

PENGARUH TEKTONIK KOMPRESIONAL BARATLAUT-TENGGARA TERHADAP STRUKTUR BIDANG PERLAPISAN, KEKAR, SESAR DAN LIPATAN DI PEGUNUNGAN KULON PROGO-YOGYAKARTA

Asmoro Widagdo¹, Subagyo Pramumijoyo², Agung Harijoko³

¹ Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

^{2,3} Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

e-mail: *¹asmoro.geologi@gmail.com, ²bagyo@ugm.ac.id, ³aharijoko@ugm.ac.id

ABSTRAK

Pegunungan Kulon Progo berada di sebelah barat Dataran Yogyakarta dan menjadi batas barat Cekungan Yogyakarta. Di sebelah timur Cekungan Yogyakarta terdapat interaksi dengan Pegunungan Selatan Jawa. Interaksi tektonik ini memberikan pengaruh terhadap Pegunungan Kulon Progo. Penelitian ini dilakukan dengan pemetaan struktur geologi dan analisis data struktur di Pegunungan kulon Progo. Analisis struktur geologi dilakukan dengan metode stereografis terhadap data bidang perlapisan batuan sedimen, kekar, sesar dan lipatan hingga arah gaya utama atau stress pembentuknya diketahui. Di Pegunungan Kulon Progo gaya utama kompresional berarah tenggara-baratlaut menghasilkan kemiringan bidang perlapisan batuan sedimen (dengan arah SE dan NW), kekar gerus (E-W dan NNW-SSE), kekar gerus (NW-SE), sesar sinistral (NNE-SSW), sesar dextral (NW-SE), sesar naik (NE-SW), sesar turun (NW-SE) dan lipatan (dengan sumbu NE-SW). Pelamparan Formasi Sentolo yang luas di sisi timur Pegunungan Kulon Progo dibandingkan di sisi barat, dihasilkan dari gaya kompresi dari arah tenggara. Kemunculan Formasi Nanggulan di sisi timur pegunungan Kulon Progo dihasilkan oleh sesar naik akibat gaya kompresi ini. Gaya kompresi arah tenggara (SE) merupakan hasil reorientasi gaya utara-selatan (N-S) di Pulau Jawa oleh Sesar Opak. Sesar sinistral Bantul dan Sesar dextral Sleman merupakan sesar mendatar orde ke-2 dari sesar orde ke-1 sesar sinistral Opak.

Kata-kata kunci: struktur, stress, sesar, kekar, lipatan

PENDAHULUAN

Pegunungan Kulon Progo berada di sebelah barat Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara administrasi Pegunungan Kulon Progo merupakan bagian dari Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta serta Kabupaten Purworejo dan Kabupaten Magelang-Propinsi Jawa Tengah. Kabupaten Kulon Progo menempati sisi timur dan selatan, Kabupaten Purworejo menempati sisi barat dan Kabupaten Magelang menempati sisi utara Pegunungan Kulon Progo.

Karakteristik geologi Pegunungan Kulon Progo dan sekitarnya telah banyak menarik perhatian para peneliti untuk mengungkapkannya. Penelitian telah dilakukan dengan tema yang beragam dengan tujuan akhir yang sama, yakni menjelaskan kondisi geologi daerah Pegunungan Kulon Progo. Penelitian tertua mengenai geologi Pegunungan Kulon Progo, salah satunya dari laporan [1], kemudian diikuti oleh banyak penelitian geologi sesudahnya hingga saat ini

Pegunungan Kulon Progo merupakan kawasan pegunungan di selatan Jawa Tengah (Gambar 1) yang terbentuk oleh deretan gunung api berumur Tersier [1], [2], [3] dan [4]. Tiga gunung api Tersier yang telah dikenal yaitu Gunung Gajah, Ijo dan Menoreh. Pegunungan ini merupakan bagian dari busur gunung api Tersier di selatan Jawa. Ketiga gunung api berumur Oligosen-Miosen ini menumpang secara tak selaras diatas batuan dasar berumur Eosen.

Struktur kekar, lipatan dan sesar [5] dapat dijumpai di Pegunungan Kulon Progo. Kekar gerus, kekar tarik, sesar turun, sesar naik, sesar mendatar, sinklin dan antiklin [6] terbentuk di Pegunungan Kulon Progo. Struktur geologi seperti sesar normal, sesar naik dan sesar geser [7] mengontrol sebaran batuan di Pegunungan Kulon Progo. Sesar yang terbentuk di daerah Kulon Progo dihasilkan oleh fase tektonik kompresional dan ekstensional [8]. Kelurusan-kelurusan sesar banyak dijumpai di bagian

dalam batuan vulkanik Gunung Gajah [9]. Di Pegunungan Kulon Progo, kemiringan lereng yang terjal cenderung terbentuk pada batuan lava dan breksi andesit di daerah dengan kelurusan struktur geologi yang rapat [9]. [3] menyatakan bahwa ekspresi kontrol kelurusan oleh sesar dan kekar di bagian barat Yogyakarta (Pegunungan Kulon Progo) lebih tinggi dibandingkan di bagian timur (Pegunungan Selatan). Sepertinya ekspresi kelurusan di bagian barat dikendalikan oleh aktivitas tektonik yang lebih tinggi dibanding bagian timur [3].



Gambar-1. Lokasi daerah penelitian dalam konstelasi Pulau Jawa.

Secara stratigrafi daerah Kulon Progo termasuk dalam Mandala Gunung Api Tua yang disusun oleh batuan sedimen Formasi Nanggulan dan batuan vulkanik Formasi Kebo Butak. Formasi Nanggulan dan Kebo Butak tersebut diintrusi oleh batuan intrusi dangkal yang berupa mikrodiorit, andesit dan dasit yang pada umumnya telah mengalami ubahan. [10] dan [11] dan [4] menyatakan, kelompok gunungapi ini ditutupi secara tidak selaras oleh endapan laut dangkal dari Formasi Jonggrangan dan Formasi Sentolo.

Sebaran formasi-formasi batuan berumur Eosen-Oligosen-Miosen di Pegunungan Kulon Progo tampak mengikuti suatu pola struktur yang mengikuti arah memanjangnya pegunungan ini. Tektonik telah bekerja

dalam membentuk konfigurasi formasi batuan baik sebelum, pada saat dan setelah pembentukan batuan di Pegunungan Kulon Progo. Struktur geologi berkembang pada batuan tertua hingga yang paling muda dengan gaya-gaya pembentuk yang perlu diketahui.

METODOLOGI

Analisis struktur geologi dilakukan terhadap setiap unsur produk deformasi batuan di Pegunungan Kulon Progo. Unsur struktur geologi ini meliputi bidang perlapisan batuan, kekar, sesar dan lipatan yang dijumpai di lapangan. Unsur-unsur struktur geologi ini dianalisis menggunakan diagram bunga, diagram kutub, diagram kontur dan analisis stereografis.

Analisis struktur geologi dilakukan dengan beberapa tahapan mulai dari pekerjaan akuisisi data lapangan hingga analisis terhadap data lapangan. Analisis dimulai dengan analisis deskriptif geometri yang dilakukan di lapangan dengan menentukan jenis struktur tersebut. Selanjutnya dilakukan analisis kinematika, yaitu mempelajari sifat gerak dan perubahan yang terjadi pada batuan. Tahapan akhir dilakukan analisis dinamika, yaitu mempelajari pengaruh gaya atau tegasan yang menyebabkan terjadinya deformasi pada batuan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melalui serangkaian pekerjaan analisis struktur geologi di Pegunungan Kulon Progo dari hasil pengukuran terhadap data struktur di lapangan. Analisis ini didukung oleh serangkaian pekerjaan interpretasi kelurusan pada citra satelit, penggambaran pembuatan diagram bunga kelurusan serta studi geologi lapangan yang menghasilkan gambaran struktur geologi daerah kajian. Hasil-hasil penelitian sebelumnya oleh beberapa peneliti digunakan dalam mendukung analisis dan sintesis penelitian ini.

HASIL DAN DISKUSI

Bidang Perlapisan Batuan

Secara umum, mengikuti hukum horisontalitas, batuan sedimen terbentuk dengan kedudukan yang relatif horisontal hampir tidak memiliki kemiringan. Adanya struktur geologi yang telah bekerja, menyebabkan batuan terdeformasi. Deformasi ini menyebabkan batuan sedimen mengalami berbagai perubahan sehingga memiliki kedudukan bidang perlapisan. Pengukuran bidang perlapisan batuan di lapangan meliputi jurus/strike dan kemiringan/dip bidang perlapisan batuan.

Secara keseluruhan telah dilakukan pengukuran kedudukan bidang perlapisan batuan sebanyak 164 buah dari area Pegunungan Kulon Progo. Terhadap data bidang perlapisan ini kemudian dilakukan analisis diagram mawar dan plotting seluruh kedudukan dan diagram konturnya pada stereonet (Gambar-2). Analisis diagram mawar menunjukkan nilai jurus/strike batuan dominan mengarah ke arah utara-timurlaut (N25°E) dan selatan baratdaya (N205°E). Pada diagram bunga bi-direksional ini nilai maksimum mencapai 11,6 % dari keseluruhan data bidang perlapisan. Sementara pada diagram bunga uni-direksional nilai maksimum sebesar 9,1% ke arah utara-timurlaut (N25°E). Sehingga nilai jurus perlapisan yang mengarah ke selatan-baratdaya hanya sebesar 2,5%.

Arah-arah lainnya baik N-S, NE-SW, E-W maupun NW-SE dijumpai dengan persentase yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bervariasinya arah gaya utama

yang telah bekerja di Pegunungan Kulon Progo maupun hal-hal lainnya yang mengontrol kedudukan perlapisan batuan. Hal-hal lainnya ini dapat berupa bidang perlapisan asli dari waktu diendapkan terutama pada batuan endapan gunung api akan mengikuti kemiringan lereng, posisi batuan berada dalam zona sesar/patahan, posisi perlapisan pada bagian ujung lipatan menunjam dan lain-lain.

Struktur Sesar

Struktur ini merupakan hasil dari kompresi yang berarah tenggara-baratlaut (NW-SE). Arah ini merupakan sumbergaya kompresional yang melahirkan struktur kompresif dan ekstensif di Pegunungan Kulon Progo. Kelompok struktur ini terdiri atas sesar-sesar mendatar kiri dan kanan, sesar normal, sesar naik dan lipatan (Gambar-3).

Sesar-sesar yang terbentuk akibat kompresional dari arah tenggara ini adalah : Sesar mendatar kiri Bantul; Sesar mendatar kanan Sleman; Sesar naik Kayangan; sesar naik Kaliserang; Sesar naik Kalibawang; Sesar turun Samigaluh; Sesar mendatar kiri Suroloyo; Sesar normal Sendangsono; Lipatan Nanggulan dan Lipatan Banyuroto (Gambar-3 dan Gambar-4). Kehadiran struktur kompresional Yogyakarta ini menghasilkan struktur turunan yang lainnya. Berikut adalah pembahasan struktur yang dihasilkan dari gaya kompresional berarah tenggara.

Sesar mendatar kiri Bantul berkembang di bagian sisi timur kaki Pegunungan Kulon Progo dan relatif sejajar dengan sesar mendatar kanan Sleman di utara. Sesar ini memanjang hingga Sedayu, Gamping dengan arah timurlaut-baratdaya hingga di daerah Bantul. Serupa dengan sesar mendatar kanan Sleman, sesar mendatar kiri ini memotong bagian kaki Gunung Gajah pada bagian fasies distal, serta memotong batugamping Formasi Sentolo.

Sesar mendatar kanan Sleman berkembang di bagian sisi timur kaki Pegunungan Kulon Progo. Sesar ini memanjang dari daerah Godean di Kabupaten Sleman dengan arah Baratlaut-Tenggara hingga di daerah Kalibawang. Sesar mendatar kanan ini memotong bagian kaki Gunung Gajah pada bagian fasies distal, serta memotong batugamping Formasi Sentolo. Data lapangan sesar ini berupa kelurusan morfologi, bidang sesar dan gores-garis. Hal ini dapat dilihat pada kelurusan morfologi perbukitan batugamping-napal di daerah Banjarharjo-Kecamatan Kalibawang. Kelurusan ini menerus hingga di bagian perbukitan breksi di daerah Banjarasri-Kalibawang. Di sebelah timur Sungai Progo, kelurusan sesar ini tidak lagi tampak karena tertimbun oleh endapan vulkanik Merapi. Sesar naik Kayangan berkembang di bagian sisi timur kaki Pegunungan Kulon Progo dan menjadi ujung dari sesar mendatar kanan Sleman dan sesar mendatar kiri Bantul. Sesar ini memanjang dari Nanggulan hingga Kalibawang dengan arah timurlaut-baratdaya dengan panjang 10 km. Sesar naik ini memotong bagian kaki Gunung Gajah pada bagian fasies distal, serta memotong batulempung Formasi Nanggulan.

Sesar turun Samigaluh terletak di bagian timurlaut daerah penelitian, memotong batuan vulkanik Gajah dan menjadi batas sebaran fasies batuan Menoreh dengan arah relatif Baratlaut-Tenggara. Sesar ini relatif pendek di bagian timur dibatasi oleh sesar naik kalibawang dan di bagian barat laut oleh sesar mendatar kiri Progo. Sesar ini

memotong bagian medial Gunung Gajah dan Menoreh dengan kemiringan sesar ke arah timurlaut.

Struktur Lipatan

Lipatan Nanggulan berkembang pada batuan Formasi Nanggulan di daerah Girimulyo dan Kalibawang, Kulon Progo. Lipatan ini berupa sepasang sinklin dan antiklin. Lipatan ini memiliki sumbu yang berarah baratdaya-timurlaut. Sayap antiklin menghadap ke tenggara dapat dilihat pada lapisan batubara di Kali Watupuru dengan kemiringan 25° . Sayap yang mengarah ke baratlaut memiliki kemiringan antara 7° - 17° . Sinklin di bagian baratdaya dijumpai dengan kemiringan sayap 35° dan 24° . Hasil analisis stereografis terhadap data kemiringan lapisan batuan yang dijumpai di lapangan disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan analisis ini, Lipatan Nanggulan dihasilkan oleh gaya dari arah tenggara. Gaya pembentuk Lipatan Nanggulan ini diinterpretasikan berasal dari Cekungan Yogyakarta atau Pegunungan Selatan Jawa (PSJ) yang disalurkan ke Pegunungan Kulon Progo melalui Sesar Sleman (SS) dan Sesar Bantul (SB). Lipatan Nanggulan berada di depan Sesar Naik Kayangan dan dibatasi oleh Sesar Bantul dan Sesar Sleman.

Lipatan Banyuroto berkembang pada batuan Formasi Sentolo di daerah Banyuroto-Nanggulan-Kulon Progo. Lipatan ini berupa sepasang sinklin dan antiklin. Lipatan ini memiliki sumbu yang berarah baratdaya-timurlaut. Sayap sinklin menghadap ke tenggara dapat dilihat pada lapisan napal di Kali Niten-Girimulyo dengan kemiringan 9° . Sayap yang mengarah ke baratlaut memiliki kemiringan antara 7° . Antiklin di bagian tenggara dijumpai dengan kemiringan sayap 6° dan 10° .

Hasil analisis stereografis terhadap data kemiringan lapisan batuan yang dijumpai di lapangan disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan analisis ini, Lipatan Banyuroto dihasilkan oleh gaya dari arah tenggara. Gaya pembentuk Lipatan Banyuroto ini diinterpretasikan berasal dari Cekungan Yogyakarta atau Pegunungan Selatan Jawa yang disalurkan ke Pegunungan Kulon Progo melalui Sesar Bantul (SB) di timurlaut Lipatan Banyuroto dan pemiringan lapisan batuan di selatan Lipatan Banyuroto. Lipatan Banyuroto berada di depan sesar naik Kaliserang.

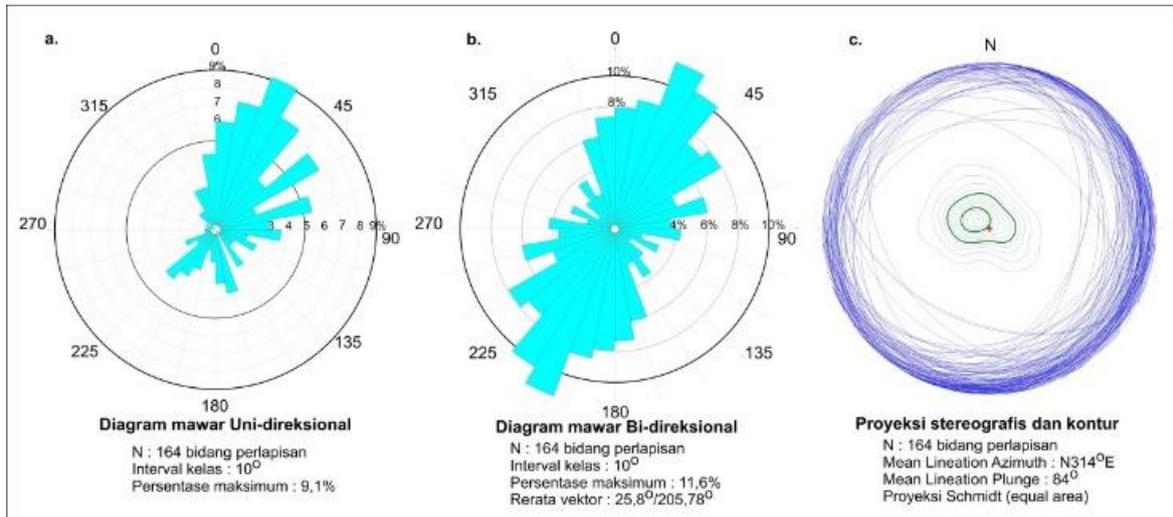
Struktur Kekar Gerus dan Kekar Tarik

Struktur kekar gerus (Gambar-6) dan kekar tarik (Gambar-7) banyak dijumpai di semua bagian Pegunungan Kulon Progo. Setiap bagian pegunungan ini memiliki karakter pola arah kekar gerus dan kekar tarik yang berbeda-beda sesuai dengan gaya pembentuk struktur di sekelilingnya. Di sisi timur Pegunungan Kulon Progo, kekar dapat dijumpai pada batuan Formasi Nanggulan, Formasi Andesit Tua maupun Formasi Sentolo.

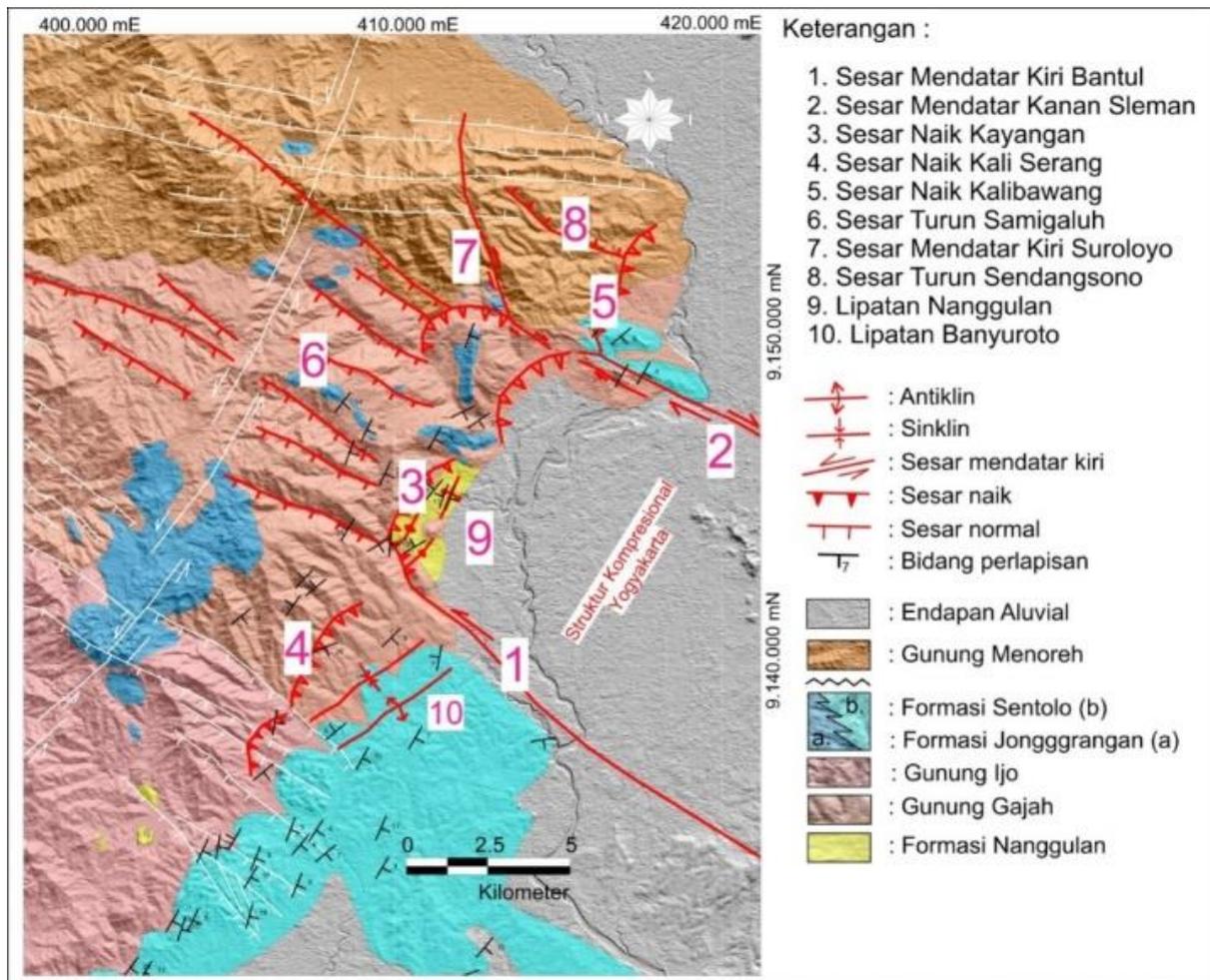
Berdasarkan pengamatan lapangan dan analisis data kekar sisi timur Pegunungan Kulon Progo, dapat disebutkan bahwa ia terbentuk oleh gaya utama berarah tenggara. Kekar gerus di daerah ini relatif berarah barat-timur dan utara baratlaut-selatan tenggara. Kekar tarik di area ini relatif berarah baratlaut-tenggara. Batuan intrusi andesit-basaltik yang menerobos Formasi Nanggulan di Kalisonggo searah dengan kekar tarik di daerah ini. Di bagian lereng timur Gunung Gajah, kekar tarik ini searah dengan sesar-sesar normal yang terbentuk. Kekar tarik di daerah ini kurang menunjukkan adanya pengisian mineral tidak seperti di bagian selatan Pegunungan Kulon Progo [8].

Kekar-kekar gerus sebelah timur Pegunungan Kulon Progo, menunjukkan kontrol pembentukan oleh gaya kompresional (σ_1) horisontal berarah tenggara-baratlaut. Kekar-kekar gerus tersebut terbentuk oleh gaya-gaya utama terkuat (σ_1) di sekitar lingkaran luar atau berarah horisontal dan gaya utama terlemah (σ_3) berarah horisontal atau juga di area tepi lingkaran besar. Kekar tarik yang terbentuk pada tubuh Gunung Gajah Timur ini memiliki arah umum utara-selatan hingga baratlaut-tenggara. Kekar tarik ini terbentuk berkaitan dengan gaya utama terkuat (σ_1) yang bekerja di tubuh Gunung Gajah Timur. Pola arah kekar tarik, kekar gerus dan interpretasi gaya pembentuk bersama data interpretasi kelurusan serta dukungan data lapangan struktur sesar digunakan dalam penggambaran struktur sesar yang telah bekerja di Kulon Progo bagian timur.

Kekar gerus dijumpai pada Formasi Sentolo dengan intensitas yang jarang dibandingkan kekar pada tubuh batuan gunung api yang ada. Hasil pengukuran kekar gerus pada formasi ini menunjukkan kehadiran gaya utama terkuat (σ_1) horisontal berarah barat-timur dan gaya utama terlemah (σ_3) bersifat horisontal berarah. Kekar ini dimungkinkan terkait dengan struktur sesar yang ada di daerah ini. Kekar tarik pada Formasi sentolo juga jarang dijumpai di lapangan, salah satu lokasi keterdapatan kekar ini berada di timurlaut daerah kajian. Hasil analisis diagram kontur menunjukkan arah umum kekar adalah baratlaut-tenggara. Kekar ini terbentuk oleh gaya tarik (σ_3) berarah baratdaya-timurlaut. Kekar ini terbentuk oleh gaya utama berarah tenggara, yang konsisten dengan hasil analisis kekar gerus pada formasi ini. Hal ini menjadi data penting bagi analisis sesar dan tektonik pada Formasi Sentolo dan bagian timur Pegunungan Kulon Progo.



Gambar-2. Analisis diagram bunga dan stereografis bidang perlapisan batuan.



Gambar-3. Sesar dan lipatan yang terbentuk karena kompresional dari tenggara.



Gambar-4. Kenampakan singkapan sesar naik Kali Serang, Kalibawang dan sesar normal Samigaluh.

Pembentukan Struktur Geologi

Pada Gambar-5 dan Gambar-8 dijelaskan bagaimana struktur sesar dan lipatan di sisi timur Pegunungan Kulon Progo terbentuk. Sesar Bantul (SB) dan Sleman (SS) sebagai pasangan sesar dari arah tenggara terbentuk oleh pergerakan batuan dasar cekungan Yogyakarta. Batuan dasar ini mengalami interaksi dengan Pegunungan Selatan Jawa (PSJ) di zona sesar Opak yang berarah timurlaut-baratdaya (NE-SW). Gaya utara-selatan di Pegunungan Selatan menghasilkan sesar geser kiri (sinistral Opak). Jenis pergerakan mengiri sesar opak ini didukung oleh hasil penelitian [12], [13] serta [14]. Sesar mendatar mengiri (sinistral) ini memiliki kemiringan ke arah timur dengan bagian timur relatif bergerak naik [15].

Gaya utara-selatan (N-S) ini mengalami reorientasi di jalur sesar Opak dan mendorong batuan dasar Cekungan Yogyakarta ke arah baratlaut (NW). Gaya ini yang menggerakkan blok batuan Yogyakarta-Godean-Nanggulan yang berlitologi batuan Formasi Nanggulan. Blok batuan Yogyakarta-Godean-Nanggulan di permukaan hanya berlitologi Formasi Nanggulan dan batuan intrusi, Formasi sentolo tidak dijumpai di permukaan pada blok batuan ini.

Ujung pergerakan blok batuan Yogyakarta-Godean-Nanggulan ini membentuk sesar naik Kayangan dan Lipatan Nanggulan. Ujung struktur ini menyingkap Formasi Nanggulan di sisi timur Pegunungan Kulon Progo (Gambar 5). Sebelah baratlaut dari struktur sesar naik ini,

berkembang sesar-sesar normal di Pegunungan Kulon Progo. Terdapat setidaknya 7 sesar normal di bagian ini. Sesar-sesar ini memotong bagian tengah hingga barat Pegunungan Kulon Progo.

Genesis arah gaya utama dari tenggara (SE) atau dari arah cekungan Yogyakarta dapat dijelaskan dengan model Moody and Hill (1956) dalam [16] seperti digambarkan pada Gambar-8. Mengacu pada model pembentukan struktur ini, sesar Opak merupakan sesar geser orde pertama dari gaya berarah utara-selatan (N-S). Gaya ini merupakan gaya utama di Pulau Jawa yang terbentuk akibat penunjaman lempeng samudera Hindia di bawah Pulau Jawa. Pergerakan sesar Opak menghasilkan gaya turunan yang berarah baratlaut-tenggara (NW-SE). Gaya ini menghasilkan sesar orde ke-2 yaitu sesar sinistral Bantul (SB) dan sesar dextral Sleman (SS). Kehadiran sesar yang berpasangan ini menyebabkan blok batuan Yogyakarta-Godean-Nanggulan bergerak relatif ke barat dan relatif naik dibandingkan blok batuan di utara (blok batuan Sleman) dan selatannya (blok batuan Bantul-Wates).

Pembentukan bermacam-macam struktur di Pegunungan Kulon Progo akibat gaya berarah tenggara ini dapat dijelaskan dengan konsep Reidel Shear dalam [17]. Menurut konsep ini gaya utama dari arah tenggara (Gambar-8) akan menghasilkan struktur sesar mendatar kiri (sinistral) berarah barat laut tenggara (Sesar Bantul) dan sesar mendatar kanan (dextral) berarah relatif timur-tenggara (Sesar Sleman). Lipatan dan sesar naik yang

terbentuk oleh gaya ini akan berarah timurlaut-baratdaya seperti yang berkembang di daerah kajian. Sesar-sesar normal yang terbentuk oleh gaya dari arah Yogyakarta akan berarah baratlaut-tenggara atau tegak lurus dengan arah gaya utama terlemah (σ_3).

Di luar area blok Yogyakarta-Godean-Nanggulan, yang berada di baratdaya dan timur laut area ini juga mengalami deformasi akibat gaya tenggara dari cekungan Yogyakarta. Hal ini ditunjukkan adanya kemiringan bidang perlapisan batuan yang mengarah ke tenggara dan adanya Lipatan Banyuroto (sumbu berarah NE-SW), sesar naik Kaliserang (NE-SW) dan sesar naik Kalibawang (NE-SW). Penelitian ini memberikan jawaban bagaimana mekanisme kemunculan Formasi Nanggulan di sisi timur Pegunungan Kulon Progo terutama di timur Gunung Gajah. Gaya kompresional dari arah tenggara yang memunculkan Formasi Nanggulan ini juga menyebabkan Formasi sentolo melampar luas di sebelah timur Pegunungan Kulon Progo, terutama di timur Gunung Ijo dan tenggara Gunung Gajah. Terhentinya gaya kompresional tenggara ini oleh pegunungan Kulon Progo menyebabkan batuan Formasi Sentolo tidak/sedikit dijumpai di sisi barat Pegunungan Kulon Progo.

Tektonik berpengaruh dalam mengontrol pembentukan Pegunungan Kulon Progo [18]. [19], [20], menyimpulkan bahwa ekspresi morfologi unik Pegunungan Kulon Progo disebabkan oleh kecenderungan umum dari tektonik yang telah terjadi di Pulau Jawa sejak Kala Eosen. [21] dan [2] menginterpretasikan kelurusan mayor berarah NNE-SSW sebagai kelurusan Progo-Muria. [22], menyebutkan adanya patahan transform yang mengakomodasi pergeseran mikrokontinen Jawa Timur menjadi cikal-bakal dari Patahan Progo-Muria. [23], menyebutkan bahwa struktur geologi yang terdapat di Pegunungan Kulon Progo berupa sesar geser dengan arah memanjang tenggara-baratlaut juga dijumpai sesar-sesar normal dengan arah barat-timur.

Peta Geologi Yogyakarta terbitan terakhir menunjukkan bahwa sesar Opak adalah batas sesar yang saling sejajar di bagian timur, namun tidak ada sesar yang dijumpai di sisi barat Yogyakarta. Alasan mengapa sesar di bagian barat masih belum diketahui adalah karena hampir tidak ada penelitian tektonik yang telah dilakukan di batas Pegunungan Kulon Progo dengan dataran Yogyakarta. Terdapat kemungkinan bahwa sesar di bagian barat adalah sebagai sesar bawah permukaan atau telah tertutup oleh endapan yang lebih muda menurut [3]. [24] mengemukakan sesar Progo menjadi batas barat cekungan Yogyakarta.

Pada Pleistosen, terjadi kompresional dari arah tenggara di sisi timur Gunung Gajah. Fase kompresional utara-selatan [25] dari zona penunjaman pada kala ini menggerakkan sesar mendatar kiri Opak di timur daerah penelitian. Gerakan ini menghasilkan reorientasi gaya yang menciptakan struktur sesar mendatar kanan dan kiri di timur Gunung Gajah. Lipatan dan sesar naik terbentuk akibat pada ujung zona sesar mendatar yang terbentuk. Struktur ini memotong Formasi Nanggulan, batuan Gunung Gajah Timur dan Formasi Sentolo. Batugamping Formasi Sentolo berumur Miosen Akhir (N18) terpotong oleh struktur ini.

Periode *Plio-Pleistosen Compressional Thrust-Folding* ditandai oleh pembentukan lipatan yang berlanjut pada pembentukan sesar-sesar naik. Antiklinorium dan *thrust-belt* yang memiliki orientasi tertentu, yang berhubungan dengan arah kompresi dan kinematika

pembentukannya [25]. Kelompok sesar kompresional baratlaut-tenggara kemungkinan lahir pada kala ini.

KESIMPULAN

Pengaruh yang dihasilkan dari interaksi tektonik yang ada di dataran Yogyakarta terhadap tatanan tektonik di Pegunungan Kulon Progo adalah:

1. Di Pegunungan Kulon Progo telah bekerja gaya kompresional arah tenggara atau dari arah Yogyakarta yang menghasilkan deformasi berupa: kemiringan lapisan, kekar gerus, kekar tarik, sesar sinistral Bantul, sesar dextral Sleman, sesar naik Kayangan-Kalibawang-Kaliserang, sesar normal Samigaluh dan lipatan Nanggulan-Banyuroto.
2. Kemunculan batuan Eosen Formasi Nanggulan di sisi timur Pegunungan Kulon Progo (terutama di sisi timur Gunung Gajah) dihasilkan dari gaya kompresi dari arah tenggara.
3. Pelamparan Formasi Sentolo yang luas di sisi timur Pegunungan Kulon Progo (terutama di sisi timur Gunung Ijo) di bandingkan di sisi barat, dihasilkan dari gaya kompresi dari arah tenggara.
4. Gaya arah tenggara (SE) merupakan hasil reorientasi gaya utara-selatan (N-S) di Pulau Jawa oleh sesar Opak.
5. Sesar Bantul dan Sesar Sleman merupakan sesar mendatar orde ke-2 dari sesar orde ke-1 sesar sinistral Opak.

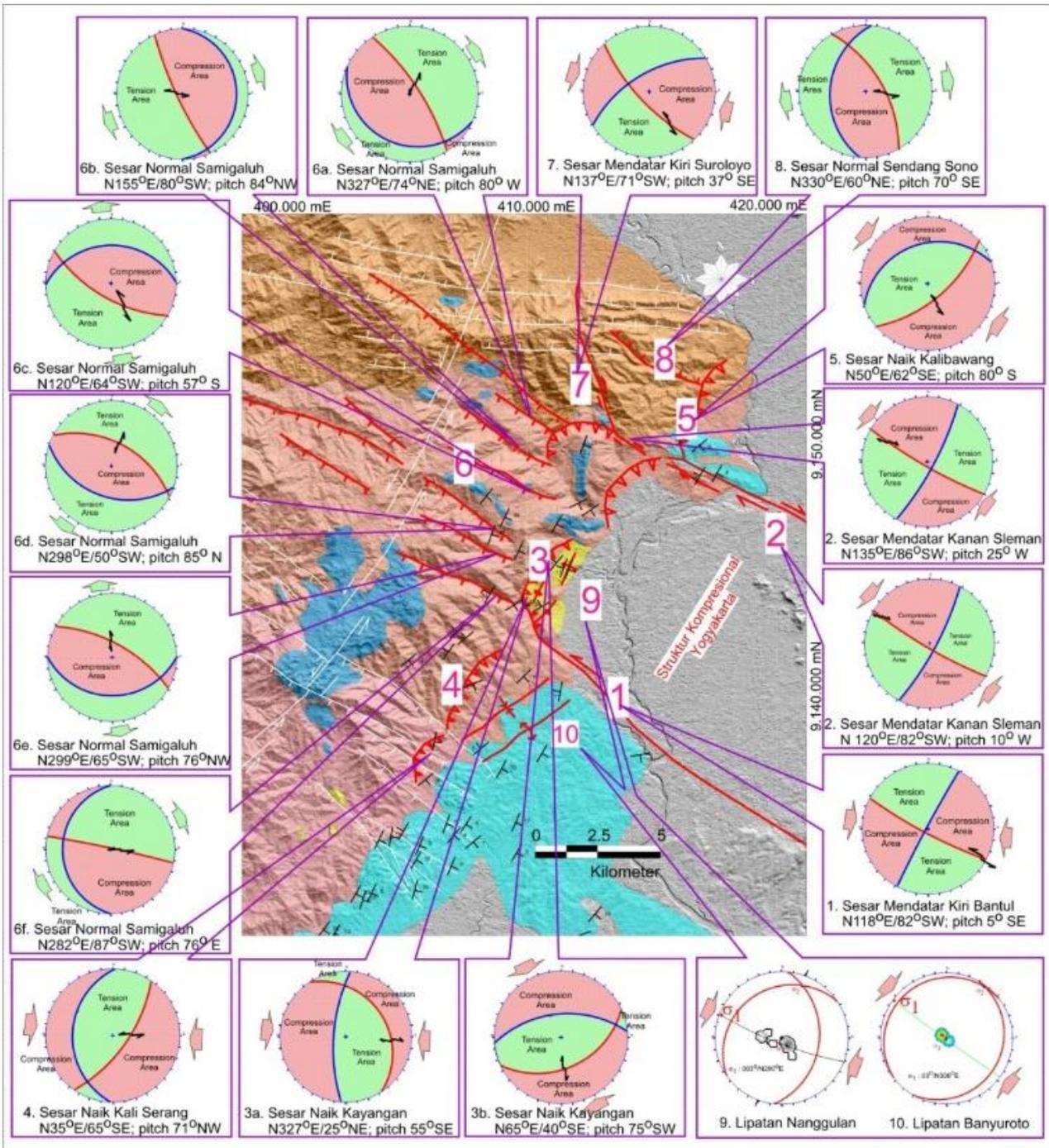
UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini adalah bagian dari penelitian disertasi yang dibiayai oleh Departemen Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. Untuk itu ungkapan terimakasih kami sampaikan kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberikan pembiayaan bagi kelancaran studi. Terima kasih juga kami sampaikan kepada teman-teman di Program Doktor, Jurusan Teknik Geologi-Universitas Gadjah Mada, untuk diskusi yang telah dilakukan dalam mendukung terselesaikannya makalah ini.

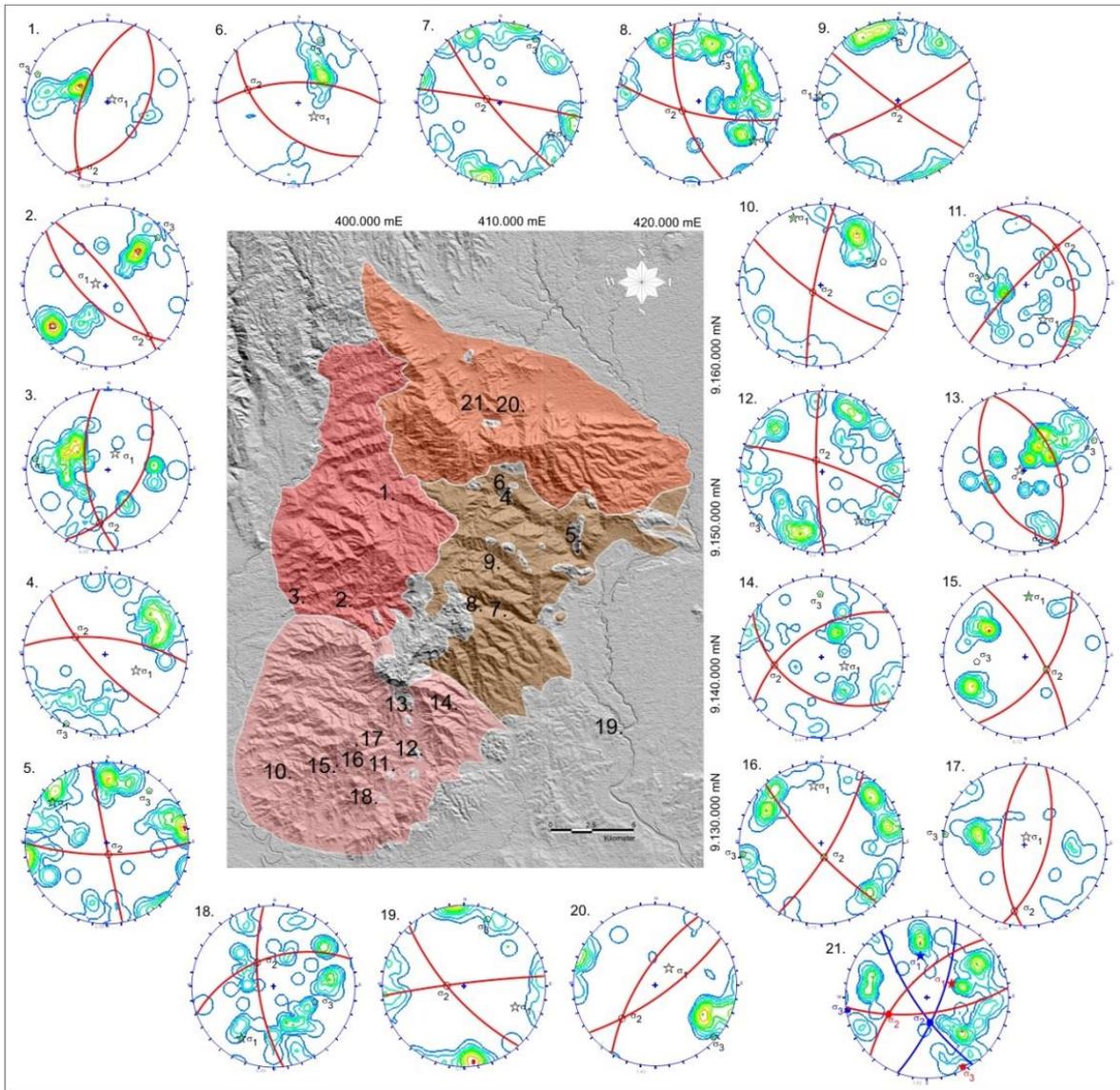
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Van Bemmelen, R.W., 1949. The Geology of Indonesia. Vol. IA, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelago, Government Printing Office, The Hague.
- [2] Smyth H.R., Hall R., Hamilton J. and Kinny P., 2005, East Java: Cenozoic basins, Volcanoes and Ancient Basement, Proceedings Indonesian Petroleum Association.
- [3] Bariato, D.H., Abboud, E. and Setijadji, L.D., 2009. Structural Analysis using Landsat TM, Gravity Data, and Paleontological Data from Tertiary Rocks in Yogyakarta, Indonesia. *Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University*, Vol.69, No.2.
- [4] Harjanto, A., 2011. Vulkanostratigrafi di Daerah Kulon Progo dan Sekitarnya, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah MTG*, Vol. 4 No. 2, Yogyakarta.

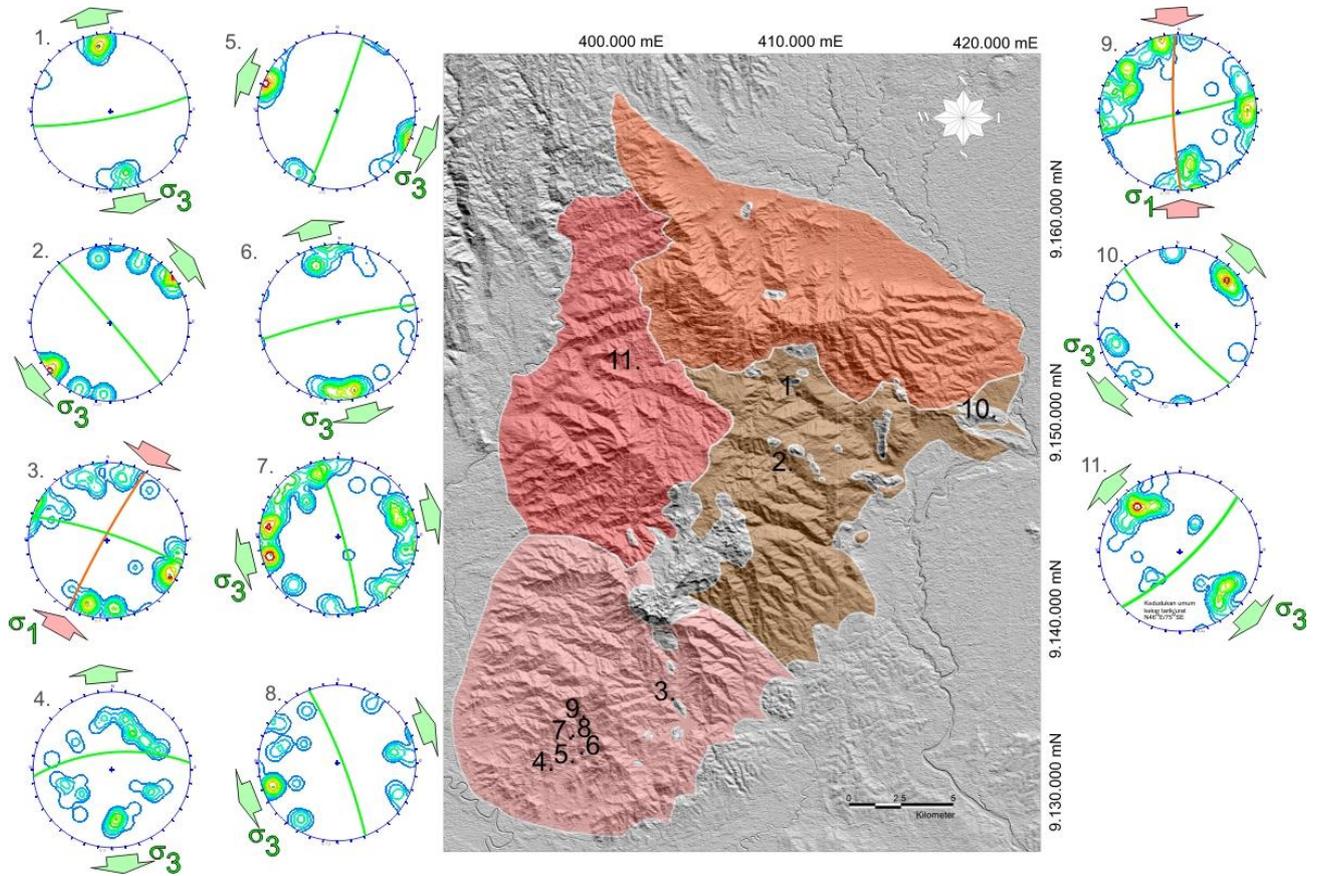
- [5] Widagdo, A, Pramumijojo, S., Harijoko, A., Setiawan, A., 2016. Preliminary Overview of the Character, Patterns and Styles of The Geologic Structure of Kulon Progo Mountains Area and Its Potential as a Source of The Geological Structural Damage. Proceedings International Conference Jogja Earthquake in Reflection, UPV, Yogyakarta.
- [6] Widagdo, A, Pramumijojo, S., Harijoko, A., Setiawan, A., 2016. Type, Pattern and Force Direction of the Geological Structure at Kulonprogo Area-Yogyakarta-Indonesia. The 6th International Annual Engineering Seminar (InAES), Yogyakarta.
- [7] Widagdo, A, Pramumijojo, S., Harijoko, A., Setiawan, A., 2016. Kajian Pendahuluan Kontrol Struktur Geologi Terhadap Sebaran Batuan-Batuan di Daerah Peg. Kulon Progo-Yogyakarta. Prosiding Sem. Nas. Kebumian Ke-9, T. Geologi UGM, Yogyakarta.
- [8] Widagdo, A, Pramumijojo, S., Harijoko, A., 2017. Rekonstruksi Struktur Geologi Daerah Gunung Ijo di Pegunungan Kulon Progo-Yogyakarta Berdasarkan Sebaran Kekar dan Urat Kuarsa. Prosiding Sem. Nas. Kebumian Ke-10, T. Geologi UGM, Yogyakarta.
- [9] Widagdo, A, Pramumijojo, S., Harijoko, A., Setianto, A., 2018. Fault Lineament Control on Disaster Potentials in Kulon Progo Mountain Area-Central Java-Indonesia, International Conference on Disaster Management, Padang-Indonesia.
- [10] Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, HMD., 1995. Peta Geologi Lembar Yogyakarta. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [11] Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, HMD., 2012. Peta Geologi Lembar Yogyakarta. Pusat Survey Geologi-Badan Geologi-Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral.
- [12] Nurwidyanto MI, Indriana RD, Darwis ZT, 2007, Pemodelan Zona Sesar Opak di Daerah Pleret Bantul Yogyakarta dengan Metode Gravitasi, Berkala Fisika ISSN: 1410 – 9662, Vol 10. , No.1, April 2007, hal 65-70.
- [13] Sugianti, K., Sari, A.M., and Syahbana, A.J., 2015. DMT Method Approach for Liquefaction Hazard Vulnerability Mapping In Bantul District, Yogyakarta Province. *Indonesian Journal on Geoscience*, 2 (1) p.53-61. DOI:10.17014/ijog.2.1.53-61
- [14] Abidin HZ, Andreas H, Meilano I, Gamal M, Gumilar I dan Abdullah CI, 2009, Deformasi Koseismik dan Pascaseismik Gempa Yogyakarta 2006 dari Hasil Survei GPS, *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 4 No.4 Desember 2009: 275-284[3]
- [15] Tsuji T, Yamamoto K, Matsuoka T, Yamada Y, Onishi K, Bahar A, Meilano I and Abidin HZ, 2009, Earthquake fault of the 26 May 2006 Yogyakarta earthquake observed by SAR interferometry, *Earth Planets Space*, 61, e29–e32, 2009
- [16] Situmorang, B., Siswoyo, Thajib, E., and Paltrinieri, F., 1976. Wrench Fault Tectonics and Aspects of Hydrocarbon Accumulation In Java. Proceedings Indonesian Petroleum Association, 5th Annual Convention.
- [17] Mc Clay, K.R., 2007. The Mapping of Geological Structures. John Wiley and Sons, London.
- [18] Budiadi, E., 2009, The Role of Tectonism in Controlling Geomorphology in Kulon Progo Area, Yogyakarta, Proceedings PIT IAGI Semarang, The 38th IAGI Annual Conventional and Exhibition.
- [19] Sudradjat, A., Syafri, I., dan Budiadi, E., 2010. The Geotectonic configuration of Kulon Progo Area, Yogyakarta. Proceeding PIT IAGI Lombok 2010, The 39th IAGI Convention and Exhibition, Lombok.
- [20] Syafri, I., Budiadi, E. dan Sudradjad, A., 2013. Geotectonic Configuration of Kulon Progo Area, Yogyakarta. *Indonesian Journal of Geology*, Vol. 8 No. 4.
- [21] Hall, R., Clements, B., Smyth, H.R., Cottam, M. A., 2007. A New Interpretation Of Java’s Structure. Proceedings, Indonesian Petroleum Association, May, 2007.
- [22] Husein, S., dan Nukman, M., 2015. Rekonstruksi Tektonik Mikrokontinen Pegunungan Selatan Jawa Timur: Sebuah Hipotesis berdasarkan Analisis Kemagnetan Purba. Prosiding Seminar Nasional Kebumian Ke-8, FT-UGM.
- [23] Wijono, S. dan Haryoprasetyo, H., 2011. Pengaruh Alterasi Hidrotermal dalam Proses Pembentukan Tanah untuk Pembuatan Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah di Daerah Purwosari-Kebonharjo, Kecamatan Girimulyo-Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. Prosiding Seminar Nasional Ilmu Kebumian Ke-4, Teknik Geologi FT-UGM, UGM, Yogyakarta.
- [24] Verdiansyah, O. dan Hartono, H.G., 2016. Alterasi Hidrotermal dan Mineralisasi Logam Berharga di cekungan Yogyakarta: Sebuah Pemikiran dari Kehadiran Sistem Hidrotermal daerah Godean. Seminar Nasional Ke-III Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung.
- [25] Purnomo, J. dan Purwoko, 1994. Kerangka Tektonik dan Stratigrafi Pulau Jawa Secara Regional dan Kaitannya dengan Potensi Hidrokarbon. Proceedings Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa Sejak Akhir Mesozoik Hingga Kuartar, Yogyakarta.



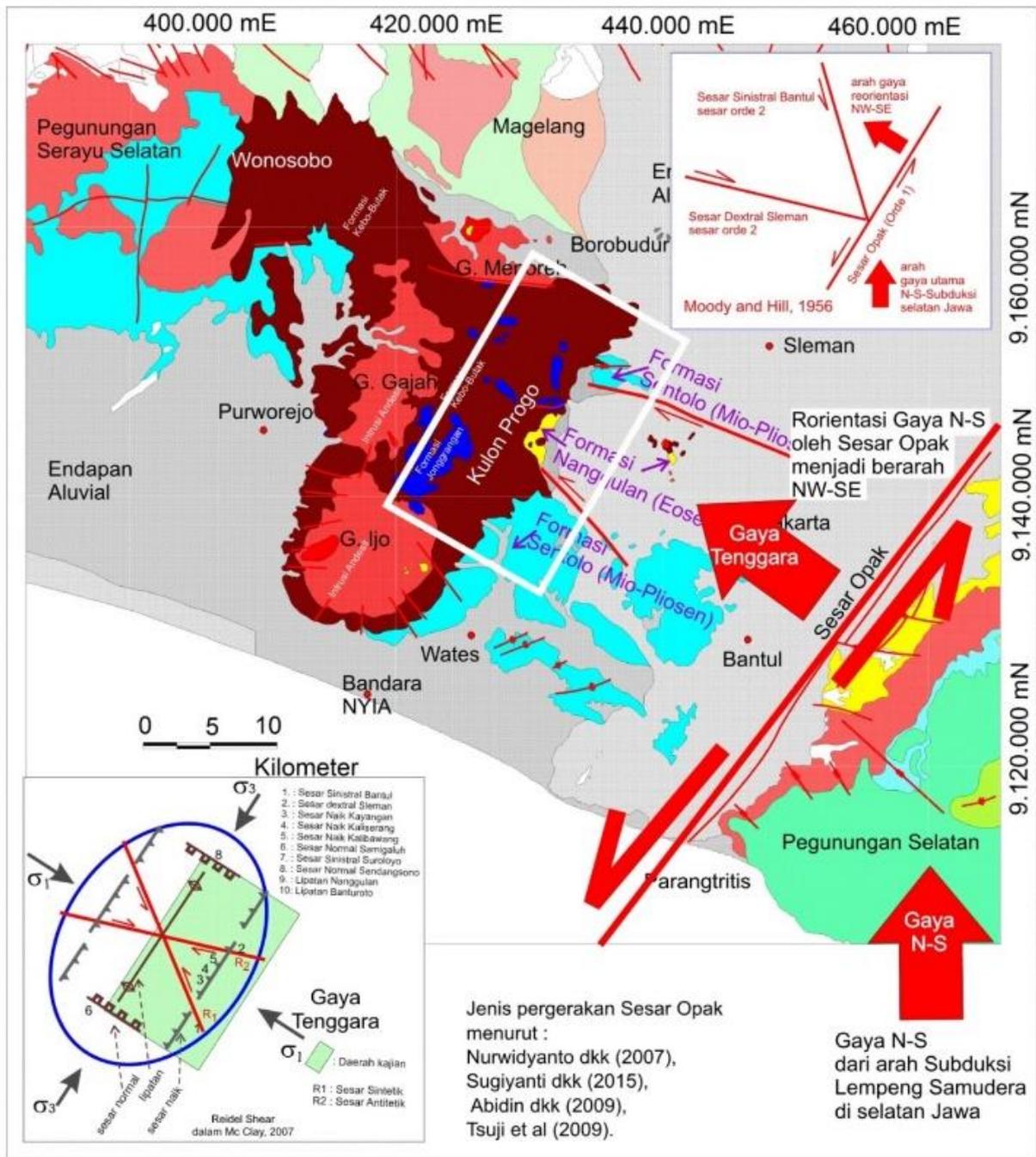
Gambar-5. Analisis arah gaya pembentuk sesar dan lipatan di sisi timur Pegunungan Kulon Progo.



Gambar-6. Pola-pola kekar gerus di Pegunungan Kulon Progo



Gambar-7. Pola-pola kekar tarik di Pegunungan Kulon Progo



Gambar-8. Genesa struktur geologi oleh gaya dari arah tenggara di Pegunungan Kulon Progo, menurut konsep Moody and Hill, 1956 dalam [16] dan konsep Reidel Shear dalam [17].