**Analisis Struktur Geologi Penyebab Runtuhnya Masa Batuan
di Pantai Sadranan, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta*****Analysis of Geological Structure as a Cause for Rockfall in Sadranan Beach,
Gunungkidul Regency, The Special Region of Yogyakarta***

Hanang Samodra dan Sam Permanadewi

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi
Jalan Diponegoro No. 57 Bandung, 40122, IndonesiaNaskah diterima 29 Januari 2018, selesai direvisi 31 Oktober 2018, dan disetujui 23 November 2018
e-mail : hanangsamodra69@gmail.com, sam_permanadewi@yahoo.com**ABSTRAK**

Kejadian runtuhnya masa batugamping di lokasi wisata Pantai Sadranan, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta pada 17 Juni 2015 menyebabkan meninggalnya 4 wisatawan lokal. Peristiwa geologi ini dipicu oleh sistem retakan batuan (kekar) berarah timurtimurlaut-baratbaratdaya, yang meskipun bukan arah utama retakan tetapi mempunyai kerapatan cukup tinggi (3-4 kekar/meter). Kehadiran ceruk abrasi yang membentuk rongga memanjang, yang tidak kuat menahan bobot masa batuan di atasnya sehingga daya dukung batuan terlewati ikut bertanggung jawab terhadap kejadian ini. Upaya nyata mitigasi bencana geologi dari segala aspek sudah harus dimulai oleh Pemerintah Kabupaten Gunungkidul, yaitu dalam rangka menciptakan harmoni antara kehidupan masyarakat dengan lingkungan geologi di mana mereka tinggal.

Kata kunci: retakan batuan, ceruk, Pantai Sadranan.

ABSTRACT

Rockfall of limestones mass at tourist destination of Sadranan Beach, Gunungkidul Regency, Yogyakarta on June 17, 2015 led to the death of 4 local tourists. These geological events triggered by NNE-SSW rock fractures system, which despite not the main direction of fractures but has a fairly high density (3-4 fractures/meter). The presence of sea-level notches forming elongated curvatures that can not hold weight of the top of limestones mass takes responsibility for this incident. Real geological disaster mitigation efforts of all aspects has to be initiated by the government of Gunungkidul Regency, in order to create harmony between the life of community with the geological environment where they live.

Keywords: rock-fractures, sea-level notches, Sadranan Beach.

PENDAHULUAN

Deretan pantai di sepanjang wilayah Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta, merupakan pinggir selatan dari kawasan Kars Gunung Sewu yang berbatasan dengan Samudera Hindia. Karena bentang alamnya yang indah, pantai selatan ini menjadi objek dan daya tarik wisata yang memiliki nilai jual tinggi dan menjadi sumber Pendapatan Asli Daerah (PAD) yang sangat signifikan. Di Pantai Sadranan, pada 17 Juni 2015 lalu terjadi peristiwa peruntuhan batu yang menyebabkan 4 orang wisatawan meninggal dunia. Kejadian ini mendasari dilakukannya kajian rinci geologi atas penyebab dari peristiwa tersebut, khususnya dari aspek struktur geologi.

Kawasan pantai di Kabupaten Gunungkidul yang membentang arah barat-timur sepanjang lebih dari 50 km merupakan kombinasi antara pantai landai dan pantai curam. Morfogenesis pantai-pantai tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh struktur geologi dibanding proses abrasi. Sebagai daerah busur-depan di pinggir utara lempeng Samudera Hindia yang menyusup di bawah lempeng Benua Indo-Australia, dan masih aktif hingga sekarang, fenomena pengangkatan akibat tektonik dapat dibuktikan di banyak tempat.

Pengangkatan di sepanjang Jalur Pegunungan Selatan Jawa bagian tengah dan timur yang masih aktif hingga sekarang, khususnya di segmen yang berada di wilayah Kabupaten Gunungkidul, cenderung berpotensi menimbulkan peristiwa peruntuhan batu. Didukung oleh sifat batuan dan abrasi, batugamping penyusun Kars Gunung Sewu yang tersesarkan dan terkekarkan mudah sekali runtuh. Kejadian peruntuhan di masa lalu, dapat dijumpai di sekitar pantai yang berjenis curam.

Identifikasi struktur geologi (kekar, sesar) di sepanjang pantai selatan Gunungkidul, terutama di pinggir pantai batugamping yang berceruk, akan memberi peringatan dini terhadap bahaya peruntuhan batu. Peristiwa geologi yang terjadi secara alami ini akan menjadi bencana manakala kejadiannya menyebabkan korban, yaitu wisatawan yang mengunjungi pantai-pantai tersebut.

Pencirian potensi peruntuhan batu di kawasan pantai terjal berceruk yang didekati dari aspek struktur geologi dapat menjadi acuan bagi Pemerintah Kabupaten Gunungkidul dalam mengembangkan objek dan daya tarik kawasan pantainya secara aman. Hasil penelitian di Pantai

Sadranan ini dapat menjadi model bagi upaya kegiatan sejenis di seluruh kawasan pantai selatan pasca terjadinya peruntuhan batu yang membawa korban meninggal dari wisatawan.

Daerah penelitian hanya mencakup Pantai Sadranan dan Pantai Slili yang menyambung di sebelah baratnya. Pantai ini terletak sekitar 40 km selatan Wonosari, kota Kabupaten Gunungkidul (Gambar 1). Akses menuju pantai yang sangat mudah menyebabkan pantai ini ramai dikunjungi oleh wisatawan.

Sumber: Google Map 2016 CNES/ Astrium.

Gambar 1. Lokasi daerah penelitian.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran langsung di lapangan terhadap retakan-retakan batuan yang disebabkan oleh kekar dan sesar. Pengukuran dilakukan 3 hari setelah kejadian peruntuhan batu. Data selanjutnya dianalisis secara komputer, dengan menggunakan program “*Rock Works 2002, v.3.321*” (RockWare Inc., 2003) yaitu untuk mengetahui arah umum retakan dan retakan batu yang memicu terjadinya peruntuhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Batuan penyusun Pantai Sadranan adalah batugamping, yang berwarna kecoklatan dan banyak mengandung fosil koral dan *rhodolith*

(Gambar 2). *Rhodolith* adalah sejenis ganggang merah, yang bentuknya menyerupai koral. Kalsium karbonat yang mengisi dinding sel tumbuhan ini membentuk struktur keras, sehingga keadaannya mirip dengan koral. Tetapi tidak seperti koral yang hidupnya menempel di dasar laut yang berbatu, *rhodolith* hidup mengapung seperti rumput laut. Di dunia, *rhodolith* mulai muncul sekurang-kurangnya sejak Eosen (Hinojosa-Arango & Riosmena-Rodríguez, 2004). Batugamping terumbu yang tersingkap di Pantai Sadranan dan sekitarnya ini dikelompokkan ke dalam Formasi Wonosari yang

Gambar 2. Rhodolit yang menyusun batugamping Neogen Formasi Wonosari di Pantai Sadranan.

berumur Miosen Tengah-Pliosen (Samodra, 2005)

Pantai Sadranan yang membentang arah barat-timur sepanjang lebih dari 500 m merupakan pantai landai berpasir putih, yang bagian barat dan timurnya masing-masing dibatasi oleh pematang batugamping. Pinggiran selatan dari pematang batugamping yang tersingkap di Pantai Sadranan bagian barat, yang berbatasan dengan laut,

membentuk dinding curam setinggi lebih dari 20 m. Segmen pantai ini dicirikan dengan ceruk (*sea-level notches*) yang mempunyai panjang sekitar 50 m, dengan letaknya yang sejajar dengan garis pantai. Ceruk sedalam 2 m dan tinggi sekitar 2,5 m dari permukaan air laut dibentuk oleh proses abrasi sejak batugamping yang berumur Neogen ini terangkat dari dasar laut. Pengangkatan terjadi pada akhir Zaman Kuartar atau Plistosen (Samodra, 2007).

Batugamping yang menyusun ceruk di Pantai Sadranan dan Pantai Slili di sebelah baratnya terkekarkan akibat tektonik, yaitu ketika batugamping terangkat dari dasar cekungan pada akhir Kuartar. Kekar-kekar itu berjenis terbuka (*tensional fractures*, baik *extension*- maupun *release joints*) dan tertutup (*shear fractures*). Disebabkan oleh sifat batuan yang mudah larut, bidang-bidang kekar gerus akhirnya bersifat terbuka (Gambar 3). Fenomena peruntuhan batu di Pantai Sadranan di masa lalu dapat dilihat di perbatasan antara pantai ini dengan Pantai Slili (Gambar 4). Di Pantai Slili, pengekanan pada batugamping menerus hingga

Gambar 3. Retakan pada batugamping di segmen Pantai Sadranan bagian barat.

Gambar 4. Batugamping yang pernah runtuh di masa lalu di Pantai Sadranan.

endapan gisik (*beach-rocks*) yang umurnya lebih muda, yaitu Resen.

Kekar yang memotong batugamping umumnya berkedudukan tegak ($>80^\circ$), dengan bidangnya yang terbuka karena pelarutan oleh air. Oleh karenanya, untuk keperluan analisis struktur, tabulasi kekar mendasarkan pada arah kekar.

Pantai Sadranan

Garis pantai di Sadranan mempunyai arah timurlaut-baratdaya ($U65^\circ T$). Sebagian besar kekarnya juga berarah $U65^\circ T$. Arah kekar utama yang sejajar dengan garis pantai ini menjadi arah tebing terjal batugamping yang mempunyai ceruk di dasarnya. Sedang kekar-kekar lainnya ($U70^\circ T$ - $U80^\circ T$), terutama kekar barat-timur ($U80^\circ T$ - $U100^\circ T$), mempunyai kedudukan menyilang dengan kekar utama.

Sementara itu, tebing baru ceruk batugamping yang dibentuk oleh peruntuhan 17 Juni 2015 lebih kurang berarah $U80^\circ T$. Hasil pengukuran kekar

di Pantai Sadranan, di sekitar lokasi peruntuhan batu, tertabulasi pada Tabel 1. Arah utama kekar, sebagaimana terlihat pada diagram mawarnya (Gambar 5), adalah $U65^\circ T$. Sedang arah reratanya adalah $U85,7^\circ T$ (timurtimurlaut-baratbaratdaya).

Tabel 1. Pengukuran arah 12 kekar di Pantai Sadranan yang berkembang pada batugamping. Masing-masing kekar mempunyai kedudukan hampir tegak hingga tegak.

NO.	ARAH KEKAR
1.	$U85^\circ T$
2.	$U90^\circ T$
3.	$U65^\circ T$
4.	$U80^\circ T$
5.	$U255^\circ T$
6.	$U90^\circ T$
7.	$U280^\circ T$
8.	$U65^\circ T$
9.	$U65^\circ T$
10.	$U300^\circ T$
11.	$U290^\circ T$
12.	$U295^\circ T$

Gambar 5. Diagram mawar dari 12 arah kekar pada batugamping di Pantai Sadranan, dengan arah utama $U65^\circ T$ dan arah reratanya $U85,7^\circ T$.

Pantai Slili

Pantai Slili yang menyambung dengan bagian barat Pantai Sadranan juga disusun oleh batugamping. Bagian timur Pantai Slili yang relatif datar menyingkapkan endapan gisik (*beach-rocks*) berupa pasir kasar. Endapan ini banyak mengandung butiran foraminifera dan pecahan koral. Beberapa kekar menjadi lebih terbuka karena kikisan ombak. Kedudukan endapan gisik adalah N290°E/15°.

Pantai Slili bagian barat dibatasi oleh pematang kecil batugamping. Seperti pantai di sebelah timurnya, yaitu Pantai Sadranan yang hanya berjarak kurang dari 100 m, batuan-batuan terkekarkan dan tersesarkan. Batas antara Pantai Sadranan dan Pantai Slili berupa sesar kecil berarah utara-selatan. Sesar yang seukuran dan juga berarah utara-selatan membatasi sisi timur pematang batugamping di Pantai Slili. Dua sesar turun ini membentuk amblesan kecil yang ditempati oleh endapan gisik yang disebutkan sebelumnya (Gambar 6).

Pengukuran kekar di Pantai Slili dilakukan baik pada batugamping (Tabel 2) maupun pada endapan gisik (Tabel 3). Meskipun tidak mempunyai kaitan dengan fenomena peruntuhan batugamping 17 Juni 2015, pengukuran kekar pada endapan gisik dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya perubahan pola retakan di antara kedua satuan batuan. Identifikasi ini semata-mata hanya untuk mengembangkan apa yang menjadi buah pikir Tjia & Samodra (2011) dan Samodra (2014) sebelumnya, mengingat struktur geologi tersebut dibentuk oleh fasa-fasa tektonik yang berbeda umur

Distribusi kekar pada batugamping dan endapan gisik, yang masing-masing diperlihatkan melalui diagram mawar Gambar 7 dan Gambar 8, sedikit memberikan kesamaan arah. Kesamaan arah itu terutama diperlihatkan oleh kekar-kekar yang arahnya sejajar dengan garis pantai (U55°T). Maknanya, meskipun disebabkan oleh fasa tektonik yang berbeda, kekar-kekar tua pada batugamping

Gambar 6. Pantai Slili: Pematang batugamping di segmen pantai bagian barat yang terkekarkan dan berceruk di dasarnya (kiri); endapan gisik yang terkekarkan (tengah); dan bongkahan koral pada endapan gisik (kanan).

Tabel 2. Pengukuran arah 17 kekar di Pantai Slili yang berkembang pada batugamping. Masing-masing kekar mempunyai kedudukan hampir tegak hingga tegak.

NO.	ARAH KEKAR	NO.	ARAH KEKAR	NO.	ARAH KEKAR
1.	U5°T	7.	U70°T	13.	U75°T
2.	U70°T	8.	U90°T	14.	U85°T
3.	U290°T	9.	U65°T	15.	U250°T
4.	U96°T	10.	U300°T	16.	U275°T
5.	U80°T	11.	U80°T	17.	U65°T
6.	U7°T	12.	U10°T		

Tabel 3. Pengukuran arah 40 kekar di Pantai Slili yang berkembang pada endapan gisik. Masing-masing kekar mempunyai kedudukan hampir tegak hingga tegak.

NO.	ARAH KEKAR	NO.	ARAH KEKAR	NO.	ARAH KEKAR
1.	U115°T	15.	U110°T	28.	U60°T
2.	U55°T	16.	U90°T	29.	U95°T
3.	U100°T	17.	U70°T	30.	U105°T
4.	U20°T	18.	U15°T	31.	U55°T
5.	U75°T	19.	U100°T	32.	U105°T
6.	U355°T	20.	U115°T	33.	U350°T
7.	U285°T	21.	U315°T	34.	U250°T
8.	U80°T	22.	U335°T	35.	U65°T
9.	U350°T	23.	U60°T	36.	U25°T
10.	U320°T	24.	U60°T	37.	U105°T
11.	U15°T	25.	U5°T	38.	U355°T
12.	U65°T	26.	U25°T	39.	U95°T
13.	U15°T	27.	U45°T	40.	U70°T
14.	U330°T				

mengalami pengaktifan kembali dan terekam pada endapan gisik yang mengalami pengangkatan pada masa yang lebih akhir (beberapa ribu tahun lalu).

Gambar 7. Diagram mawar dari 17 arah kekar pada batugamping di Pantai Slili, dengan arah rerata kekar U71,8°T

Gambar 8. Diagram mawar dari 40 arah kekar pada endapan gisik di Pantai Slili, dengan arah rerata kekar U85,2°T

DISKUSI

Gerak-gerak tektonik di Jalur Pegunungan Selatan Jawa Tengah, yang juga mencakup kawasan Kars Gunung Sewu, oleh Sudarno (1997) dibagi menjadi beberapa fasa yang dimulai sejak akhir Paleogen hingga Kuartar. Fasa tektonik Eosen Akhir dan Miosen Tengah yang disebabkan oleh pengaktifan kembali penunjaman lempeng Samudera Hindia di bawah lempeng Indo-Australia dan pemampatan disebutkan membentuk sesar-

sesar timurlaut-baratdaya yang berjenis mendatar mengiri. Proses pemampatan pada Pliosen Akhir di Pegunungan Selatan menyebabkan terbentuknya sesar-sesar mendatar menganan dan mengiri yang berarah utara-selatan dan baratlaut-tenggara, termasuk pembentukan homoklin timurtimurlaut-baratbaratdaya, serta pembentukan retakan tarikan yang berarah barat-timur dan timurlaut-baratdaya. Gerakan selama permulaan Kuarter (Plistosen Awal), yang dipicu oleh gerakan vertikal dan tarikan setempat, menghasilkan sesar-sesar turun barat-timur dan peremajaan sesar mendatar menjadi sesar turun.

Selanjutnya, Samodra (2007) yang melakukan penelitian rinci tentang morfogenesis lembah-kering Sadeng berdasarkan pendekatan struktur geologi mengidentifikasi terjadinya sistem retakan timurlaut-baratdaya. Sesar ini melibatkan batuan Oligo-Miosen yang bertindak sebagai alas batugamping Neogen, di mana ketika fasa tektonik mampatan sedang berlangsung terjadi pembentukan batugamping di pinggiran cekungan yang berbatasan dengan daratan Oligo-Miosen. Pada Pliosen Akhir, yang masih merupakan fasa tektonik mampatan, sebagian batugamping sudah berada di permukaan laut. Retakan baratlaut-tenggara dan utara-selatan selanjutnya berkembang menjadi sesar mendatar menganan yang memotong batugamping dan batuan alasnya. Proses pengembalian gaya pada Pliosen Akhir menyebabkan terbentuknya retakan tarikan barat-timur dan terbukanya sistem retakan timurlaut-baratdaya, yang diakhiri dengan pensesaran utara-selatan pada satuan batugamping.

Gerakan tegak (pengangkatan) selama permulaan Kuarter menyebabkan sistem retakan barat-timur berkembang maksimum. Penumpuan lempeng-lempeng kerakbumi yang menerus menyebabkan pengangkatan tektonik terus aktif. Proses dinamika bumi ini dimanifestasikan dalam wujud pembentukan morfologi undak-sungai di sepanjang lembah-kering dan undak-pantai.

Pola kelurusan yang teramati baik pada citra DEM-SRTM daerah Pegunungan Selatan Jawa Tengah membentuk garis-garis berarah barat-timur, yang sebagian besar sejajar dengan garis pantai. Jauh di daratan, kelurusan itu dijumpai sebagai deretan sesar turun, sementara di dekat pantai merupakan untaian undak-pantai. Jumlah undak-pantai menggambarkan seri pengangkatan di daerah

pinggiran selatan Gunung Sewu yang terjadi dari waktu ke waktu sepanjang masa geologi Kuarter (Samodra, 2007; 2014).

Pantai Sadranan, termasuk Pantai Slili, yang berjarak sekitar 30 km di sebelah barat Pantai Sadeng (muara lembah-kering) mempunyai sistem retakan yang hampir mirip dengan daerah di sekitarnya, yang telah teridentifikasi sejarah struktur dan tektonikanya. Sistem retakan di Pantai Sadranan dipastikan merupakan kekar yang disebabkan oleh sesar. Meskipun sesarnya sendiri sulit dideteksi, karena sifat batugamping yang mudah larut, kehadiran kekar-kekar penyerta sesar itu mewakili sejarah struktur geologi di daerah penelitian.

Daerah Pantai Sadranan dan Pantai Slili dipotong oleh sistem retakan (kekar) yang mempunyai arah umum timurlaut-baratdaya ($U65^{\circ}T-U75^{\circ}T$). Arah ini relatif hampir sejajar dengan garis pantainya, yaitu $U65^{\circ}T$. Tebing terjal pematang batugamping di kedua pantai yang berbatasan langsung dengan laut lepas Samudera Hindia-pun mempunyai arah antara $U65^{\circ}T$ hingga $U70^{\circ}T$. Gawir yang berkedudukan tegak ini mewakili bidang sesar turun, di mana bongkah bagian selatan relatif bergerak turun dibanding bongkah bagian utara. Sebagian *hanging wall* yang amblas ke dalam laut setempat meninggalkan sisa bongkahan yang muncul di atas permukaan laut, yaitu sebagai pulau-pulau kecil di lepas pantai.

Pensesaran turun berarah hampir barat-timur yang mempengaruhi morfogenesis pantai ini terjadi selama berlangsungnya gerakan vertikal (pengangkatan) pada permulaan Zaman Kuarter (Plistosen). Pengangkatan secara bertahap yang menerus hingga sekarang menyebabkan terbentuknya seri undak-pantai. Permukaan pematang batugamping di Pantai Sadranan dan Pantai Slili, yang sekarang sedikit miring ke selatan (ke arah laut) karena pelarutan, dapat dianggap mewakili permukaan undak-pantai termuda. Undak-pantai yang lebih tua tidak teramati, tetapi dapat dijumpai di pantai-pantai sebelah barat Sadranan yaitu di pantai-pantai Sepanjang, Kukup, Krakal dan Baron.

Amblesan kecil antara Pantai Sadranan dan Pantai Slili dibatasi oleh dua sesar turun berukuran kecil yang mengapitnya. Kedua sesar yang berarah utara-selatan ini, dan terbentuk lebih dahulu dibanding sesar-sesar barat-timur, memungkinkan amblesan

diisi oleh endapan gisik yang mulai terangkat dari dasar laut. Umur endapan pantai yang sudah mulai membatu ini sangat muda, diduga hanya ratusan hingga ribuan tahun.

Masih aktifnya pengangkatan yang berjalan secara periodik di bagian selatan daerah Gunung Sewu (Samodra, 2007) menyebabkan endapan gisik di sepanjang pantai selatan terkekarkan. Pola kekar pada endapan gisik di Pantai Slili relatif hampir sama dengan yang terdapat pada lapisan batugamping di sebelah-sebelahnya. Kekar-kekar timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara mempunyai akumulasi maksimum, masing-masing dengan arah utama $U70^{\circ}T$ - $U80^{\circ}T$ dan $U100^{\circ}T$ - $U110^{\circ}T$. Kumpulan kekar utara-selatan ($U350^{\circ}T$ - $U0^{\circ}T$ dan $U0^{\circ}T$ - $U10^{\circ}T$) yang memotong endapan gisik jumlahnya juga cukup banyak.

Kemiripan pola retakan di antara dua satuan batuan yang berbeda umur di Pantai Slili, yaitu batugamping dan endapan gisik, menunjukkan adanya proses pemudaan struktur geologi. Pemudaan yang terjadi selama Resen ini mengikuti pola retakan tua yang terbentuk pada permulaan Zaman Kuartar, atau bahkan lebih tua yaitu Pliosen Akhir.

Kala Plistosen Awal, di beberapa tempat Pliosen Akhir, merupakan masa geologi yang menandai terangkatnya cekungan di Pegunungan Selatan yang diisi oleh batugamping Neogen, baik itu Formasi Oyo, Formasi Wonosari, maupun Formasi Kepek (Samodra, 2005). Endapan Kuartar di Pegunungan Selatan, termasuk di Gunung Sewu, yang menindih satuan batugampingpun dicirikan sebagai endapan darat. Menurut Surono et al (1992) dan Samodra & Surono (2012) fasies sedimen endapan Kuartar di Pegunungan Selatan Jawa Tengah terdiri dari endapan fluvial (sungai) dan *lacustrin* (danau). Sedang endapan seumur yang berfasies gunungapi diwakili oleh endapan jatuhnya abu gunungapi (tuf) yang belum diketahui sumbernya (Samodra, 2001).

Ketika batugamping mulai terangkat secara periodik hingga puluhan meter dari dasar laut pada permulaan Kuartar terjadi pensesaran turun barat-timur, di mana bongkah batuan bagian selatang (*hanging wall*) ambles ke dasar laut. Kejadian ini meninggalkan gawir-gawir tegak batugamping yang membentuk morfologi pantai curam di sepanjang pantai selatan daerah Gunung Sewu. Proses abrasi yang kuat menghasilkan ceruk-ceruk

(*sea-level notches*) di dasar gawir batugamping, dengan ukuran (kedalaman, tinggi) yang beragam.

Gerak-gerak vertikal yang disebabkan oleh penumpuan lempeng yang masih aktif hingga sekarang, dan berlangsung secara periodik sejak Plistosen, juga menghasilkan seri undak-pantai. Undak-pantai tua dapat dijumpai jauh di daratan, sekitar 3-5 km dari pantai sekarang. Batas masing-masing undak adalah sesar turun yang relatif berarah barat-timur. Karena pengangkatan, di beberapa tempat dapat dijumpai ceruk-ceruk batugamping yang letaknya lebih tinggi dari rerata permukaan air laut (*mean-sea level*). Tinggi rata-rata permukaan laut di pantai-pantai Gunung Sewu maksimum adalah 2 m (Tjia & Samodra, 2011).

Kejadian peruntuhan batu di Pantai Sadranan 17 Juni 2015 lalu merupakan kulminasi dari serangkaian proses geologi yang menghasilkan bencana karena membawa korban wisatawan. Batugamping yang runtuh adalah sebagian dari ceruk yang ada di Pantai Sadranan, yang mempunyai panjang sekitar 50 m, kedalaman 2 m, dan tinggi rerata atap ceruk lebih kurang 2 m. Ceruk itu sendiri merupakan bagian dari gawir batugamping setinggi lebih dari 10 m.

Kekar-kekar utama di sekitar ceruk dan gawir Pantai Sadranan mempunyai arah timurtimurlaut-baratbaratdaya ($U60^{\circ}T$ - $U70^{\circ}T$), dengan kerapatan 3 hingga 4 kekar/meter. Garis pantainya berarah $U55^{\circ}T$. Identifikasi ini tercakup dalam analisis struktur rinci daerah Kabupaten Gunungkidul yang pernah dilakukan oleh Samodra (2014). Setelah peruntuhan 17 Juni 2015, terbentuk gawir baru dengan arah $U80^{\circ}T$. Arah ini menempati sekumpulan kekar $U70^{\circ}T$ - $U100^{\circ}T$, yang bukan merupakan arah utama retakan.

Selanjutnya diketahui bahwa kumpulan kekar yang mempunyai arah hampir barat-timur ini telah bertindak sebagai bidang lemah yang memicu terjadinya peruntuhan. Atap ceruk dan dinding gawir setebal lebih 10 m yang terkekarkan cukup kuat pada arah-arrah tersebut lama kelamaan akan menjadi tidak stabil, dan berpeluang runtuh. Pengikisan oleh ombak yang terjadi secara terus menerus cenderung memperdalam dan memperluas ceruk abrasi, sebelum akhirnya terbentuk rongga memanjang yang kedudukannya tidak stabil. Ketidakstabilan ini berkaitan dengan kekuatan atap ceruk dalam hal menahan beban batuan yang menggantung di atasnya. Keadaan tersebut

menggambarkan fenomena geologi beberapa bulan sebelum terjadinya peruntuhan, di mana besaran gaya gravitasi telah melampaui angka daya dukung batugamping yang menyusun bagian atap ceruk. Menurut Samodra (2014), kedalaman ceruk abrasi di sepanjang pantai selatan Gunungkidul—dari Pantai Baron di barat hingga Pantai Nampu di timur—berkisar antara 1,5-2,5 m. Ketinggian rerata atap ceruk adalah sekitar 2 m.

Berdasarkan analisis yang menggunakan arah retakan umum, arah retakan pemicu runtuh, arah gawir baru, dan arah garis pantai digambarkan masa batuan yang mengalami peruntuhan dibatasi oleh arah garis pantai dan arah sekumpulan retakan yang bukan menjadi retakan utama (Gambar 9)

yang tersingkap menunjukkan bahwa kekar-kekar tua pada batugamping yang dibentuk oleh gerak vertikal (pengangkatan) pada akhir Neogen, atau permulaan Kuartar, mengalami peremajaan pada waktu Resen. Fenomena ini tidak hanya dijumpai di Pantai Sadranan-Slili, tetapi juga di sepanjang pantai selatan daerah Gunung Sewu; dan (3) Gerakan penumpuan lempeng-lempeng kerak bumi di daerah lepas pantai Gunung Sewu yang masih aktif hingga sekarang, yang dimanifestasikan dalam bentuk pengangkatan tektonik, pensesaran dan peretakan batuan, tidak menutup kemungkinan adanya bencana geologi lain seperti *tsunami* dan guguran masa batuan yang lebih besar.

Gambar 9. Diagram mawar yang menggambarkan bagian masa batugamping yang runtuh di Pantai Sadranan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Simpulan penelitian ini, terdapat tiga point penting yaitu: (1) Kejadian peruntuhan batu penyusun atap ceruk dan gawir terjal di Pantai Sadranan pada sore hari 17 Juni 2015 dipicu oleh retakan batuan (kekar) berarah timur-timurlaut-barat-baratdaya. Peruntuhan bongkahan masa batugamping antara garis pantai (U65°T) dan sekumpulan retakan U70°T-U100°T yang bukan merupakan retakan utama juga dipengaruhi oleh bobot masa batugamping yang menggantung, yang besarnya melampaui daya dukung batuan; (2) Pola kekar pada batugamping yang mirip dengan kekar pada endapan gisik muda

Oleh karenanya, kepada Pemerintah Kabupaten Gunungkidul dan kabupaten lain di sepanjang pantai selatan Gunung Sewu (Wonogiri, Pacitan) disarankan untuk melakukan dua hal, yaitu: (1) penelitian rinci terhadap peluang terjadinya bencana geologi yang disebabkan oleh tatanan geologi daerah Gunung Sewu dan (2) mitigasi bencana geologi diprioritaskan di daerah-daerah yang berpenduduk padat, termasuk kawasan objek dan daya tarik wisata yang diunggulkan dan tidak diunggulkan yang tersebar di daerah pegunungan, kawasan kars, dan pantai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih dan penghargaan disampaikan kepada Kepala Pusat Survei Geologi yang mengizinkan dilakukannya penelitian ini melalui kegiatan inventarisasi *Geodiversity* dan identifikasi *Geoheritage* Gunung Sewu. Ucapan dan penghargaan yang sama disampaikan kepada Bupati Gunungkidul dan seluruh jajarannya untuk koordinasinya yang baik selama dilakukannya penelitian lapangan pasca terjadinya peruntuhan batugamping di Pantai Sadranan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hinojosa-Arango, G. and Riosmena-Rodríguez, R., 2004. Influence of rhodolith-forming species and growth-form on associated fauna of Rhodolith Beds in the Central-West Gulf of California, México. *Marine Ecology*, 25 (2), p. 109-127.
- Samodra, H., 2001. *Tuf Slawu di daerah Wonosari sebagai satuan stratigrafi termuda di Gunung Sewu, Pegunungan Selatan Jawa*, laporan kegiatan, Komisi Kars & Geowisata, Ikatan Ahli Geologi Indonesia, tidak diterbitkan.
- Samodra, H., 2005. *Potensi sumberdaya alam kars Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta, Buku Seri Kars Gunung Sewu*, Buku Kesatu ISBN 979-551-004-5. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral, Bandung.
- Samodra, H., 2007. *Korelasi antara morfogenesis dan perkembangan Lembah Sadeng dengan pola arah struktur geologi akibat tektonik di kawasan Kars Gunung Sewu, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta*. Tesis S2. Program Magister S2, Studi Ilmu Pengembangan Kewilayahan Pertambangan dan Sumberdaya Mineral, Universitas Padjadjaran, Bandung, tidak diterbitkan.
- Samodra, H., 2014. *Kajian struktur geologi dan tektonik Geoarea Gunungkidul, Geopark Gunung Sewu bagian barat*. Laporan kegiatan. Pusat Survei Geologi, Bandung, tidak diterbitkan.
- Samodra, H. dan Surono, 2012. Lembah Sungai Purba Sadeng, Cekungan Baturetno dan Undak Bengawan Solo, Jawa Tengah: Adakah hubungan di antara ketiganya? *Proc. PIT-IAIGI ke-41 "Geology Living with Harmony"*, Yogyakarta, 17-20 September 2012.
- Sudarno, Ign., 1997. *Kendali Tektonik Terhadap Pembentukan Struktur Pada Batuan Paleogen dan Neogen di Pegunungan Selatan, Daerah Istimewa Yogyakarta dan Sekitarnya*. Tesis Magister. Program Studi Geologi, Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung, tidak diterbitkan.
- Surono, B. Toha, I. Sudarno & S. Wiryosujono, 1992. *Geologi Lembar Surakarta & Girotondro, Jawa, skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Tjia, H.D. & H. Samodra, 2011. Active crustal deformation at the coast of Gunung Sewu, Jawa. *Asian Trans-Karst Conference*, Yogyakarta.