeng besar dunia tersebut juga telah melahirkan rangkaian kepulauan busur magmatik yang tersebar dari ujung barat Sumatera, Jawa, Bali, Lombok, Sumbawa,

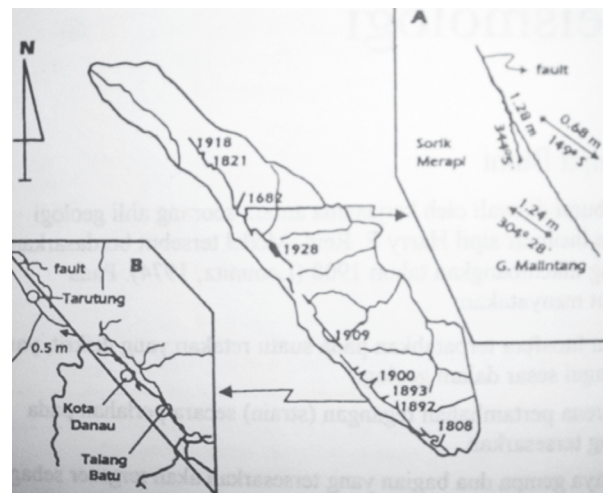
hingga ke Pulau Gunung Api, kemudian di sebelah utara lengan atas Sulawesi hingga Teluk Tomini, dan di sekitar lengan barat Halmahera.

D. Studi Geodinamika untuk Kadaster

Studi geodinamika dimaksudkan untuk memantau pergerakan kerak bumi yang sedang berlangsung (*recent crustal movement*). Melalui pengamatan geodesi-presisi pada beberapa *epoch* terhadap titik-titik kontrol yang tersebar di lokasi yang diyakini terdapat pergerakan, maka akan didapatkan arah dan besar pergerakan risen. Titik-titik kontrol ini merupakan bangunan tugu dengan konstruksi khusus untuk memantau pergerakan kerak, berupa monumen yang tertanam sangat dalam hingga mencapai batuan dasar (*baserock*). Hal ini untuk membedakan asal penyebab gerakan, apakah gerakan tanah itu berasal dari faktor tektonik (*endogen*), ataukah berasal dari pergerakan rayapan permukaan tanah (*landslide*) yang sifatnya eksogen.

Kegiatan monumentasi tersebut memperhatikan kondisi geologis regional, sebagaimana teori geologi yang menyatakan bahwa pada lempeng benua yang lebih ringan daripada lempeng samudera, maka akan terjadi retak-retak dan patah-patah akibat tekanan yang tinggi. Retakan atau sesar pada kerak bumi ini tersebar di daratan yang dekat dengan zona tumbukan, yang polanya sangat variatif. Oleh karena itu perlu dipelajari peta-peta geologi baik dalam skala regional maupun lokal. Sebagai contoh adalah adanya retakan regional di wilayah Yogyakarta yaitu sesar Opak, atau sesar Semangko yang membelah Bukit Barisan dari utara hingga selatan Pulau Sumatera. Sesar-sesar tersebut merupakan sesar yang aktif, terus menerus bergerak secara perlahan dan pasti, hingga suatu ketika terjadi gempa maka akan teraktivasi dan memporakporandakan apa yang ada di atasnya. Bersamaan dengan gempa, terjadi pula dislokasi titik-titik secara dramatis, dari kisaran centimeter hingga meter.

Kejadian gempa di Tapanuli pada tahun 1892 telah menggeser titik-titik triangulasi secara lateral di sepanjang sesar Semangko sebesar 1,24 meter dengan arah (asimut) $304^{\circ}28'$ di sisi barat dan di sisi timur sebesar 0,68 meter dengan asimut 149° . Gempa di tempat yang sama pada tahun 1952 telah mengubah posisi bangunan sebesar 0,5 meter. Berikut ini ilustrasi dari besar dan arah pergeseran akibat gempa tersebut.



Gb 7. Pergeseran Sesar Semangko di Sumatera akibat gempa. (Sumber: Katili & Hewuwat dalam Santoso, 2002)

Keterangan gambar :

- A. Pergeseran horisontal titik-titik triangulasi akibat gempa bumi Tapanuli (1892)
- B. Arah pergeseran bangunan akibat gempa bumi (1952)

Dislokasi permukaan tanah bisa dipilah menjadi perubahan posisi absolut dan posisi relatif titik-titik di permukaan tanah akibat adanya gaya gempa yang bekerja. Perubahan posisi tersebut bisa horisontal (terjadi pergeseran lateral) akibat sesar transform, atau bisa vertikal akibat sesar naik atau turun, atau bisa kedua-duanya. Bisa pula terjadi gerakan dalam arah sebaliknya dari arah yang dipahami sebelumnya, seperti aktivitas tektonik di Kepulauan Mentawai akhir-akhir ini telah menurunkan busur kepulauan itu, padahal busur kepulauan Mentawai dan pulau-pulau lain

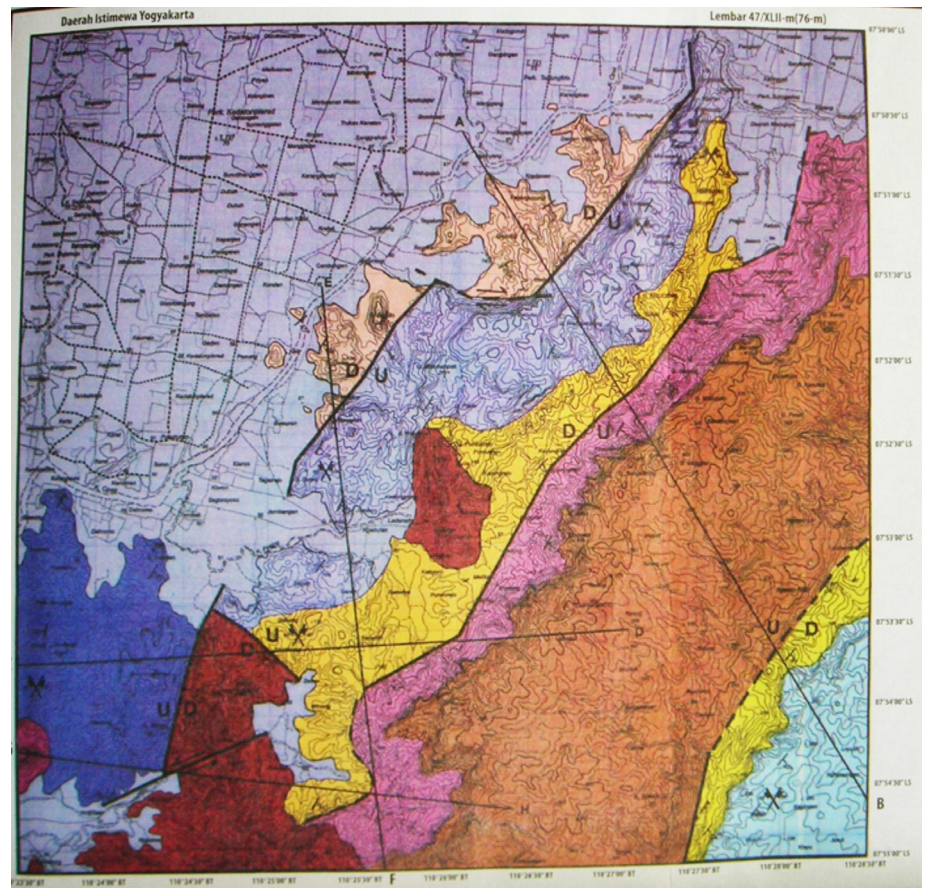
di barat Sumatera terbentuk karena proses pengangkatan. Sudah barang tentu kadaster akan berkepentingan dengan perubahan posisi titik-titik ikat dan posisi batas bidang tanah yang telah diukur dan didaftar pada waktu lampau untuk terjaminnya 'kepastian hukum' terhadap objek hak.

E. Mewujudkan Kadaster 4D

Selama ini dalam administrasi pertanahan telah terkandung suatu pemahaman bahwa kegiatan tersebut bersifat dinamis, data akan berubah dari waktu ke waktu, sehingga diadakan kegiatan pemeliharaan data pendaftaran tanah. Pada Kenyataannya kegiatan itu lebih pada perubahan subjek, objek, dan hubungan hukum antara keduanya. Dalam hal perubahan fisik/objek hak, kegiatan ini hanya meliputi pemecahan, penggabungan, pemisahan dan sejenisnya, yang merupakan langkah teknis untuk memenuhi perbuatan hukum yang terjadi atas bidang tanah. Kegiatan untuk mengantisipasi adanya perubahan posisi batas-batas bidang tanah akibat geodinamika belum dilaksanakan, padahal kondisi geologis setempat yang kemungkinan berkategori aktif atau sangat aktif menuntut untuk dilaksanakan pengukuran kembali posisi batas-batas bidang. Pada kasus yang demikian, survei geodinamika perlu dilaksanakan untuk mengetahui arah dan besarnya pergeseran batas-batas bidang.

Survei geodinamika bisa dimulai dengan memperhatikan kondisi geologis setempat melalui media peta geologi dan kajian-kajian pendu-

kungnya. Melalui peta geologi skala rinci akan didapatkan informasi ada tidaknya sesar pada daerah itu. Contoh peta geologi dalam skala yang cukup rinci dapat dilihat pada gambar berikut ini:

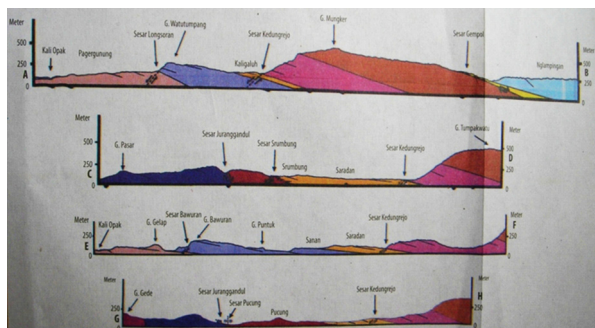


Gambar 8. Peta geologi skala rinci daerah Pucung dan sekitarnya Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul. (Sumber: Umboro (2008) dalam Sukandarrumidi (2011))

Keterangan gambar:

Garis elips putus-putus menunjukkan lokasi sesar transform.

Dalam penampang vertikal, keadaan geologi daerah tersebut diilustrasikan pada gambar di bawah ini:

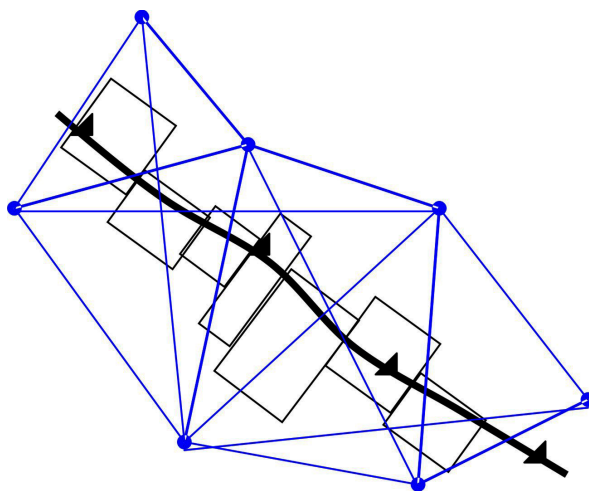


Gb 9. Penampang vertikal geologi daerah Pucung dan sekitarnya. (Sumber: Umboro (2008) dalam Sukandarrumidi (2011))

Pada peta dan penampang tersebut, terlihat sesar-sesar geologi daerah Pucung dan sekitarnya di Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul. Selanjutnya diidentifikasi di lapangan apakah terdapat bidang-bidang tanah yang dilalui oleh sesar tersebut. Jika kenyataannya demikian, maka perlu upaya peringatan kepada para pemegang hak untuk memperhatikan perkembangan pergerakan bidang tanahnya. Adanya jalur sesar perlu dicantumkan dalam peta-peta pendaftaran tanah yang telah ada maupun yang akan dibuat. Pada kasus bidang-bidang tanah yang demikian, akan sulit kiranya untuk menjamin kepastian hukum terhadap objek hak. Pendaftaran tanah pun perlu dilakukan dengan hati-hati, dengan pembatasan-pembatasan untuk mengantisipasi perkembangan yang terjadi. Kewajiban bagi para pemegang hak untuk melaporkan pergerakan tanahnya pun perlu dituntut, sehingga jika terjadi permasalahan dengan tetangga bidang sebelah menyebaliknya pun dapat diketahui dan diantisipasi secara dini.

Langkah teknis berikutnya adalah memantau pergerakan tanah dengan memasang monumen-monumen yang berupa tugu titik-titik kontrol yang tersebar di sepanjang sesar pada dua sisi yang berseberangan. Pengukuran geodesi presisi perlu dilakukan pada jaring kerangka kontrol ini secara berkala. Interval waktu yang dipakai untuk pengamatan biasanya adalah lima tahunan, atau

bergantung dari keaktifan sesar tersebut bergerak. Pengamatan juga perlu dilakukan jika terjadi gempa besar yang sekiranya menyebabkan dislokasi dramatis titik-titik kontrol. Koordinat hasil pengamatan antar *epoch* tersebut akan bermanfaat untuk mengetahui besar dan arah dislokasi bidang-bidang tanah beserta infrastruktur pemetaannya. Koordinat-koordinat ini juga akan digunakan untuk melakukan transformasi dalam suatu sistem pemetaan kadastral antar waktu untuk menunjang kesahihan data pendaftaran tanah beserta infrastruktur titik dasar teknik. Gambar berikut ini mengilustrasikan sebaran titik-titik kontrol di sepanjang sesar transform yang melalui beberapa bidang tanah.



Gambar 10. Sebaran titik-titik kontrol geodinamika di sekitar bidang-bidang tanah yang dilewati sesar

Administrasi fisik pertanahan yang dinamis perlu dipahami dan dilaksanakan dengan baik agar permasalahan fisik perubahan bidang tanah yang berpotensi menjadi permasalahan sosial berupa persengketaan batas dapat dikelola dengan baik. Selama ini dalam Kadaster 2D atau pendaftaran terhadap bidang tanah dikenal asas pemisahan vertikal, sedangkan pada Kadaster 3D atau pendaftaran pada satuan rumah susun dan sejenisnya dikenal asas pemisahan horisontal, untuk Kadaster 4D perlu kiranya ditambah dengan asas pemisahan waktu. Asas pemisahan

waktu ini untuk mengantisipasi adanya bidang tanah/objek hak yang mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Dalam Kadaster 4D, bidang tanah diasumsikan selalu bergerak dari waktu ke waktu, sehingga posisi absolutnya selalu berubah. Demikian juga pada batas-batas bidang yang dilalui sesar akan selalu berubah secara relatif terhadap batas-batas yang lain, sehingga terjadi perubahan dimensi pada bidang tanah tersebut dan bidang sekitarnya. Dalam persoalan yang demikian, mitigasi pertanahan perlu dilaksanakan dengan memberi pemahaman terhadap para pemegang hak dan para pemilik bidang di sekitarnya.

Terwujudnya Kadaster 4D juga perlu diiringi dengan membangun jejaring pemangku kepentingan. Lembaga-lembaga peneliti geodinamika perlu dirangkul untuk merumuskan pembagian kewenangan dan kewajiban masing-masing. Lembaga tersebut antara lain Badan Informasi Geospasial (BIG), Direktorat Geologi, dan perguruan-perguruan tinggi yang membuka program pendidikan geodesi dan geologi. Sebenarnya kegiatan pengukuran geodesi di Indonesia untuk memantau pergerakan kerak bumi telah lama dilakukan, hanya hasilnya belum pernah menjadi perhatian dan diimplementasikan dalam kegiatan kadaster. Pemantauan gerakan kerak bumi menggunakan piranti satelit GPS telah dilaksanakan tahun 1989 oleh Bakosurtanal (sekarang bernama Badan Informasi Geospasial) di Pulau Sumatera untuk memantau pergerakan Sesar Semangko (Bukit Barisan). Jaringan geodinamika yang telah terbentuk ini pada tahun 1992 selanjutnya diperluas hingga ke wilayah Indonesia bagian timur atau meliputi wilayah NKRI, selanjutnya jaring ini dinamakan *Zeroth Order Geodetic Network in Indonesia (ZOGNI)*, yaitu suatu jaringan kontrol horisontal teliti yang homogen, yang disebut juga jaring kerangka Orde 0.

Lebih lanjut, Bakosurtanal (sekarang bernama BIG) pada tahun 1996 menetapkan bahwa setiap

kegiatan survei dan pemetaan di wilayah Republik Indonesia harus mengacu pada Datum Nasional 1995 (DGN-95) atau yang biasa disebut sferoid/elipsoid acuan WGS-84. Perwujudan dari DGN-95 di lapangan diwakili oleh sejumlah titik Jaring Kerangka Geodesi Nasional (JKGN) orde 0 dan orde 1 yang menyebar di wilayah RI. Pada dasarnya, kerangka (jaring) titik kontrol geodetik nasional yang ditentukan dengan GPS adalah kerangka Orde 0 (yang paling teliti) hingga kerangka Orde 3. Kerangka Orde 0 dan Orde 1 dibangun oleh Bakosurtanal. Berikutnya BPN melalui PMNA/KBPN No. 3 Tahun 1997 menyebutkan bahwa JKGN Orde 0 dan Orde 1 hasil pengukuran Bakosurtanal didensifikasikan lagi menjadi titik dasar teknik (TDT) Orde 2, Orde 3 dan Orde 4. TDT tersebut berfungsi sebagai titik ikat pengukuran dan pemetaan dalam rangka penyelenggaraan pendaftaran tanah dan untuk keperluan rekonstruksi batas. Dengan cara pengadaan seperti di atas, maka jaring kerangka kadaster telah berada dalam satu sistem.

Mengingat kondisi kepulauan Indonesia yang berada pada *dynamic region*, maka JKGN tersebut rentan terhadap pergerakan lempeng tektonik sehingga kondisi geometriknya akan berubah dari waktu ke waktu. Perubahan tersebut sangat beragam dari satu bagian wilayah ke bagian wilayah yang lain (Sunantyo dan Fahrurrazi, 2011). Andreas (2011) menyatakan bahwa untuk mengantisipasi hal itu diterapkan *semi dynamic datum* sebagai referensi pemetaannya. Dalam *semi dynamic datum* ini dikenal istilah *epoch reference*, seperti *epoch reference 1998.0*, *epoch reference 2000.0*, dan sebagainya. Sebenarnya Indonesia sudah menerapkan sistem *semi dynamic datum* ini ketika melaksanakan tugas sehari-hari yaitu pengukuran dan pemetaan. Dengan adanya *epoch reference-epoch reference* tersebut maka dapat dipergunakan sebagai infrastruktur dalam mewujudkan Kadaster 4D.

F. Kesimpulan

Memperhatikan kondisi geologis Indonesia yang demikian rentan terhadap fenomena tektonik dan berimbas terhadap jaminan kepastian hukum objek hak maka Kadaster 4D perlu diimplementasikan segera untuk mengantisipasi kemungkinan munculnya persoalan di masa datang, karena tidak tertutup kemungkinan menjadi persengketaan batas. Persengketaan batas ini bisa muncul karena kekurangpahaman masyarakat terhadap fenomena pergerakan sesar yang melewati bidang-bidang tanahnya.

Studi geodinamika yang akhir-akhir ini marak dilakukan oleh BIG dan perguruan tinggi geodesi, serta lembaga-lembaga peneliti lainnya perlu dipertimbangkan dan ditindaklanjuti jika memang terdapat pergerakan muka tanah yang berarti. Informasi tersebut perlu disampaikan Kantor Pertanahan kepada masyarakat pemilik bidang tanah yang berlokasi di sekitar sesar geologi. Kantor Pertanahan maupun Kantor Wilayah BPN hendaknya aktif dalam mencari informasi tentang geodinamika wilayah yang menjadi kewenangan dan tanggungjawabnya. Berdasar itu, penyuluhan-penyuluhan kepada masyarakat hendaknya juga menyertakan materi tentang dislokasi atau pergerakan tanah berkaitan dengan kondisi geologis setempat.

Kadaster 4D kiranya perlu dimasukkan pada bingkai yang lebih besar, yaitu Manajemen Pertanahan Berbasis Kebencanaan. Bersama dengan institusi pemangku kepentingan bencana alam, seperti Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), BPN perlu merumuskan pembatasan-pembatasan hak atas tanah pada wilayah yang rentan bencana, termasuk di antaranya menyampaikan informasi secara detil perihal adanya sesar yang dapat mengubah posisi dan dimensi bidang tanah yang dilewatinya. Kadaster 4D ini juga bisa dikembangkan lebih lanjut pada tanah-tanah yang mengalami dina-

mika fisik, seperti tanah di sepanjang aliran dan muara sungai yang acapkali berubah karena erosi maupun abrasi.

Daftar Pustaka

Al Qur'anul Karim

- Abidin, Hasanuddin Z.. 2000. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*, Cetakan kedua, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Andreas, Heri. 2011. "Epoch Reference 2012.0" dalam *Prosiding FIT 2011 ISI*, Semarang.
- Hofmann-Wellenhof, B.; Lichtenegger, H. and Collins, J.. 1992. *GPS, Theory and Practice*, Springer-Verlag, Wien - New York.
- Hutabarat, Sahala dan Evans, Stewart M.. 1985. *Pengantar Oseanografi*, UI Press, Jakarta.
- Ilk, Karl Heinz. 1996. *Reference Systems in Geodesy*, Lecture notes part 5, 2nd Tropical School of Geodesy, ITB Press, Bandung.
- Kamaluddin, La Ode. 2005. *Indonesia sebagai Negara Maritim dari Sudut Pandang Ekonomi*, Edisi pertama Cetakan pertama, UMM Press, 2005.
- Lobeck, A.K.. 1939. *Geomorphology*, McGraw Hill, New York-London.
- Mobbs, Kim and Morgan, Peter. 1996. *Geodynamics and Modern Datum Definition*, lecture notes part 6, 2nd Tropical School of Geodesy.
- Munir, Moch.. 1996. *Geologi dan Mineralogi Tanah*, Cetakan pertama, Dunia Pustaka Jaya, Jakarta.
- Purbo-Hadiwijoyo, M.M.. 1994. *Kamus Kebumihan*, Grasindo, Jakarta.
- Rizos, Chris. 1996. *Principles of GPS Surveying*. 2nd Tropical School of Geodesy, Bandung 4-16 Nov. 1996.
- Santoso, Djoko. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*, Cetakan pertama, Penerbit ITB, Bandung.
- Soeprapto, Tjoek Azis. 2004. "Pengelompokan Pulau-pulau Berdasarkan atas Genesanya untuk Perencanaan Tata Ruang Wilayah Laut" dalam *Menata Ruang Laut Terpadu*,

Cetakan pertama, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Suharyadi. 2006. *Pengantar Geologi Teknik*, Edisi 5, Biro Penerbit Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.

Sukandarrumidi. 2011. *Pemetaan Geologi*, Cetakan pertama, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Sunantyo, T. Aris dan Fahrurrazi, Djawahir. 2011. "Jaring Kontrol Geodetik Dinamik di Wilayah Tektonik Indonesia" dalam *Prosiding FIT 2011 ISI*, Semarang.