

SENSITIVITAS PENDUDUK KRB II DAN III GUNUNGAPI MERAPI TERHADAP BAHAYA AWAN PANAS SELAMA ABAD IX DAN XX

Yasin Yusup

Jurusan Pendidikan Geografi FKIP Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jl. Ir. Sutami Surakarta

Abstract. *This study is aimed to (1) understand the characteristics of Merapi eruption in the 19 and 20 century (2) analyze the physical exposure of each flank sector toward the glowing cloud hazard (3) analyze the inhabitant vulnerability to the glowing cloud hazard in the HZ II and III, and (4) evaluate the inhabitant' sensitivity to glowing cloud hazard in the HZ II and III. This study is conducted in middle and upper flank, and the peak of Merapi volcano. Historically, these areas have evidently suffered from the glowing cloud. This study uses historical, descriptive as well as explanative approaches. The historical approach is used to analyze the characteristics of the 19 and 20 century eruptions. The descriptive one is used to disclose how the physical exposures and the sensitivity of the inhabitant toward the glowing cloud hazard. The explanative approach is used to answer the question of why are the inhabitant of HZ II and III seemingly insensitive of the glowing cloud hazard. The data will be analyzed by qualitative analysis both including non-parametric statistical (Binominal, Chi-square, Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, Cochran, and Sommers'd) and spatial analysis (buffer and overlay). The inhabitant's sensitivity to glowing cloud hazards is vary; which is reflected in the differences of damage threshold. The broadest damage threshold occurred in the West flank (12 km), and then in the Southern flank (5,5 km), whereas the smallest one occurred in the northern flank (3,5 km). The 7 km glowing cloud is not yet dangerous for the west flank because the residential area beyond the reach of it. The inhabitants instead consider its effect as resources of sand supply. However, if it flows to the other side, to the northern or southern side for example, it will call an extreme and dangerous damage. The eruption activity is dominant to western side (71,05%), and otherwise, the eastern flank is closed to the glowing cloud hazard in the 20 century. This is because of morphological control which is the setting of shoe shaped nested crater opened to west. Regardless of the morphological control reality, the physical exposure is in fact dynamic, all slope sides are opened with different level of hazard and vulnerability. Disaster happens when the central activity and the active slope are changing, when the inhabitant's sensitivity to it is decreasing.*

Key words : *Sensitivity, Magnitude of Eruption, Band of Social-Economic Tolerance, Damage Treshold*

PENDAHULUAN

Sejarah G. Merapi mulai ditulis pada abad 17 oleh ilmuwan dari Belanda dan Jerman (seperti Junghuhn, 1853-1854, Verbeek dan Fenema, 1896 dalam Voight et al., 2000). Secara sistematis G. Merapi mulai

diteliti pada pertengahan abad 20 oleh ilmuwan seperti Hartmann 1933-1936, Neuman van Padang, 1931, 1933, 1936, 1951, 1960, 1963, 1983, dalam Voight et al., 2000 dan van Bemmelen, 1949. Setelah perang dunia II berakhir, Direktorat

Vulkanologi Indonesia mulai meneliti sendiri dan sejak tahun 1970-an kerjasama internasional dengan ilmuwan dari beberapa negara seperti Jepang, Perancis, Jerman dan Amerika mulai dilakukan. Penelitian yang panjang dan sistematis menjadikan aktivitas G. Merapi selalu terpantau.

Gunungapi tersebut boleh dikatakan selalu aktif sejak tahun 1822 sampai dengan sekarang terjadi 33 kali erupsi dengan periode diam atau istirahat yang pendek (rata-rata tidak lebih dari 3,5 tahun). Sebagai pembanding G. Kelut di Jawa Timur mempunyai siklus letusan 15 tahun sekali. Sejarah yang panjang dengan frekuensi letusan yang tinggi menjadikan karakteristik dan perilaku erupsi G. Merapi dapat lebih dipahami. Berbeda dengan letusan masa lalu yang besar ditandai adanya morfologi besar yaitu kawah bentuk tapal kuda (Berthommier 1990, dalam Camus, et al., 2000), letusan saat ini kecil berpusat pada kubah lava yang menyusun puncak sekaligus sumber awan panas Tipe Merapi (Ratdomopurbo dan Andreastuti, 2000). Arah gerakan awan panas Tipe Merapi memusat ke satu arah, sehingga daerah bahayanya bersifat sektoral untuk lereng yang dituju. Sektor lereng aktif saat letusan 2001 adalah sektor lereng Barat-Barat Laut.

Hartmann (dalam Ratdomopurbo dan Andreastuti, 2000) sudah mengidentifikasi 4 tipe siklus letusan di G. Merapi yaitu mulai dari tipe A, B, C, dan D yang semakin besar tingkat letusannya. Siklus A dan B menjadi

ciri khas abad 20, dengan demikian selama abad 20 erupsi G. Merapi didominasi letusan kecil, pembentukan kubah lava, guguran lava pijar, awan panas guguran, dan awan panas letusan kecil.

Besar-kecilnya letusan bisa diidentifikasi dengan indeks letusan gunungapi (*Volcanic Explosivity Index/VEI*). VEI memiliki skala 0-8, semakin tinggi skala berarti semakin besar volume produk erupsi, ketinggian awan dan energi yang dikeluarkan juga semakin besar (Newhall, et al., 1982). G. Merapi selama abad 19 dan 20 didominasi letusan dengan VEI kecil 1 dan 2. Kecilnya letusan bisa dipahami karena erupsi yang terjadi berpusat pada kubah lava yang menghasilkan awan panas guguran, sehingga volume, ketinggian kolom letusan dan energi yang dihasilkannya pun kecil.

Aktivitas G. Merapi sangat dinamis. Meskipun daerah bahaya bersifat sektoral, titik pusat letusan berpindah-pindah. Selama abad 20 pusat aktivitas berpindah dari Barat-Barat Laut, ke Utara, lalu Barat-Barat Daya, dan kembali ke Barat-Barat Laut, sehingga sektor lereng yang terpengaruh juga berubah-ubah. Dengan demikian bukan hanya penduduk di lereng barat yang berisiko, tetapi penduduk yang menghuni lereng lain pun berisiko.

Terjadi paradoks bahwa justru pada Daerah Terlarang (mulai tahun 2002 disebut sebagai Kawasan Rawan Bencana II dan III, Hadisantono, dkk.), daerah yang sepanjang sejarah letusan pernah terlanda awan panas,

memiliki tingkat pertumbuhan penduduk yang tinggi, bahkan lebih tinggi daripada Daerah Bahaya I dan Bahaya II. Hal ini menarik karena pada daerah-daerah yang seharusnya dikosongkan, penduduk yang menghuni dan bekerja di daerah tersebut semakin banyak. Mereka seolah tidak menghiraukan aspek bahaya padahal sudah banyak korban berjatuhan. Artinya ada pertimbangan lain yang menyebabkan penduduk tetap tinggal dan bekerja di daerah tersebut. Fenomena awan panas bagi mereka tidak semata dilihat dari aspek bahaya yang dapat menimbulkan bencana, tetapi juga dilihat dari aspek sumberdaya yang dapat memberi berkah dan penghidupan, sehingga mereka beradaptasi dengan bahaya awan panas tersebut.

Penelitian di G. Merapi sudah banyak dilakukan, sebagian menitikberatkan pada aspek bahaya dan lainnya lebih pada aspek kepercayaan penduduk. Hasil penelitian pertama berupa zonasi daerah bahaya baik primer maupun sekunder termasuk rekomendasi larangan menempati daerah tertentu (Pardyanto, dkk, 1978). Hasil penelitian lain mengungkap kepercayaan dan sikap penduduk yang unik terhadap bahaya G. Merapi termasuk rekomendasi untuk menghargai keunikan tersebut (Putranto, 1999). Rekomendasi penelitian yang berupa larangan pada umumnya kurang operasional di lapangan, sementara rekomendasi untuk menghargai keunikan masyarakat dapat terjebak menjustifikasi kepercayaan yang

“berlebihan”. Keduanya merugikan, yang satu belum mempertimbangkan aspek sumberdaya, lainnya mengabaikan aspek bahaya. Penelitian ini mencoba netral karena berangkat dari sudut pandang bahwa fenomena alam termasuk awan panas itu sesungguhnya netral, tidak memusuhi (*hostile*) tetapi juga tidak ramah (*benign*), tergantung lokasi, tindakan dan persepsi manusia yang mengidentifikasi sumberdaya dan bahaya dalam rentang peristiwa alam (Smith, 1996). Dengan demikian sensitivitas penduduk terhadap bahaya awan panas di Kawasan Rawan Bencana II dan III perlu diteliti.

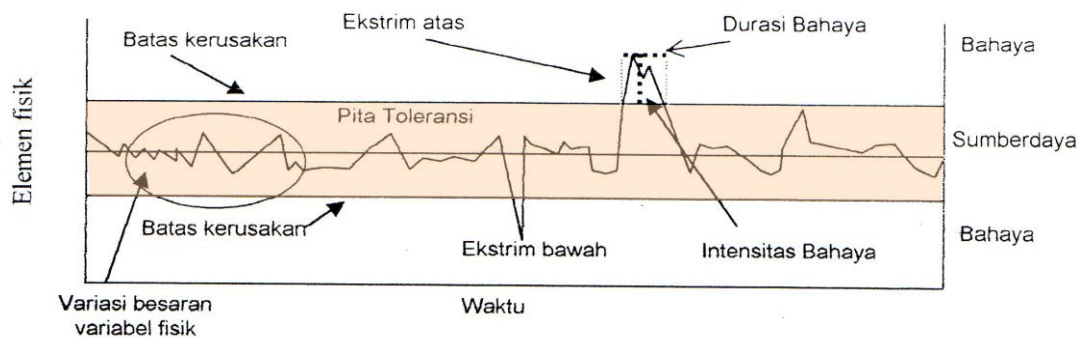
Kepekaan manusia (*sensitivitas*) terhadap bahaya lingkungan menghadirkan kombinasi dari (lihat Gambar 1):

- a. keterbukaan fisik (*physical exposure*), mencerminkan rentang kejadian-kejadian yang secara potensial merusak dan variasi statistiknya pada lokasi khusus;
- b. kerentanan manusia (*human vulnerability*) mencerminkan luas/ lebar toleransi sosial dan ekonomi terhadap kejadian yang membahayakan tersebut di lokasi yang sama.

Risiko bencana pada suatu wilayah boleh jadi bervariasi sepanjang waktu sesuai dengan perubahan baik pada aspek keterbukaan fisik, maupun aspek kerentanan manusia atau keduanya. Beberapa kemungkinan yang menaikkan tingkat risiko berdasarkan modifikasi Gambar 1

dapat menimbulkan beberapa kasus. Kasus pertama misalnya menunjukkan pita toleransi yang konstan dan variasi yang konstan tetapi menurun nilai rata-ratanya (contoh penurunan magnitud erupsi dari abad 19 sampai abad 20 yang menyebabkan pasokan pasir berkurang). Kasus kedua misalnya menunjukkan pita toleransi yang konstan dan nilai rerata yang konstan tetapi variasinya bertambah (contoh kecenderungan fluktuasi yang besar dalam

hujan tahunan atau pertumbuhan kubah Barat pada awal abad 20 yang mencapai 25 juta m³). Terakhir, dalam kasus ketiga misalnya variabel fisik tidak berubah (rerata dan variasinya tetap) akan tetapi pita toleransi sosial menyempit (mungkin disebabkan pertumbuhan penduduk yang besar di daerah rawan bencana, seperti di sektor lereng Selatan, Barat Laut dan Utara G. Merapi).



Gambar 1. Kepekaan terhadap bahaya lingkungan merupakan fungsi dari variasi unsur geofisik dan tingkat toleransi sosial-ekonomi. Dalam pita toleransi, kejadian (*events*) diterima sebagai sumberdaya, diluar atau melampoi batas kerusakan, kejadian yang sama dianggap sebagai bahaya (modifikasi dari Hewitt dan Burton, 1971, dalam Smith, 1996).

Hipotesis dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut.

1. Karakteristik erupsi pada abad 19 dan 20 berbeda. Erupsi lebih sering terjadi pada abad 20 berbanding abad 19, tetapi magnitud erupsi abad 20 lebih kecil dibandingkan abad 19. Mengecilnya magnitud erupsi ditandai siklus Hartmann A dan B lebih dominan, awan panas guguran lebih banyak terjadi

berbanding awan panas letusan, dan kawah cenderung tidak terbentuk.

2. Keterbukaan fisik bersifat dinamis, semua sektor lereng terbuka dengan tingkatan yang berbeda. Selama abad 20 sektor barat merupakan sektor lereng paling terbuka, berikutnya sektor selatan, kemudian sektor utara, sementara sektor lereng timur tertutup terhadap bahaya.

Sebaran awan panas dominan ke barat karena ada kontrol morfologi.

3. Penduduk di Kawasan Rawan Bencana II dan III semakin rentan terhadap bahaya awan panas. Indikasinya adalah menurunnya asosiasi antara meningkatnya jumlah korban dengan meningkatnya magnitud erupsi pada abad 20 berbanding abad 19. Menurunnya asosiasi tersebut menunjukkan pita toleransi sosial-ekonomi penduduk terhadap bahaya menyempit ditandai dengan semakin banyaknya bencana pada abad 20 berbanding abad 19. Penduduk dalam menyikapi bahaya dominan menggunakan pendekatan kelentingan dibandingkan pendekatan keterpercayaan, ambang batas terhadap bahaya meningkat, sehingga sensitivitas terhadap bahaya menurun, bencana pun banyak terjadi.
4. Sensitivitas penduduk terhadap bahaya awan panas di Kawasan Rawan Bencana II dan III beragam, tercermin dari batas kerusakan yang berbeda. Semakin sering mengalami bencana, semakin lebar batas kerusakannya dan semakin sensitif terhadap bahaya, sehingga terhindar dari bencana. Penduduk di sektor lereng utara memiliki batas kerusakan yang paling sempit, berikutnya penduduk di lereng selatan, dan yang paling lebar batas kerusakannya adalah penduduk di lereng barat.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Kawasan Rawan Bencana II dan III (KRB II dan III) seperti tercantum pada Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi Merapi Jawa Tengah dan DIY (Hadisantono, dkk, 2002) yang diterbitkan oleh Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Lokasi penelitian dipilih di Kawasan Rawan Bencana II dan III G. Merapi dengan alasan-alasan sebagai berikut.

1. KRB II dan III merupakan daerah yang masih terpengaruh bahaya primer khususnya awan panas.
2. Kawasan tersebut dari kajian geografis sangat menarik karena ada interaksi fenomena awan panas dan fenomena penduduk yang diwarnai paradoks.
3. Kajian mengenai G. Merapi selain memiliki data historis yang panjang juga selalu aktual karena erupsi G. Merapi selalu berulang secara periodik.

Populasi, Sampel dan Satuan Analisis

Obyek penelitian dalam penelitian ini bersifat abstrak yaitu sensitivitas penduduk terhadap bahaya awan panas. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh awan panas yang terjadi selama abad 20, seluruh penduduk yang menghuni KRB II dan III, dan seluruh morfologi yang ada di KRB II dan III. Baik populasi awan panas maupun populasi penduduk bersifat heterogen. Awan panas yang terjadi di G. Merapi paling tidak

ada dua jenis yaitu awan panas letusan dan awan panas guguran. Begitu juga penduduk di Merapi dilihat dari pengalaman bencana beragam, ada yang sering, sedang atau tidak pernah mengalami pengalaman bencana. Morfologi di KRB II dan III juga beragam mulai dari kerucut puncak, lereng atas dan lereng tengah. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui sensitivitas penduduk terhadap bahaya awan panas pada sektor lereng tertentu di satuan morfologi tertentu.

Sampel awan panas, penduduk dan morfologi diambil dengan teknik *stratified random*. Masing-masing kelompok awan panas (besar, sedang dan kecil), kelompok penduduk (sering, sedang dan tidak pernah mengalami bencana), dan kelompok morfologi (kerucut puncak, lereng atas dan lereng tengah) diambil sampelnya secara random. Satuan analisis yang digunakan dalam penelitian ini beragam, karena populasi yang diteliti juga beragam. Satuan Daerah Aliran Sungai (DAS) digunakan untuk menganalisis sebaran awan panas yang dikelompokkan menjadi 4 sektor lereng yaitu sektor Barat, Utara, Timur dan Selatan. Satuan administrasi digunakan untuk menganalisis data-data sosial-ekonomi. Satuan morfologi digunakan untuk menganalisis karakteristik medan yang meliputi morfografi, morfometri, morfogenesis, morfodinamika, dan *morfoarrangement*. Generalisasi data menggunakan satuan sektor lereng.

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan uji statistik dan analisis spasial. Uji statistik yang digunakan adalah uji non parametrik yaitu Binominal, Chi-square, Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, Cochran, and Sommers'd. Uji statistik non parametrik digunakan karena data yang dianalisis berupa data tipe nominal dan ordinal, kalau pun ada data tipe rasio, data tersebut dikelaskan sehingga berubah menjadi data ordinal. Analisis spasial yang digunakan adalah *buffer* dan *overlay*. Analisis buffer digunakan untuk mengevaluasi jarak luncuran awan panas dari puncak, jarak permukiman pada masing-masing sektor lereng, dan jarak masing-masing satuan morfologi dari puncak. Analisis overlay digunakan untuk mengevaluasi jumlah penduduk di KRB II dan III, karakteristik satuan morfologi secara simultan dan batas kerusakan masing-masing sektor lereng. Pengolahan data menggunakan software statistik SPSS dan software SIG Arc View.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Erupsi

Erupsi pada abad 20 lebih sering terjadi berbanding abad 19 (20 kali erupsi (abad 19), 23 kali erupsi (abad 20), sub hipotesis 1-1 terbukti secara signifikan, lihat Tabel 1), tetapi magnitud erupsi mengecil (pada abad 20 tidak pernah terjadi erupsi dengan nilai VEI 4, tetapi dominan erupsi

dengan VEI 1 dan 2 hampir 91,3%, sub hipotesis 1-2 terbukti secara signifikan, lihat Tabel 1). Magnitud erupsi yang mengecil dapat dilihat dari dominasi siklus Hartmann A dan B (95%) berbanding siklus C dan D (sub hipotesis 1-3 terbukti secara signifikan, lihat Tabel 1). Dengan demikian karakteristik erupsi pada abad 20 didominasi letusan kecil, pembentukan kubah lava, guguran lava pijar, awan panas guguran, dan awan panas letusan kecil.

Magnitud erupsi yang mengecil juga dapat dilihat semakin jarang erupsi membentuk kawah (13%) (sub hipotesis 1-4 terbukti secara signifikan, lihat Tabel 1) dan walaupun terbentuk ukuran kawah cenderung mengecil (Kawah 1930 lebih besar daripada kawah 1961). Magnitud erupsi yang mengecil juga dapat dilihat dari lebih seringnya terjadi awan panas guguran berbanding awan panas letusan (24 berbanding 15 kejadian, sub hipotesis 1-5 terbukti secara signifikan, lihat Tabel 1). Dominannya awan panas guguran dapat dipahami karena lava cenderung menerobos kawah bagian pinggir, mengingat pusat kawah penuh dengan tumpukan kubah lava. Karena lava keluar di bidang yang miring maka kubah lava yang terbentuk cenderung berbentuk lidah lava. Lidah lava inilah yang merupakan sumber awan panas guguran. Dengan demikian wajar kalau awan panas guguran lebih dominan dan menjadi ciri khas G. Merapi.

Dominannya awan panas guguran menjadikan sektor lereng yang terancam bahaya bersifat sektoral untuk lereng yang dituju. Sebagai contoh, penyebaran keruangan awan panas tahun 1994 dan 1997 dari segi luasan bervariasi tetapi masih mengarah ke Barat Daya-Selatan (dikontrol bukaan kawah 1961) antara Kali Bebeng dan Kali Boyong, sedangkan awan panas 1998 berpindah arah ke Barat (lokasi pertumbuhan kubah lava 1998 mengarah ke Barat) antara Kali Senowo dan Kali Putih. Awan panas 1998 tersebar merata antara 2 - 3,8 km dari puncak, selanjutnya dominan masuk ke lembah; sedangkan untuk awan panas 1994-1997 hampir tersebar merata sampai jarak 5 - 5,8 km, hanya "ujung lidah" awan panas masuk di Kali Boyong dan Kali Bebeng, sehingga terlihat lebih memanjang.

Sensitivitas Penduduk terhadap Bahaya Awan Panas

Keterbukaan fisik masing-masing sektor lereng berbeda. Sektor lereng Barat paling terbuka, sementara sektor lereng Timur tertutup terhadap bahaya awan panas selama abad 20 (hipotesis 2 terbukti secara signifikan, lihat Tabel 1). Hal ini dapat dipahami karena setting kawah di puncak berupa kelompok kawah berbentuk tapal kuda terbuka menghadap ke Barat dengan susunan kawah tua di sebelah timur semakin ke barat semakin muda, sehingga pusat aktivitas lebih dekat dengan sektor lereng barat dan menjauh dari sektor lereng timur.

Dengan demikian dapat dipahami sektor barat menjadi sektor paling terbuka, sementara sektor timur tertutup terhadap bahaya, khususnya selama abad 20. Sebanyak 71,05% awan panas mengarah ke sektor Barat, 18,42% ke sektor Selatan dan 10,53% ke sektor Utara.

Dominannya awan panas ke arah Barat, sementara setor lereng lain relatif aman terhadap bahaya dalam jangka waktu yang lama, menarik penduduk untuk memanfaatkan sektor tersebut. Penduduk sebetulnya sudah menyesuaikan tempat tinggalnya sesuai dengan perilaku awan panas. Pada daerah yang terbuka terhadap awan panas yakni arah yang paling sering dituju, maka penduduk menjauh dari daerah tersebut, sebaliknya pada daerah relatif jarang terkena awan panas atau pada daerah yang terlindung maka penduduk banyak menghuni daerah tersebut bahkan sampai jarak yang relatif dekat dengan puncak. Distribusi kampung dan kepadatan penduduk di KRB II dan III sudah mencerminkan adaptasi mereka terhadap bahaya awan panas. Daerah-daerah yang paling terbuka terhadap bahaya awan panas kepadatan penduduknya rendah (< 600 jiwa per km^2) seperti di Kecamatan Srumbung, sebaliknya konsentrasi penduduk yang tinggi berada pada daerah yang relatif terlindung dari

awanpanas seperti di Kecamatan Kemalang (> 1500 jiwa).

Permasalahannya adalah aktivitas G. Merapi sangat dinamis, titik pusat letusan berpindah-pindah. Selama abad 20 pusat aktivitas berpindah dari Barat-Barat Laut, ke Utara, lalu Barat-Barat Daya, dan kembali ke Barat-Barat Laut, sehingga sektor lereng yang terpengaruh juga berubah-ubah. Dengan demikian meskipun pada kurun waktu tertentu, sektor lereng tertentu aman dari erupsi dan penduduk memilih mendiami tempat tersebut, tidak ada jaminan bahwa lereng tersebut akan aman di kemudian hari. Hal ini terbukti dari semakin seringnya bencana terjadi pada abad 20 berbanding abad 19 bahkan meningkat 2 kali lipatnya (Abad 19 terjadi 4 kali bencana, abad 20 terjadi 8 kali, sub hipotesis 3-2 terbukti secara signifikan, lihat Tabel 1). Padahal magnitud erupsi mengecil. Artinya pita toleransi dan batas kerusakan penduduk terhadap bahaya mengecil. Erupsi kecil pun sudah mengakibatkan bencana yang besar, padahal pada abad 19 hanya erupsi besar yang menimbulkan bencana besar (terlihat dari menurunnya asosiasi meningkatnya VEI dengan meningkatnya jumlah korban, sub hipotesis 3-1 terbukti secara signifikan, lihat Tabel 1).

Tabel 1 Hasil Uji Statistik Masing-Masing Hipotesis

| No | Hipotesis | Nilai Statistik | Nilai Statistik | Asym.Sig*** | Keputusan |
|----|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------------------|
| | | Hitung | Tabel* | | |
| 1 | Sub hipotesis 1-1 | -5,6 | -1,96 | 0,000 | Terbukti secara signifikan |
| 2 | Sub hipotesis 1-2 | 31,675 | 7,815** | 0,000 | Terbukti secara signifikan |
| 3 | Sub hipotesis 1-3 | 23,512 | 7,815** | 0,000 | Terbukti secara signifikan |
| 4 | Sub hipotesis 1-4 | 0,79;0,21 | 0,5 | 0,000 | Terbukti secara signifikan |
| 5 | Sub hipotesis 1-5 | -3,897 | -1,96 | 0,000 | Terbukti secara signifikan |
| 6 | Hipotesis 2 | 71,073 | 12,59** | 0,000 | Terbukti secara signifikan |
| 7 | Sub hipotesis 3-1 | 0,913;0,434 | 0 | 0,004; 0,003 | Terbukti secara signifikan |
| 8 | Sub hipotesis 3-2 | 31,614 | 7,815** | 0,000 | Terbukti secara signifikan |
| 9 | Hipotesis 4 | 11,333 | 7,815** | 0,01 | Terbukti secara signifikan |

* Inferensi dilakukan pada taraf kepercayaan (*confidence interval*) sebesar 95%, sehingga tingkat signifikansi (α) sebesar 5%.

** derajat kebebasan (*degree of freedom*) bervariasi tergantung pada metode yang dipakai dan jumlah sampel yang diperoleh ($dk = n-1$; di sini ada 2 dk yaitu 3 untuk jumlah sampel 4, dan 6 untuk jumlah sampel 7).

*** bila probabilitas < 0.05 maka, H_0 ditolak

Menyempitnya pita toleransi penduduk dan batas kerusakan selain dapat dilihat dari banyaknya jumlah penduduk di KRB II dan III juga dapat dilihat dari aktivitas penduduk di KRB II dan III. Penduduk memanfaatkan sekitar 70% lahan untuk penghidupannya. Sebagian dibudidayakan untuk tegalan, kebun dan sawah (53,23%), sebagian untuk wilayah pertambangan pasir, sementara luas lahan untuk permukiman hampir 7%. Dengan demikian mereka hidup dan bekerja sehari-hari di daerah yang semakin berisiko karena frekuensi erupsi semakin sering terjadi.

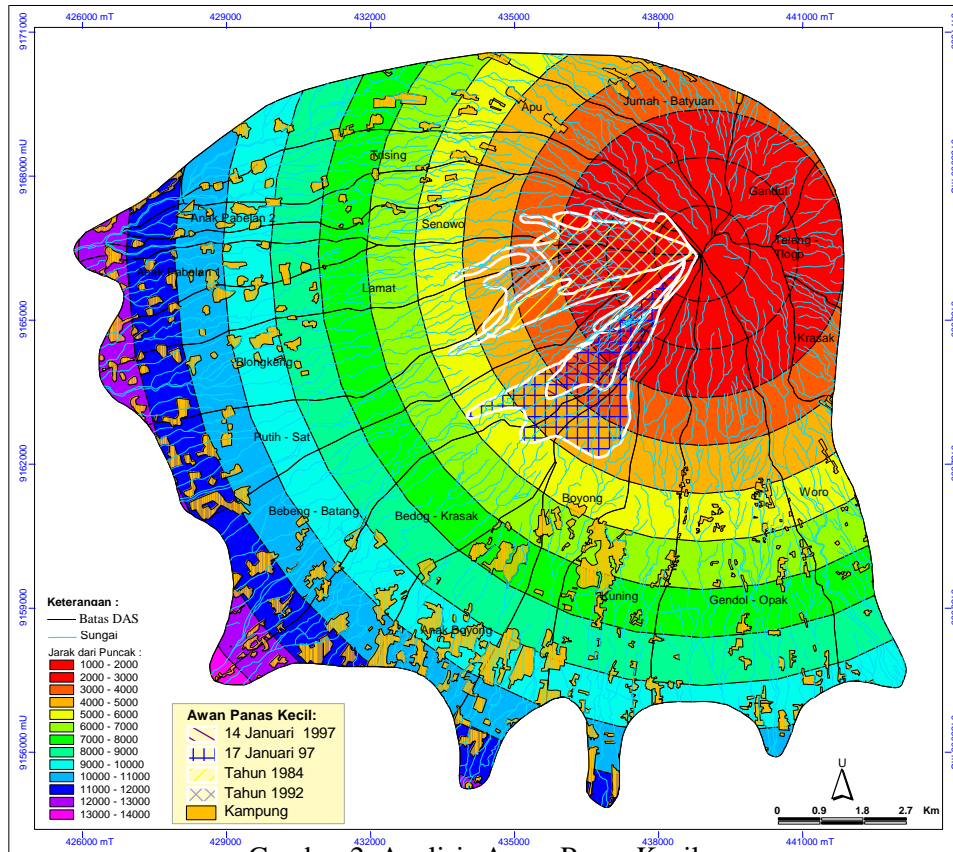
Mengecilnya lebar pita toleransi sosial-ekonomi terlihat juga dari indeks pra sejahtera, indeks mobilitas, indeks informasi yang belum sepenuhnya memadai, sehingga ketika ada bahaya tidak cukup sumberdaya

baik ekonomi maupun sarana dan prasarana untuk evakuasi. Dengan demikian risiko penduduk terhadap bencana besar. Batas kerusakan untuk lereng tertentu juga menyempit. Penduduk di lereng Barat Laut membangun permukimannya hanya 3,5 km dari puncak. Padahal awan panas kecil sudah dapat mencapai jarak tersebut. Beruntung selama abad 20, belum pernah awan panas mengarah ke daerah tersebut.

Batas kerusakan lereng Barat paling lebar (hipotesis 4 terbukti secara signifikan, lihat Tabel 1). Hal ini disebabkan lereng Barat merupakan daerah paling terbuka terhadap bahaya awan panas, mulai dari awan panas kecil, sedang dan besar pernah melanda sektor ini. Penduduk di sini paling sering mengalami bencana dengan korban

yang banyak. Pada akhirnya penduduk menyesuaikan tempat tinggalnya dengan perilaku awan panas tersebut. Penduduk menggeser permukiman mereka di luar jangkauan awan panas terbesar kedua abad

20, yaitu awan panas 1961, sejauh 12 km. Dengan trend mengecilnya magnitud erupsi dan semakin pendeknya jarak jangkauan awan panas maka sektor Barat Daya relatif aman, lihat Gambar 2.



Gambar 2. Analisis Awan Panas Kecil

Sensitivitas terhadap bahaya awan panas beragam, sangat bergantung terhadap pengalaman bencana. Penduduk di KRB II dan III yang sering mengalami erupsi tetapi tidak pernah mengalami bencana, tingkat sensitivitasnya rendah. Mereka menyikapi bahaya awan panas dengan pendekatan kelentingan (*resilience*). Penduduk menganggap letusan G. Merapi sebagai kejadian yang biasa dan mereka hanya akan mengungsi kalau sudah ada tanda-tanda yang

luar biasa (hewan sudah sampai di kampung mereka). Sebaliknya masyarakat yang menghuni sektor lereng yang paling sering mendapat pengalaman bencana seperti lereng barat lebih sensitif. Penduduk menyesuaikan permukiman di luar jangkauan awan panas, sehingga mereka aman atau dengan kata lain mereka menyikapi bahaya dengan pendekatan keterpercayaan (*reliability*).

KESIMPULAN

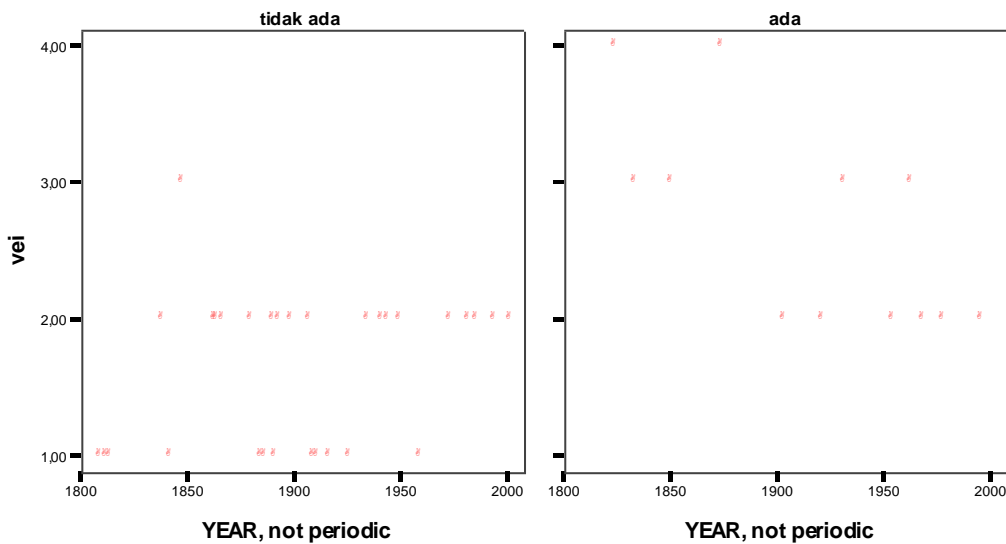
Dari rangkaian hasil penelitian dan analisis data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Karakteristik erupsi pada abad 19 dan 20 dicirikan oleh frekuensi erupsi yang semakin sering tetapi magnitud erupsi mengecil. Mengecilnya magnitud erupsi terlihat dari dominannya siklus Hartmann A dan B terhadap siklus Hartmann C dan D. Kawah cenderung tidak terbentuk, dan awan panas guguran lebih banyak terjadi berbanding awan panas letusan.
2. Keterbukaan fisik bersifat dinamis, semua sektor lereng terbuka, meski dengan tingkatan yang berbeda. Sektor lereng Barat paling terbuka, kemudian sektor Selatan, berikutnya sektor Utara, sementara sektor Timur tertutup terhadap bahaya awan panas. Sebaran awan panas dominan ke arah Barat, sebaliknya tidak pernah ke arah Timur disebabkan oleh adanya kontrol morfologi berupa *setting* kawah berbentuk tapal kuda terbuka ke Barat.
3. Kerentanan penduduk pada abad 19 dan 20 meningkat ditandai oleh menyempitnya pita toleransi sosial-ekonomi terhadap bahaya awan panas. Awan panas kecil pun sudah menimbulkan bencana yang besar, lihat Gambar 3. Menyempitnya pita toleransi disebabkan penduduk dalam menyikapi bahaya dominan menggunakan pendekatan *resilience*. Penduduk bertambah banyak, mereka memanfaatkan 70% lahan di KRB II dan III, serta memiliki persepsi letusan sebagai kejadian biasa dan hanya akan mengungsi bila sudah ada tanda-tanda yang luar biasa (hewan seperti kera, kijang dan harimau sampai di kampung). Penduduk merasa memahami perilaku erupsi sebelumnya, sehingga ambang batas terhadap bahaya meningkat (*daya resilience* menjadi tinggi), sensitivitas terhadap bahaya pun menurun. Akibatnya bencana banyak terjadi.
4. Sensitivitas penduduk terhadap bahaya awan panas beragam. Hal ini tercermin dari batas kerusakan yang berbeda. Awan panas dengan jarak 7 km di lereng Barat diterima sebagai sumberdaya, sebaliknya di lereng Selatan dan Utara sudah menimbulkan bencana. Penduduk di sektor lereng utara paling sempit batas kerusakannya (permukiman hanya dalam jarak 3,5 km dari puncak), sehingga paling sensitif terhadap bencana, berikutnya penduduk di lereng selatan (meskipun sudah menyesuaikan tetapi masih dalam jarak jangkauan), dan yang paling lebar batas kerusakannya adalah penduduk di lereng barat (sudah beradaptasi dengan jarak jangkauan awan panas terbesar kedua abad 20). Pengalaman bencana mempengaruhi tingkat adaptasi penduduk yang tercermin dalam lebar batas kerusakan. Semakin sering mengalami bencana,

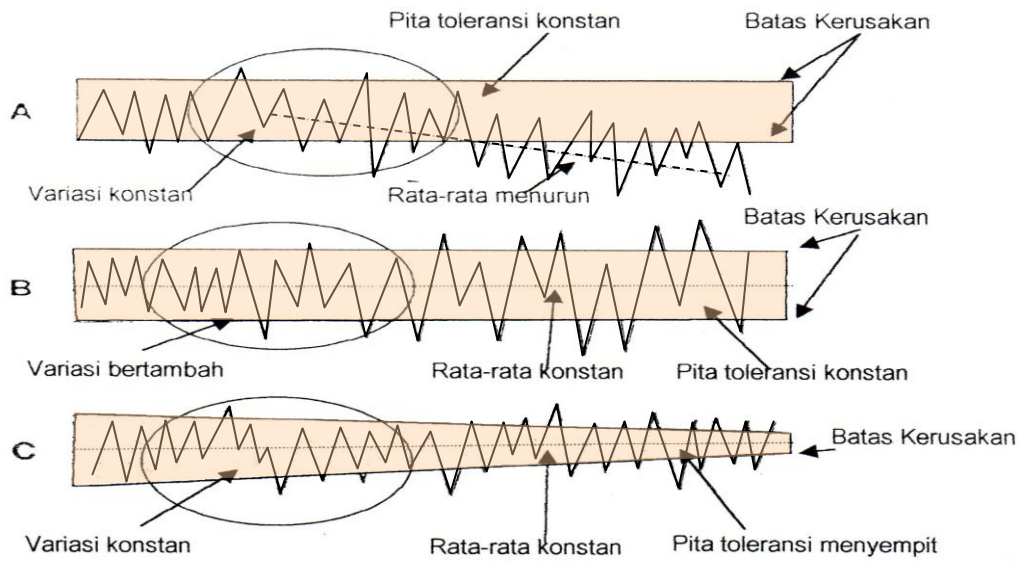
semakin lebar batas kerusakannya dan semakin sensitif terhadap bahaya. Dengan demikian aman dari bencana atau lebih *reliable*.

5. Sebagai penutup, ke-empat kesimpulan diatas dapat disintesis menjadi satu kesimpulan baru sebagai berikut: *“penduduk di KRB II dan III semakin berisiko terhadap bencana bukan disebabkan magnitud letusan yang semakin besar tetapi karena pita toleransi sosial-ekonomi dan batas kerusakan penduduk yang semakin*

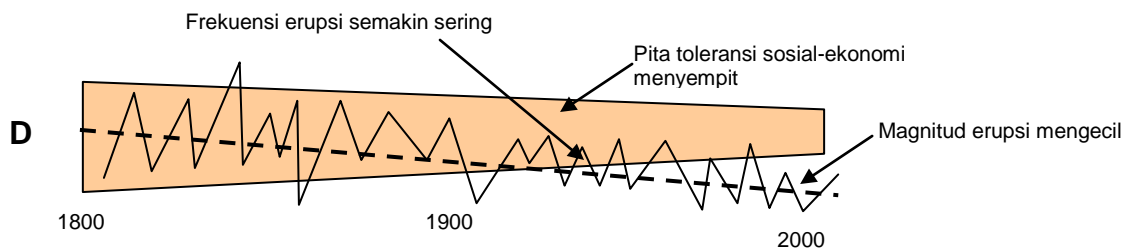
menyempit”. Dari kesimpulan tersebut dapat dimunculkan tesis , *“bertambahnya risiko terhadap bencana dapat disebabkan karena menurunnya baik variabel fisik maupun pita toleransi sosial ekonomi secara bersama-sama”*. Tesis ini tidak dapat dianalogkan dengan salah satu model De Vries (lihat Gambar 4), tetapi harus dibuatkan ilustrasi baru (lihat Gambar 5). Dengan demikian penelitian ini menyumbang satu model analisis baru yaitu tipe D untuk model tingkat risiko yang semakin bertambah milik De Vries.



Gambar 3. Diagram Pencar Erupsi ditinjau dari Magnitud dan Ada Tidaknya korban selama abad 19 dan 20



Gambar 4. Ilustrasi skematis dari perubahan kepekaan manusia terhadap bahaya lingkungan berdasarkan kejadian fisik dan toleransi sosial ekonomi. Dalam setiap kasus, risiko bencana bertambah sepanjang waktu. De Vries (1985), dalam Smith,1996).



Gambar 5. Model risiko yang semakin bertambah untuk KRB II dan III G. Merapi selama abad 19 dan 20. Risiko penduduk terhadap bencana semakin bertambah bukan karena erupsi semakin besar dan semakin membahayakan tetapi karena pita toleransi sosial-ekonomi dan batas kerusakannya menyempit. Penduduk dalam menyikapi bencana dominan menggunakan pendekatan kelentingan (*resilience*) dibanding pendekatan keterpercayaan (*reliability*), sehingga ambang toleransi terhadap bahaya meningkat, sebaliknya sensitivitas terhadap bahaya menurun. Akibatnya bencana lebih sering terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2001. Warga Stabelan Tidak Mau Mengungsi. *Harian Suara Merdeka*. 17 Januari 2001.
- Bemmelen, 1949. *The Geology of Indonesia, vol. IA, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagos*, Govt. Printing Office, The Hague.
- Camus, G., Grougaut, A., Berthommier, M., Vincent, M., 2000. Merapi (Central Java Indonesia): An Outline of Structural and Magmatological Evolution, with a Special Emphasis to the Major Pyroclastic Events. *Journal of Volcanology and Geothermal Research Volume 100(2000)*, Elsevier, Amsterdam, hal. 139-163.
- Hadisantono, R.D., Andreastuti, S.D., Abdurachman, E.K., Sayudi, D.S., Nursanto, I, Martono, A., Sumpena, A.D., Muzani, M., 2002. *Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi Merapi, Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta*. Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung.
- Newhall, C.G., and Self, S., 1982. The Volcanic Explosivity Index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism. *Journal of Geophysical Research* 87, 1, 231-8.
- Pardiyanto, L., Reksowirogo, L.D., Mitrohartono, F.X.S., Hardjowarsito, S.H., 1978. *Peta Daerah Bahaya Gunung Merapi, Jawa Tengah*. Direktorat Vulkanologi, Bandung.
- Putranto, Y.D., 1999. Kajian Ekologi Bentang Budaya Mengenai Interaksi Masyarakat Desa dengan Lingkungannya di Daerah Bahaya Gunung Merapi: Studi Kasus Dusun Turgo, Purwobinangun, Pakem, dan Dusun Pelemsari, Umbulharjo, Cangkringan. *Tesis S2*. Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Ratdomopurbo dan Andreastuti, 2000. *Karakteristik Gunung Merapi*. Direktorat Vulkanologi.
- Smith, K., 1996. *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. Second Edition, Routledge, London and New York.
- Voight, B., Constantine, E.K., Siswawidjono, S., Torley, R., 2000. Historical Eruptions of Merapi Volcano, Central Java, Indonesia, 1768-1998. *Journal of Volcanology and Geothermal Research Volume 100 (2000)*, Elsevier, Amsterdam, hal. 69-138.