

## STUDI GEOLOGI KABUPATEN KULON PROGO SEBAGAI ALTERNATIF TAPAK INSTALASI NUKLIR

**Abimanyu Bondan, Hadi Suntoko, Theo Alvin Ryanto**

*Pusat Kajian Sistem Energi Nuklir, BATAN, Jl. Kuningan Barat, Jakarta Selatan  
email: bondan.wicaksono@batan.go.id*

### ABSTRAK

**STUDI GEOLOGI KABUPATEN KULON PROGO SEBAGAI ALTERNATIF TAPAK INSTALASI NUKLIR.** Keberadaan instalasi nuklir di Indonesia berupa reaktor riset nuklir, laboratorium, irradiator serta instalasi nuklir lainnya telah mengalami penuaan, sehingga dibutuhkan pencarian lokasi tapak untuk pembangunan instalasi nuklir yang memenuhi persyaratan seperti kondisi batuan yang masif dan bebas dari patahan kapabel. Kulon Progo mempunyai kondisi geologi yang sangat menarik untuk dikaji sebagai alternatif calon tapak instalasi nuklir, karena daerah Kulon Progo mempunyai jarak yang relatif dekat dengan fasilitas nuklir yang sudah ada. Metode yang digunakan adalah pemetaan geologi dan struktur geologi dengan cara pengamatan singkapan dan pengukuran data struktur geologi. Data struktur geologi tersebut selanjutnya diolah menggunakan analisis mikrotektonik. Daerah telitian dibagi menjadi 3 satuan batuan, berurutan dari umur tua ke muda, yaitu satuan batuan breksi monomik, satuan batugamping, dan endapan alluvial. Dalam analisis tidak ditemukan patahan aktif di daerah telitian. Struktur geologi yang ditemukan berupa kekar gerus dan kekar tarik pada satuan batugamping. Secara geologi daerah telitian siap untuk dikembangkan sebagai alternatif calon tapak instalasi nuklir

Kata kunci: Tapak, Instalasi Nuklir, Keselamatan, Kabupaten Kulon Progo

### ABSTRACT

**GEOLOGICAL STUDY OF KULONPROGO REGENCY AS ALTERNATIVE SITE FOR NUCLEAR INSTALLATION.** *There are a number of nuclear installations in Indonesia such as nuclear research reactors, laboratories, irradiators and other nuclear installations but they have been aging, so it is necessary to locate new candidate sites for the construction of nuclear installations. Kulon Progo has a very interesting geological condition to be studied as an alternative candidate for nuclear installation site. The method used is geological mapping and geological structure by observing outcrop as well as geological structure data measurement. The geological structure data are further processed for microtectonic analysis. The area of investigation is divided into 3 units of rock, from old to young formation units of Monomic Breccia, Limestone, and Alluvial Deposits. No active fault was found in the investigation area. Geological structures found are shear fracture and gash fracture limestone units. Geologically, Kulon Progo is suitable as nuclear installation candidate site.*

Keyword: Site, Nuclear Instalation, Safety, Kulon Progo Regency.

### PENDAHULUAN

Indonesia saat ini memiliki beberapa instalasi nuklir berupa reaktor riset nuklir, laboratorium, irradiator serta instalasi nuklir lainnya yang telah mengalami penuaan sehingga perlu diadakan pembaharuan atau pembangunan instalasi baru. Salah satu aspek yang penting dalam tahapan pembangunan PLTN atau instalasi nuklir lainnya adalah ketersediaan tapak yang memenuhi persyaratan seperti yang ditetapkan Badan Tenaga Atom Internasional [1] terutama dari segi keselamatan eksternal. Untuk itu dibutuhkan beberapa lokasi yang dapat dikembangkan sebagai calon tapak PLTN yang aman dari kegempaan [2] dan aspek geoteknik dan pondasi [3,4,5,6]. Dalam rangka mendapatkan tapak-tapak PLTN tersebut dilakukan kajian pada berbagai daerah yang memungkinkan untuk dikembangkan sebagai calon lokasi tapak instalasi nuklir sehingga pencarian lokasi tapak baru untuk alternatif pembangunan instalasi nuklir sangat diperlukan [7]. Pembangunan instalasi nuklir memerlukan lokasi tapak yang memenuhi persyaratan geologi yang stabil. Daerah Kabupaten Kulon Progo memiliki karakteristik geologi yang ideal untuk pembangunan instalasi nuklir. Tempatnya yang relatif tidak terlalu jauh dengan reaktor nuklir

yang sudah ada, yaitu reaktor Kartini di Yogyakarta, serta memiliki kondisi batuan dan struktur geologi berumur kuartar secara regional tidak ditemukan di daerah ini.

Penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi geologi dan mengetahui karakteristik litologi serta susunan stratigrafi atau elemen struktur geologi aktif di wilayah Kabupaten Kulonprogo sebagai pendukung penelitian untuk pemilihan calon tapak instalasi nuklir di Provinsi Yogyakarta.

### Lokasi Penelitian

Secara administratif daerah penelitian meliputi wilayah Kecamatan Pengasih serta sebagian kecil Kecamatan Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi D.I Yogyakarta. Secara Geografis terletak pada koordinat 404750 mE – 409500 mE dan 9133500 mN – 9138500 mN UTM Zona 49. Luas daerah penelitian adalah kurang lebih 25 km<sup>2</sup> dengan panjang dari selatan ke utara 5 km dan lebar dari arah barat ke timur kurang lebih 5 km.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

## GEOLOGI REGIONAL

### Fisiografi

Secara fisiografi Pulau Jawa dibagi menjadi 7 bagian [8] :

1. Pusat depresi Jawa dan Zona Randublatung
2. Antiklinorium Bogor – Serayu utara – Kendeng
3. Dataran aluvial Jawa utara
4. Pematang dan Dome pusat depresi
5. Pegunungan Selatan
6. Antiklinorium Rembang – Madura
7. Gunung api Kuartar

Secara regional maka daerah penelitian termasuk dalam Jalur Pematang dan Dome pada Pusat Depresi. Disebelah timur berbatasan langsung dengan dataran Purworejo [9]. Pematang dan Dome pada Pusat Depresi ini disusun oleh dua kelompok besar batuan yaitu batuan vulkanik dan batuan karbonat, dengan jurus perlapisan relatif berarah barat-timur dengan kemiringan ke selatan.

### Stratigrafi

Sebaran batuan di kulon Progo dikontrol oleh struktur tubuh gunung api dan struktur sekunder berupa sesar [10]. Secara regional tatanan stratigrafi di wilayah Kabupaten Kulonprogo ditempati oleh batuan-batuan berumur dari Eosen hingga Kuartar.

### Formasi Nanggulan

Penyusun batuan dari formasi Nanggulan terdiri dari Batupasir dengan sisipan lignit, napal pasir, batulempung dengan konkresi limonit, sisipan napal dan Batugamping, batupasir dan tuff serta kaya akan fosil foraminifera dan moluska. Diperkirakan ketebalan formasi ini adalah 300 meter [12,13,14]. Formasi Nanggulan didominasi struktur geologi yang berkembang adalah sesar yang berarah dengan pola Meratus dan pola Jawa [15].

### ***Formasi Kaligesing atau Formasi Andesit Tua***

Formasi ini dicirikan oleh adanya batuan vulkanik klastik tebal, yang terdiri dari breksi vulkanik (laharik), dengan sisipan lava andesit dan batupasir tufaan. Bagian bawah dicirikan oleh perselingan breksi andesit dan lava andesit. Umur formasi ini ditentukan berdasarkan atas hubungan stratigrafi dengan dua satuan batuan yang mengapitnya, karena tidak mengandung fosil penunjuk umur, sehingga diperkirakan berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal, diendapkan pada lingkungan darat, berupa endapan lahar yang terpilah buruk dalam matrik relatif halus dan kadang-kadang nampak pelapisan berangsur dan pelapisan sejajar. Berdasarkan penanggalan radiometri K-Ar berumur Eosen akhir – Miosen awal ( $42,73 \pm 97,8 - 15,30 \pm 0,88$ ) juta tahun yang lalu [16]. Di beberapa tempat terjadi mineralisasi oleh intrusi batuan beku dan menghasilkan cebakan mineral [17].

### ***Formasi Dukuh***

Formasi Dukuh disusun oleh selang-seling batugamping bioklastik, batupasir sedang sampai kerikil, batulempung, breksi dan konglomerat, mengandung banyak koral, bryozoa, pelecypoda, gastropoda, dan foraminifera. Formasi ini selaras diatas Anggota Seputih Formasi Nanggulan, bersilang jari atau kontak sesar dengan formasi selaras diatasnya Formasi Jonggrangan dan Formasi Sentolo [19].

### ***Formasi Jonggrangan***

Formasi Jonggrangan dicirikan oleh batugamping terumbu dengan hadirnya koral, moluska, foram besar, batugamping klastik dan sisipan napal tipis yang mengandung foram plankton dan bentos, Bagian bawah dari Formasi Jonggrangan ini terdiri dari Konglomerat yang ditumpangi oleh Napal tufan dan Batupasir gampingan dengan sisipan lignit. Batuan ini semakin ke atas berubah menjadi batugamping koral.

### ***Formasi Sentolo***

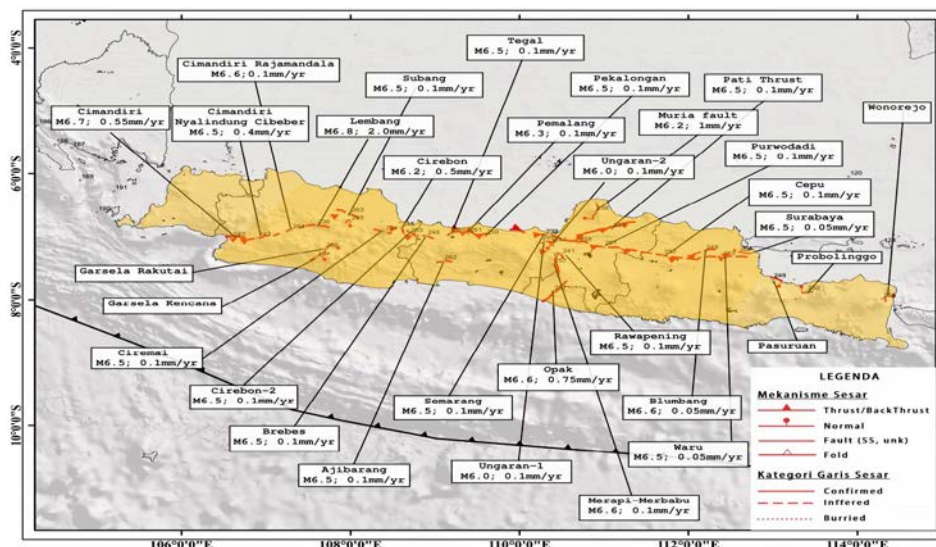
Formasi ini pada bagian bawah berupa napal pelagis dan sisipan batugamping, sedang bagian atas dominan batulempung yang banyak mengandung foram plankton, bentos, dan foram besar, berumur dan merupakan endapan laut dangkal hingga laut terbuka dalam [20]. Formasi Sentolo di bagian bawah, terdiri dari Aglomerat dan Napal, semakin ke atas berubah menjadi Batugamping berlapis dengan fasies neritik. Batugamping koral dijumpai secara lokal, menunjukkan umur yang sama dengan formasi Jonggrangan, tetapi di beberapa tempat umur Formasi Sentolo adalah lebih muda. Di kabupaten kulonprogo formasi ini tersebar seluas 2.840.890 Ha [21].

### ***Aluvium***

Aluvium disusun oleh material lepas berukuran lempung, pasir, kerikil dan kerakal yang merupakan endapan sungai, pantai dan rawa, berumur Holosen. Satuan ini menindih secara tak selaras formasi yang lebih tua lainnya.

### ***Struktur dan Tektonik***

Pegunungan Kulon Progo adalah sebuah kubah besar memanjang ke arah barat daya-timur laut, sepanjang 32 km, dan melebar ke arah tenggara-barat laut, selebar 15-20 km. Pada kaki-kaki pegunungan di sekeliling kubah tersebut banyak dijumpai sesar-sesar yang membentuk pola radial [8]. Pada kaki selatan Gunung Menoreh dijumpai adanya sinklinal dan sebuah sesar dengan arah barat-timur, yang memisahkan Gunung Menoreh dengan Gunung Ijo serta pada sekitar zona sesar [8]. Daerah Kulonprogo merupakan dataran tinggi yang dibatasi oleh tinggian Kebumen, dataran rendah Purworejo dan dataran rendah Yogyakarta. Aktivitas magmatisme di Kulonprogo bekisar antara 29-25 juta tahun yang lalu yang menghasilkan batuan andesitik dan basaltik [22]. Aktivitas ini dipicu oleh tektonik regional Pulau Jawa yang bisa dilihat pada Gambar 2. Selain itu lingkungan geologi genang air berkembang di kaki perbukitan Kulon Progo menghasilkan endapan-endapan batugamping [23].



Gambar 2. Tektonik regional Pulau Jawa [18]

**METODOLOGI**

Metode yang digunakan adalah pemetaan geologi dan pendataan elemen struktur geologi (diskripsi, pengukuran dan intepretasi) yang berskala 1 : 25.000 di sepanjang lintasan sungai dan jalan terpilih. Data struktur geologi tersebut selanjutnya diolah untuk analisis menentukan arah, gaya dan potensi patahan [7].

**HASIL PENELITIAN**

Penyelidikan geologi wilayah Kabupaten Kulonprogo meliputi Pola pengaliran, geomorfologi, stratigrafi lokal (litologi) dan struktur geologi. Hasil penyelidikan geologi tersebut secara lengkap diuraikan sebagai berikut:

**Geomorfologi**

Geomorfologi Kabupaten Kulonprogo khususnya daerah telitian dibedakan menjadi 3 satuan morfologi yaitu satuan morfologi perbukitan terjal, satuan morfologi perbukitan bergelombang dan satuan morfologi tubuh sungai (Gambar 3). pembagian satuan morfologi ini didasarkan pada pengamatan di lapangan dan hasil interpretasi peta topografi.

**Satuan Morfologi Perbukitan Terjal**

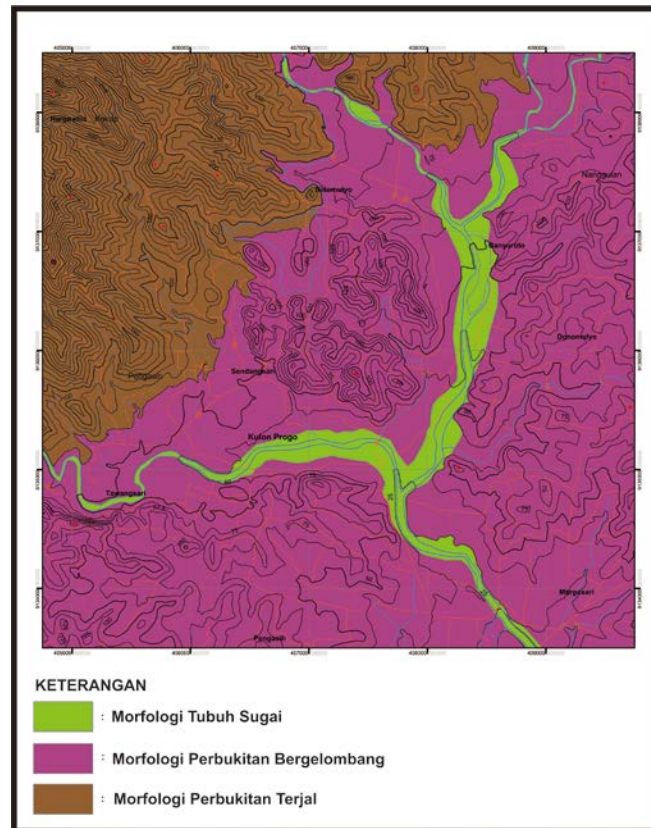
Satuan ini dicirikan dengan topogrifi kelerengan sedang hingga terjal. Satuan morfologi ini pada umumnya tersusun oleh satuan breksi vulkanik dan sedikit batugamping. Menempati barian barat laut – utara daerah telitian dan digunakan sebagai pemukiman dan perkebunan.

**Satuan Morfologi Perbukitan Bergelombang**

Satuan morfologi ini mempunyai kelerengan landai hingga sedang. Tersusun oleh batugamping dan sisipan batupasir dan batulempung. Menempati hampir 60% dari daerah telitian, tersebar dari tengah sampai bagian selatan daerah telitian. Umumnya digunakan sebagai pemukiman, persawahan dan perkebunan.

**Satuan Morfologi Tubuh Sungai**

Satuan ini dicirikan dengan kelerengan datar hingga landai. Tersusun oleh endapan aluvium dari proses fluviatil sungai Serang, tersebar memanjang mengikuti alur sungai dan menempati bagian tengah dari daerah telitian



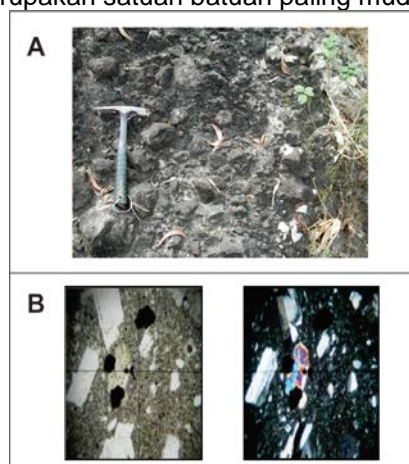
Gambar 3. Peta geomorfologi daerah telitian

### Stratigrafi

Secara litostartigrafi [24] daerah telitian dibagi menjadi 3 satuan batuan, dari tua ke muda yaitu satuan batuan breksi monomik, satuan batugamping, dan endapan aluvial, ditunjukkan pada Gambar 4. Satuan breksi monomik termasuk dari Formasi Kaligesing, pada kontak dengan satuan batugamping Formasi Sentolo terdapat sisipan batupasir. Satuan batugamping tersebar ditengah daerah telitian sampai ke selatan daerah telitian. Tersusun oleh kalsit, foraminifera besar, foraminifera planktonik dan lumpur karbonat. Dan sebagian kecil endapan aluvial yang dibawa oleh sungai Serang.

### Satuan Breksi Monomik

Satuan Breksi Monomik adalah satuan breksi yang fragmen dari batuanya terdiri dari satu macam litologi, merupakan satuan batuan paling muda.



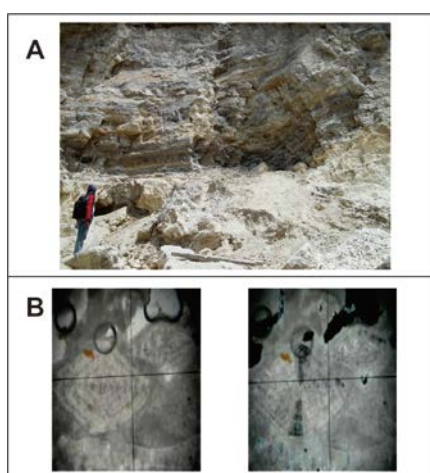
Gambar 4. A. Singkapan satuan Breksi Monomik. B. Hasil pengamatan mikroskopis fragmen Satuan Breksi Monomik yang menunjukkan fragmen dari satuan ini adalah Andesit.



Satuan ini secara spesifik terdiri dari berbagai macam litologi penyusun, antara lain breksi, batupasir sedang – kasar dan batupasir kerikil yang didominasi oleh litologi breksi dengan struktur masif. Breksi yang dijumpai memiliki karakteristik berwarna segar abu-abu gelap, warna lapuk coklat kemerahan, berukuran butir kerikil (0,2 cm–0,64cm) sampai dengan bongkah (25,6cm–204,8cm), butir menyudut, terpilah buruk, kemas terbuka, disusun oleh fragmen andesit dengan matriks yang dijumpai berupa pasir kasar sampai kerikil. Struktur sedimen yang dijumpai dari litologi ini adalah struktur sedimen masif. penyebarannya lateral arah barat - timur, arah kemiringan lapisan relatif ke arah selatan, dengan morfologi bergelombang kuat. ketebalan dari satuan batuan ini  $\pm$  500 m. Dari data regional, penarikan umur Satuan ini mengacu pada data regional yaitu diendapkan pada Kala Oligosen Akhir-Miosen Awal [14].

### **Satuan Batugamping**

Satuan ini tersusun oleh dominan batugamping klastik (batuan hasil rombakan dari batuan lain yang sudah mengalami transportasi dan sedimentasi) dengan ukuran buti lutit-arenit (lempungan-pasiran), dan sedikit batugamping terumbu.



Gambar 5. A. Singkapan Satuan Batugamping pada daerah telitian. B. Hasil pengamatan mikroskopis Satuan batugamping yang menunjukkan foraminifera besar dan foraminifera plakton sebagai penyusun satuan ini.

Berdasarkan ciri-ciri fisik didapatkan bahwa satuan ini memiliki karakteristik yang sama dengan Formasi Sentolo [19]. Satuan ini sangat mudah dikenali dari ciri litologi hasil dari rombakan dari batu asal baik itu batugamping terumbu maupun batugamping klastik itu sendiri dan memiliki komposisi kimia  $\text{CaCO}_3$  lebih dari 90%. Satuan batugamping klastik terdiri dari litologi kalkarenit, kalsilutit dan sisipan batulempung dengan struktur masif, perlapisan dan laminasi. Dalam penarikan umur satuan ini didasarkan pada kehadiran fosil plankton. Dari hasil analisa, didapatkan beberapa fosil plankton. Dengan pemodelan penarikan umur dari fosil planktonik [25] dari fosil – fosil tersebut didapatkan kisaran umur pada batuan ini adalah Miosen Akhir – Pliosen.

### **Satuan Endapan Aluvial**

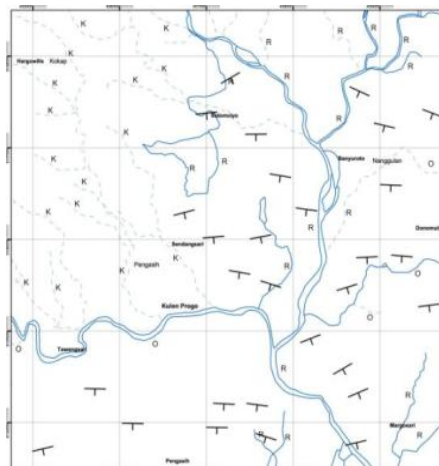
Terdiri dari material lepas, bongkah, berangkal, kerakal, kerikil, pasir, dan lempung. Tekstur disusun oleh hasil berbagai jenis rombakan batuan yang tidak terkonsolidasi. Tidak dijumpai adanya perlapisan atau struktur luar sedimen yang terletak di sekitar tubuh sungai dan di tubuh sungai itu sendiri. Ketebalan dari satuan endapan aluvial berdasarkan pengukuran tebal di lapangan adalah  $\pm$  1,5 m. Satuan Endapan Aluvial ini merupakan satuan yang termuda pada daerah penelitian, terbentuk pada Kala Holosen.



Gambar 6. Satuan endapan aluvial pada daerah telitian.

### ***Pola Pengaliran***

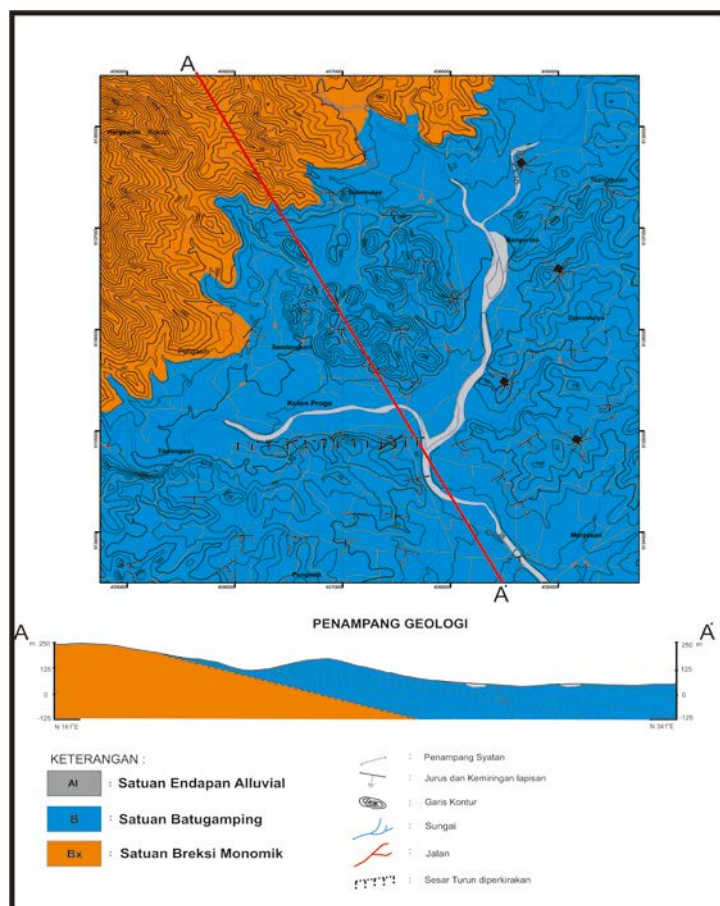
Berdasarkan pengamatan lapangan, interpretasi litologi dan peta geologi dan merujuk pada klasifikasi pola pengaliran [26] dapat disimpulkan bahwa pola aliran sungai yang berkembang pada daerah penelitian adalah pola pengaliran sub dendritik. Pola ini merupakan modifikasi pola dendritik, karena pengaruh dari topografi miring dan peran struktur yang kecil. Arah aliran dominan ke selatan atau searah dengan kemiringan lapisan batuan.



Gambar 7. Pola pengaliran atau hidrologi daerah telitian

### ***Struktur Geologi***

Berdasarkan pengamatan di lapangan data elemen struktur geologi di daerah telitian kurang berkembang. Struktur geologi yang ditemukan berupa kekar gerus dan kekar tarik pada satuan batugamping. Sedangkan pada satuan breksi monomik tidak ditemukan baik berupa kekar maupun sesar. Pendataan Kekar pada batugamping hasil analisa data kelurusan, berupa pembelokan arah sungai dengan arah yang cukup signifikan dan letak dari kekar maka didapatkan adanya patahan diperkirakan pada daerah telitian.



Gambar 8. Peta geologi daerah telitian.

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil kajian pemetaan geologi dan pemetaan struktur geologi di daerah Kulon progo didapatkan bahwa di daerah Kulon Progo tidak terdapat patahan aktif berumur kuartar. Kejadian tektonik yang terekam adalah berupa kekar atau rekahan akibat tektonik yang berumur Tersier yang terdapat di satuan batugamping. Pada satuan breksi monomik tidak didapatkan indikasi adanya proses tektonik. Secara stratigrafi satuan breksi monomik diendapkan secara tidak selaras dengan satuan batugamping. Sehingga kekar pada batugamping mempunyai umur lebih muda daripada umur satuan batugamping tersebut. Mengacu dari peraturan yang ada [4], diharuskan tapak dari instalasi nuklir terbebas dari potensi patahan atau patahan kapabel. Meskipun demikian, perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut mengenai sesar turun yang diperkirakan ada di daerah telitian dikarenakan keterbatasan data yang ada. Asumsi keberadaan sesar ini didapatkan dari analisis kekar dan pembelokan arah sungai. Pembelokan arah sungai sendiri perlu diteliti apakah karena faktor tektonik atau dikarenakan resistensi batuan.

Satuan breksi monomik di daerah telitian dapat berperan sebagai batuan dasar dalam penempatan pondasi instalasi nuklir. Litologinya tersusun oleh breksi, dan sisipan batupasir, tidak ditemukannya gejala tektonik pada satuan ini memenuhi kriteria dari peraturan pemilihan tapak untuk instalasi nuklir. Hidrologi di daerah batugamping umumnya dicirikan oleh keberadaan sungai bawah tanah yang pola alirannya sering berubah-ubah dan sulit untuk dideteksi sehingga dalam pemilihan tapak instalasi nuklir perlu mempertimbangkan aspek hidrogeologi secara mendalam karena dikawatirkan apabila terjadi kebocoran dari instalasi nuklir ke lingkungan akan sulit dideteksi [27]. Tatanan hidrologi yang berkembang di daerah telitian tidak mengindikasikan adanya pola sungai bawah tanah. Hal ini dicirikan oleh pola pengaliran di daerah ini yang berbentuk sub-denritik. Hal ini dikarenakan batugamping pada daerah telitian adalah batugamping klastik atau batugamping hasil rombakan dari batugamping terumbu atau batugamping yang sudah ada sebelumnya, dan sudah mengalami proses transportasi dan pengendapan kembali. Hal ini dapat dilihat pada bentuk foraminifera yang sudah pecah-pecah dan tidak utuh.



## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi di daerah Kulon Progo dapat disimpulkan daerah telitian merupakan daerah perbukitan dengan lereng landai-terjal. Secara stratigrafi satuan batuan yang menyusun daerah telitian berturut-turut dari tua ke muda adalah Satuan breksi polemik, satuan batugamping dan satuan endapan alluvial. Elemen Struktur geologi yang berkembang kekar-kekar yang berarah relatif tenggara. Berdasarkan kajian geologi satuan batuan yang ada tergolong kompak, padat dan berumur tua, hal memenuhi kriteria sebagai tapak potensial instalasi nuklir. Pada daerah selatan daerah telitian ditemukan adanya indikasi sesar turun, namun diperlukan data-data lebih banyak dan penelitian lebih lanjut untuk keaktifan sesar ini. Secara geologi daerah telitian bagian utara siap untuk dikembangkan sebagai alternatif calon tapak instalasi nuklir.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Kepala Bidang KDT, Dr. Sunarko, yang telah memberikan arahan dalam penulisan makalah ini dan Universitas pembangunan Nasional 'Veteran' Yogyakarta yang telah memberikan fasilitas laboratorium untuk melakukan analisa sampel dalam penulisan makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] IAEA, "Site survey for Nuclear Power Plants"; IAEA Safety Standards Series No. 50-SG-S9, Vienna, 1984.
- [2] IAEA, "Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear instalations"; IAEA Safety Standards Series No.SSG-9, Vienna 2010.
- [3] BAPETEN, Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2014 Tentang "Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir", Jakarta, 2014.
- [4] BAPETEN, Peraturan Pemerintah Nomor 1, "Evaluasi Tapak Reaktor Daya Untuk Aspek Kegempaan", Jakarta, 2008.
- [5] BAPETEN, Peraturan Pemerintah Nomor 4, "Evaluasi Tapak Reaktor Daya Untuk Aspek Geoteknik dan Pondasi", Jakarta, 2008.
- [6] BAPETEN, Peraturan Pemerintah Nomor 4, "Evaluasi Tapak Reaktor Daya Untuk Aspek Meteorologi dan Hidrologi", Jakarta, 2014.
- [7] Hilmi F dan Haryanto., "Pola Struktur Regional Jawa Barat", Bulletin of Scientific Contribution, Volume 6, No 1, pp.57-66, 2008.
- [8] Barianto, D.H., Kuncoro, P., Watanabe, K., "The Use of Foraminifera Fossils for Reconstructing the Yogyakarta Graben", Yogyakarta, Indonesia, Journal of South East Asian Applied Geology, , Vol 2(2), pp 138-143, 2010.
- [9] Bronto. Sutikno, "Genesis Endapan Alluvium Dataran Purworejo Jawa Tengah, Implikasinya Terhadap Sumber Daya Geologi", Jurnal Geologi Indonesia, Vol 2 No 4, pp207-215, Desember 2007.
- [10] Hartono, H.G. dan Pambudi, S., 2015, Gunung Api Purba Mujil, Kulonprogo, Yogyakarta: Suatu Bukti dan Pemikiran, Prosiding ReTII ke 10, STTNAS Yogyakarta
- [11] Pringgoprawiro,H. dan Riyanto, B., "Formasi Andesit Tua suatu Revisi",Bandung Inst.Technologi, Dept.Geol.Contr., 1 -29, 1988.
- [12] Pringgoprawiro H., "On the age of the Sentolo Formation based onplanctonic foraminifera", Bandung Inst.Technology, Dept.Geol.Contr., No.64, 5-21, 1969
- [13] Purnamaningsih, S. dan Pringgoprawiro, H., "Stratigraphy and planktonicforaminifera of the Eocene-Oligocene Nanggulan Formation, Central Java", Geol.Res.Dev.Centre Pal.Ser. Bandung,Indonesia, No. 1, 9-28, 1981.
- [14] Astuti. Bernadeta. dkk, "Analisis Struktur Geologi Jalur Kali Watupuru dan Kali Songgo Daerah Degan Kulon Progo, fan Implikasinya Terhadap Penyebaran Batupasir kuarsa Formasi Nanggulan yang Berpotensi Sebagai Reservoar ", Prosiding Seminar Nasional Ke 3, Fakultas Teknik Geologi,Universitas Padjajaran, 2016.
- [15] Soeria Atmadja R., Maury R.C., Bellon H., Pringgoprawiro H., Polve M. Dan Priadi B., "The Tertiary Magmatic Belts in Java, Proc Symp. On Dynamics of Subduction and it products", The silver Jubilec Indom. Inst.Of Sci (LIPI), 98-121, 1994.
- [16] Widagdo Asmoro, dkk. "Kajian Pendahuluan Kontrol Struktur Geologi Terhadap Sebaran Batuan-Batuan di daerah Pegunungan Kulonprogo-Yogyakarta". Prosiding Seminar Nasional kebumian ke 9, Universitas Gajah Mada, 2016.

- [17] Tim Pusat Studi Gempa Nasional, "Peta Sumber Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017", Pusat Penelitian Pengembangan Perumahan, Kementrian PUPR, 2017
- [18] D. Karnawati, et.al., "Geology of Yogyakarta, Java: The dynamic volcanic arc city" Proccedings International Assosiation for Engineering Geology and Environtment. Geological Survey of Indonesia, 1 -15.
- [19] Pandita. Hita, dkk, "Kajian Biostratigrafi dan Fasies Formasi Sentolo Di Daerah Galuhrejo dan Ngaran Kabupaten Bantul Untuk Mengidentifikasi Keberadaan Sesar Progo" Prosiding Seminar Nasional Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjajaran, 2014.
- [20] Suwarno. Yatin, "Analisis Potensi Wilayah Kabupaten Kulon Progo Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dari Ekstraksi Peta Geologi", Prosiding Seminar Nasional Geografi, Universitas Muhamadiyah Surakarta, 2017.
- [21] Harjanto. Agus, "Vulkanostartigrafi Di Daerah Kulon Progo dan Sekitarnya Daerah Istimewa Yogyakarta", Jurnal Ilmiah MTG, Vol 4 No 2, Juli 2011.
- [22] Mulyaningsih. Sri, dkk, " Perkembangan Geologi pada Kuarter Awal sampai Masa Sejarah di Dataran Yogyakarta" Jurnal Geologi Indonesia, Vol 1 No 2 pp.103-113, Juni, 2006.
- [23] Martodjojo S., dan Djuhaeni, "Sandi Stratigrafi Indonesia, Komisi Sandi stratigrafi Indonesia", IAGI, Jakarta, 1 -36, 1996.
- [24] Pandita H, dkk., "Kajian Biostratigrafi Dan Fasies Formasi Sentolo di Daerah Guluhrejo dan Ngaran Kabupaten Bantul Untuk Mengidentifikasi Keberadaan Sesar Progo", Procceding Seminar Nasional Ke-3, FTG UNPAD, 2016.
- [25] Sukiyah E, et.al, " Tectonic Geomorphology of Upper Cimanuk Drainage Basin, West Java, Indonesia", International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology, Vol 8 No 3, pp.863-869, 2018.
- [26] Ngadenin, dkk. 'Studi Awal Geologi di Wilayah Kabupaten Pamekasan Untuk Mendukung Pemilihan Calon Tapak Instalasi Desalinasi Nuklir', Eksplorium,, Vol 35 No 1, pp. 29-42, Mei, 2014.

**DISKUSI/TANYA JAWAB :**

**1. PERTANYAAN :**

Dari data geologi, daerah mana yang menjadi tapak interest?

**JAWABAN :**

Tapak interest berada pada daerah utara penelitian, secara litologi merupakan batuan tersier yang cenderung masif, tidak terdapat kemungkinan patahan. Apabila instalansi nuklir membutuhkan water intake maka dapat dipertimbangkan daerah dekat sungai di daerah utara.