

**STUDI AWAL GEOLOGI DI WILAYAH KABUPATEN PAMEKASAN UNTUK  
MENDUKUNG PEMILIHAN CALON TAPAK INSTALASI DESALINASI NUKLIR*****PRELIMINARY GEOLOGICAL STUDY IN KABUPATEN PAMEKASAN AREA TO  
SUPPORT THE SELECTION OF CANDIDATE SITE OF  
NUCLEAR DESALINATION PLANT*****Ngadenin, Lilik Subiantoro, Kurnia Setiawan Widana**

Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir – BATAN

Jl. Lebak Bulus Raya No. 9, Ps. Jumat, Jakarta 12440

E-mail: ngadenin@batan.go.id

Naskah diterima: 18 Desember 2013, direvisi: 18 Maret 2014, disetujui: 28 April 2014

**ABSTRAK**

Daerah di sekitar pantai selatan Kabupaten Pamekasan merupakan salah satu alternatif lokasi calon tapak instalasi desalinasi nuklir. Gempa bumi tektonik berkekuatan 5 skala Richter pernah terjadi pada tahun 1949 di sekitar Sampang Madura, dengan pusat gempa di darat. Gempa bumi tersebut kemungkinan berhubungan dengan keberadaan sesar aktif di Pulau Madura. Lokasi calon tapak instalasi desalinasi nuklir harus bebas dari pengaruh sesar aktif. Penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi geologi dan mengetahui karakteristik tektonik termasuk sesar aktif guna mendukung penelitian calon tapak instalasi desalinasi nuklir di Pulau Madura. Metode yang digunakan adalah dengan pemetaan geologi berskala 1 : 50.000. Litologi penyusun di wilayah sepanjang pantai selatan Kabupaten Pamekasan adalah aluvium berumur Holosen dan satuan konglomerat berumur Plistosen. Hasil penelitian tidak menunjukkan adanya sesar aktif di wilayah tersebut. Calon tapak di lokasi ini secara geoteknik fondasi memiliki batuan dasar yang cukup dalam, sehingga konstruksi bangunan akan memerlukan biaya mahal.

**Kata kunci:** geologi, calon tapak, desalinasi nuklir, Pamekasan**ABSTRACT**

*The area around the southern coast Pamekasan is one of the candidates for the alternatives location of nuclear desalination plant site. In 1949 around Sampang Madura ever tectonic earthquake measuring 5 on the Richter scale with its epicenter on land. Tectonic earthquake with epicenter on land is likely related to the presence of active faults on the Madura island. Location prospective nuclear desalination plant site should be away or free of active faults. The study aimed to obtain geological information and find out the characteristics of tectonics including active fault to support site studies of nuclear desalination plant on the island of Madura. The method used is the geological mapping scale, 1 : 50,000. Lithology in the area along the south coast district Pamekasan is alluvium Holocene age and conglomerate units of Pleistocene age. There were no indications of active faults in the region. Candidates*

*site at this location is less attractive in terms of geotechnical foundation as can be ascertained bedrock will be found sufficient in that building construction will require expensive.*

**Keywords:** *geology, site candidate, nuclear desalination, Pamekasan*

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Berdasarkan kondisi geologi dan geografi, Pulau Madura merupakan wilayah yang mengalami kesulitan air bersih terutama pada musim kemarau. Setelah terealisasinya pembangunan jembatan Suramadu yang melintas di atas Selat Madura menghubungkan kota Surabaya dengan Bangkalan, pertumbuhan industri di Pulau Madura diperkirakan akan meningkat cukup pesat, sehingga memerlukan suplai tenaga listrik dan air bersih yang cukup besar. Selain itu, Pulau Madura merupakan wilayah penghasil garam yang menyuplai kebutuhan garam nasional maupun internasional. Salah satu cara dalam menanggulangi kesulitan air bersih dan peningkatan penggunaan tenaga listrik di Pulau Madura, diperlukan desalinasi air laut menjadi air tawar.

Pembangunan PLTN memerlukan lokasi tapak yang memenuhi persyaratan geologi yang stabil dalam jangka panjang, yaitu sekitar 50 tahun. Daerah di sekitar pantai selatan Kabupaten Pamekasan merupakan salah satu alternatif lokasi calon tapak yang cukup strategis karena terletak di sekitar ladang garam dan tidak terlalu jauh dari jaringan listrik utama Jawa – Madura<sup>[1]</sup>. Lokasi yang strategis ini akan ekonomis bila tapak instalasi desalinasi nuklir menghasilkan air bersih dan tenaga listrik yang diperlukan masyarakat di Pulau Madura. Selain itu, lumpur sisa desalinasi yang bersalinitas tinggi dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat garam oleh masyarakat atau industri garam setempat guna mendukung produksi garam nasional.

Guna menunjang rencana pembangunan instalasi desalinasi nuklir di Madura, diperlukan lokasi calon tapak yang stabil secara geologi dalam jangka panjang. Kestabilan geologi jangka panjang di negara busur kepulauan seperti Indonesia dipengaruhi antara lain oleh keberadaan sesar aktif dan aktivitas gunung berapi.

Data geologi yang ada memperlihatkan bahwa sejak jaman Tersier dimana Pulau Madura terbentuk hingga saat ini tidak terlihat adanya kegiatan gunung api, sedangkan sesar aktif kemungkinan dapat terbentuk di pulau ini. Sesar aktif merupakan salah satu faktor penolak utama dalam pemilihan calon tapak oleh karena itu tapak harus jauh atau bebas dari sesar aktif<sup>[2]</sup>. Hal ini disebabkan pengaruh langsung sesar aktif terhadap kerusakan fatal bangunan hingga saat ini belum bisa diatasi dengan teknologi. Pada tahun 1949 di sekitar Sampang, Madura pernah terjadi gempa bumi tektonik berkekuatan 5 skala Richter dengan pusat gempa di darat<sup>[3]</sup>. Terjadinya gempa bumi tektonik dengan pusat gempa di darat kemungkinan berhubungan dengan keberadaan sesar aktif di Pulau Madura. Lokasi calon tapak agar aman dari pengaruh sesar aktif tersebut memerlukan suatu penelitian untuk mengetahui keberadaan sesar aktif.

### **Tujuan**

Penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi geologi dan mengetahui karakteristik tektonik termasuk sesar aktif di wilayah Kabupaten Pamekasan guna

mendukung penelitian calon tapak instalasi desalinasi nuklir di Pulau Madura.

### Lokasi Penelitian

Secara administratif lokasi penelitian terletak di wilayah Kabupaten Pamekasan, Provinsi Jawa Timur meliputi wilayah Kecamatan Kadur, Larangan, Galis, Pademawu, Tlanakan, Proppo dan Pamekasan. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada koordinat  $113^{\circ}25'05''$  –

$113^{\circ}36'20''$  Bujur Timur dan  $7^{\circ}3'45''$  -  $7^{\circ}15'10''$  Lintang Selatan (Gambar 1).

### METODOLOGI

Metode yang digunakan adalah pemetaan geologi dan struktur geologi berskala 1 : 50.000 dengan cara pengamatan singkapan, pengukuran data struktur geologi di sepanjang lintasan sungai dan jalan terpilih. Data struktur geologi tersebut selanjutnya diplotkan dalam stereogram untuk analisis mikrotektonik<sup>[4]</sup>.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

### GEOLOGI REGIONAL

#### Fisiografi

Fisiografi Jawa Timur dan Madura secara umum dapat dikelompokkan menjadi empat zona yaitu zona Rembang – Madura, zona Kendeng, busur vulkanik saat ini dan zona Pegunungan Selatan<sup>[5]</sup> (Gambar 2). Zona Rembang – Madura merupakan punggungan terlipat dan membentuk antiklinorium memanjang arah barat – timur mulai dari Purwodadi, Jawa Tengah menerus ke daerah Tuban – Surabaya dan berakhir di Pulau Madura. Zona ini ditempati oleh sedimen klastik laut dangkal dan karbonat yang luas. Zona Kendeng merupakan antiklinorium yang

memanjang mulai dari Semarang ke arah timur sampai Surabaya. Zona ini pada umumnya dibentuk oleh endapan vulkanik, batupasir, batulempung dan napal. Busur vulkanik saat ini menempati bagian tengah Jawa Timur merupakan zona jajaran gunung api aktif saat ini yang memanjang dari barat ke timur dari Gunung Slamet, Sindoro, Merapi, Kelud, Semeru hingga Gunung Ijen. Zona Pegunungan Selatan merupakan busur vulkanik Eosen – Miosen yang terdiri atas endapan silisiklastik, vulkaniklastik, batuan karbonat dan vulkanik dengan kemiringan lapisan yang seragam ke arah selatan. Zona ini memanjang dari barat ke timur yaitu dari

Wonosari, Yogyakarta hingga daerah Blambangan, Jawa Timur. Zona ini umumnya mempunyai topografi yang dibentuk oleh batugamping, vulkanik dan sering dijumpai gejala karst.

### Stratigrafi

Secara regional tatanan stratigrafi di wilayah Kabupaten Pamekasan ditempati oleh batuan-batuan berumur dari Miosen Tengah hingga Kuartar. Adapun urutan stratigrafi dari tua ke muda ditampilkan pada Tabel 1<sup>[6,7]</sup>.

### Formasi Ngrayong

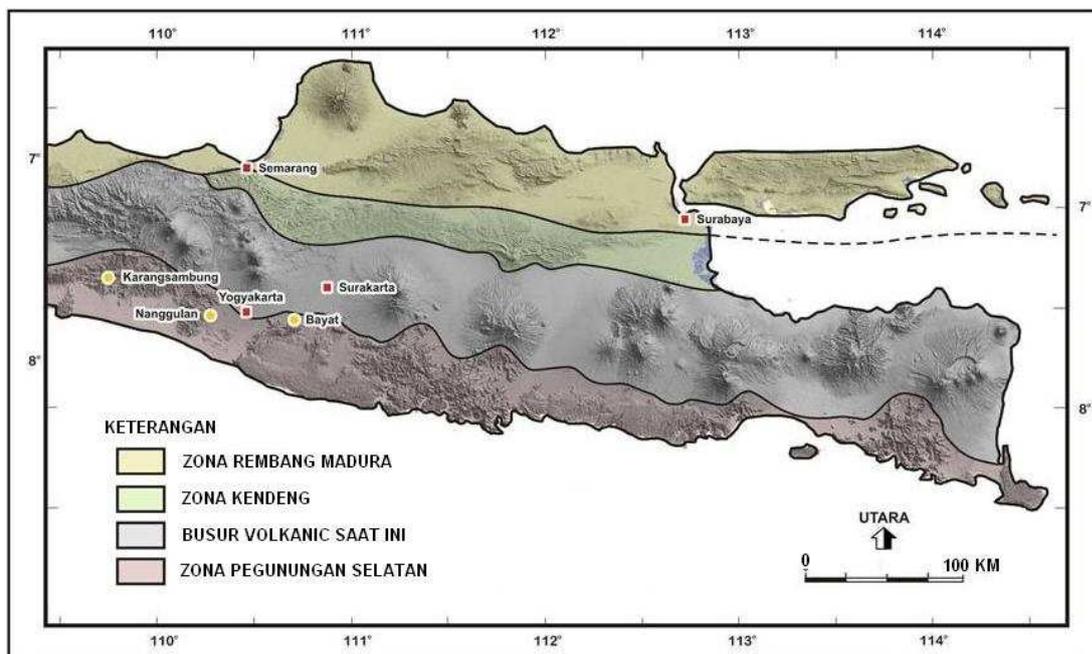
Formasi Ngrayong disusun oleh perselingan batupasir kuarsa dengan batugamping dan batulempung, berumur Miosen Tengah. Lingkungan pengendapannya berada pada *litoral* dengan ketebalan formasi berkisar 500 – 600 meter. Nama formasi ini pertama kali diajukan oleh Brouwer pada tahun 1917, dengan lokasi tipe Desa Ngrayong, Jatirogo, Jawa Timur.

### Formasi Bulu

Formasi Bulu diendapkan selaras di atas Formasi Ngrayong. Formasi ini disusun oleh batugamping dengan sisipan napal pasiran, berumur Miosen Tengah Atas di lingkungan pengendapan laut dangkal pada zona neritik tengah, dengan ketebalan formasi sekitar 200 meter. Nama formasi ini diusulkan oleh Pringgoprawiro pada tahun 1980, dengan lokasi tipe Desa Bulu, Rembang, Jawa Tengah.

### Formasi Madura

Formasi Madura diendapkan tidak selaras di atas Formasi Bulu, yang disusun oleh batugamping terumbu dan batugamping dolomitan, berumur Pliosen dan diendapkan pada lingkungan *litoral – sublitoral* yang bersifat terbuka, tenang dan hangat. Ketebalan Formasi Madura berkisar dari 100 - 250 meter. Nama formasi ini diusulkan oleh Bouwer pada tahun 1957.



Gambar 2. Fisiografi Jawa – Madura <sup>[5]</sup>.

Tabel 1. Stratigrafi Regional Kabupaten Pamekasan<sup>[6,7]</sup>

UMUR		FORMASI	KETERANGAN	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
KUARTER	HOLOSEN	ALUVIUM	Endapan sungai, pantai dan rawa terdiri dari pasir, lempung, lumpur, kerikil dan kerakal	
	PLISTOSEN	PAMEKASAN	Batulempung, batupasir kuarsa, konglomerat dan batugamping	Litoral - fluvial
TERSIER	PLIOSEN	MADURA	Batugamping terumbu, batugamping dolomitan, batugamping pasiran dan napal	Litoral -sub litoral yang bersifat terbuka, tenang dan hangat.
	MIOSEN AKHIR			
	MIOSEN TENGAH	BULU	Perselingan antara batugamping dan napal,	Laut dangkal zona neritik tengah
		NGRAYONG	Batupasir bersisipan batulempung, napal dan batugamping	Litoral
	MIOSEN AWAL			

### Formasi Pamekasan

Formasi Pamekasan diendapkan tidak selaras di atas Formasi Madura yang disusun oleh konglomerat, batupasir, batulempung dan batugamping, berumur Plistosen dengan lingkungan pengendapan *litoral – fluvial* dan mempunyai ketebalan berkisar 50 - 250 meter. Penamaan formasi ini pertama kali dilakukan oleh Kusumadinata pada tahun 1969 dengan lokasi tipe Kali Klueng, Pamekasan.

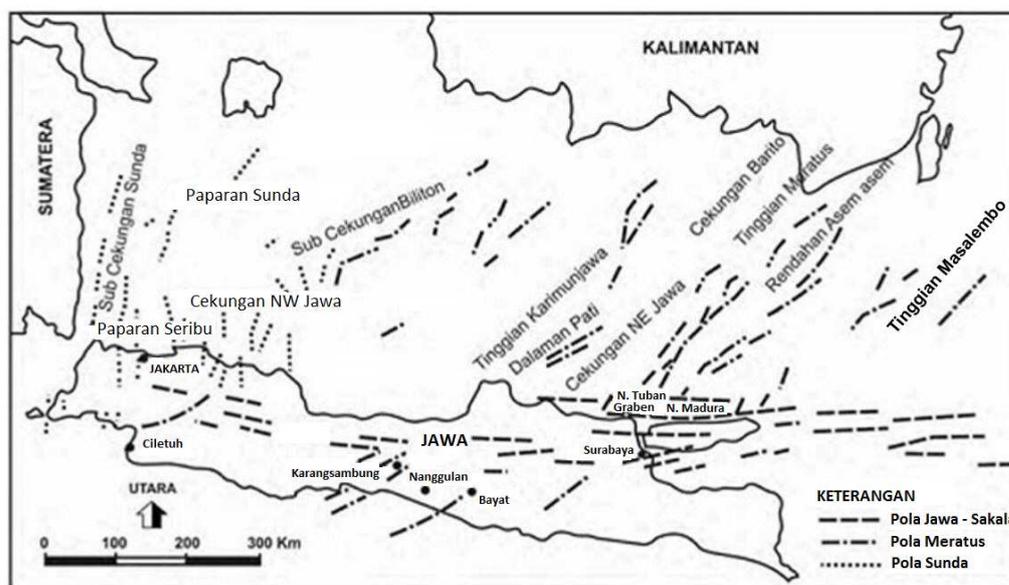
### Aluvium

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 Tektonika

Menurut kerangka tektonik regional, wilayah Pamekasan termasuk dalam Cekungan Jawa Timur. Cekungan ini merupakan Cekungan Belakang Busur yang dibatasi oleh Busur Karimun Jawa di sebelah barat, Tinggian Meratus di sebelah utara, Tinggian Masalembo di sebelah timur dan Jalur Perlipatan Selatan di sebelah selatan<sup>[8]</sup> (Gambar 3).

Sejarah tektonik Cekungan Jawa Timur dibedakan dari sejarah tektonik Jawa bagian barat dan tektonik wilayah Asia Tenggara. Daerah ini adalah tepian *Sundaland Craton* bagian tenggara, dimana batuan dasar merupakan kerak peralihan antara kerak benua dan samudera yaitu Kelompok *Melange* berumur Kapur hingga Tersier Bawah.



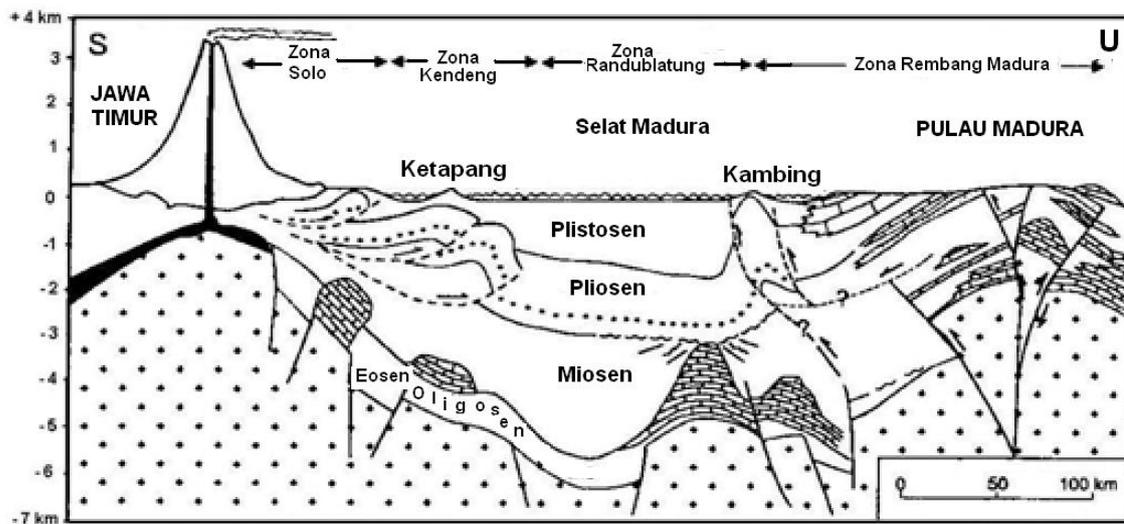
Gambar 3. Tektonik regional Cekungan Jawa Timur<sup>[8]</sup>.

Sejarah geologi terbentuknya Cekungan Jawa Timur merupakan hasil interaksi pergerakan Lempeng Samudera menumbuk Lempeng Benua yang menimbulkan 4 fase pengendapan sedimen Tersier di Cekungan Jawa Timur, yang merupakan perulangan antara pengangkatan (*extension*) dan penurunan cekungan (*subsidence*) sebagai berikut<sup>[9]</sup> (Gambar 4):

- Fase pengangkatan Oligosen Akhir – Miosen Awal  
Formasi Ngimbang, Kujung dan Prupuh terendapkan yang dicirikan oleh bentuk asimetri *half-graben* berarah timurlaut – baratdaya.
- Fase penurunan cekungan Miosen Awal  
Formasi Tawun terendapkan pada proses transgresi dan kenaikan muka laut.

- Fase pengangkatan Miosen Tengah  
Formasi Ngrayong dan Bulu terendapkan ketika kenaikan permukaan laut berhenti, proses transgresi dan sistem tinggian (*highland systems tracts*).
- Fase penurunan cekungan Miosen Akhir – Pliosen  
Formasi Pasean terendapkan dan diikuti pengendapan Formasi Madura yang berasosiasi dengan kenaikan permukaan laut, pada paparan laut dangkal terbuka dan tenang.

Fase pengangkatan aktif terjadi lagi pada Kala Plio-Plistosen dan menyebabkan cekungan ini mengalami pengangkatan, pelipatan dan penyesaran, disusul oleh erosi dan denudasi. Pengendapan Formasi Pamekasan pada lingkungan *fluvial* terjadi pada Kala Plistosen, aluvium dan *terumbu* Koral terbentuk pada Kala Holosen hingga sekarang.



Gambar 4. Penampang Cekungan Jawa Timur <sup>[9]</sup>.

## HASIL PENYELIDIKAN

### Geologi Pamekasan

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

### Geomorfologi

Wilayah Pamekasan dapat dibedakan menjadi tiga satuan morfologi yaitu satuan morfologi dataran rendah, satuan morfologi perbukitan bergelombang dan satuan morfologi perbukitan terjal (Gambar 5). Geomorfologi ini berdasarkan keadaan bentang alam yang dapat diamati di lapangan dan dikombinasi dengan hasil interpretasi peta topografi.

### Satuan Morfologi Dataran Rendah

Daerah satuan morfologi dataran rendah dicirikan oleh kelerengan topografi datar hingga landai dengan ketinggian berkisar antara 0-50 meter di atas permukaan laut. Satuan ini dibentuk oleh endapan aluvium dan satuan konglomerat, menempati

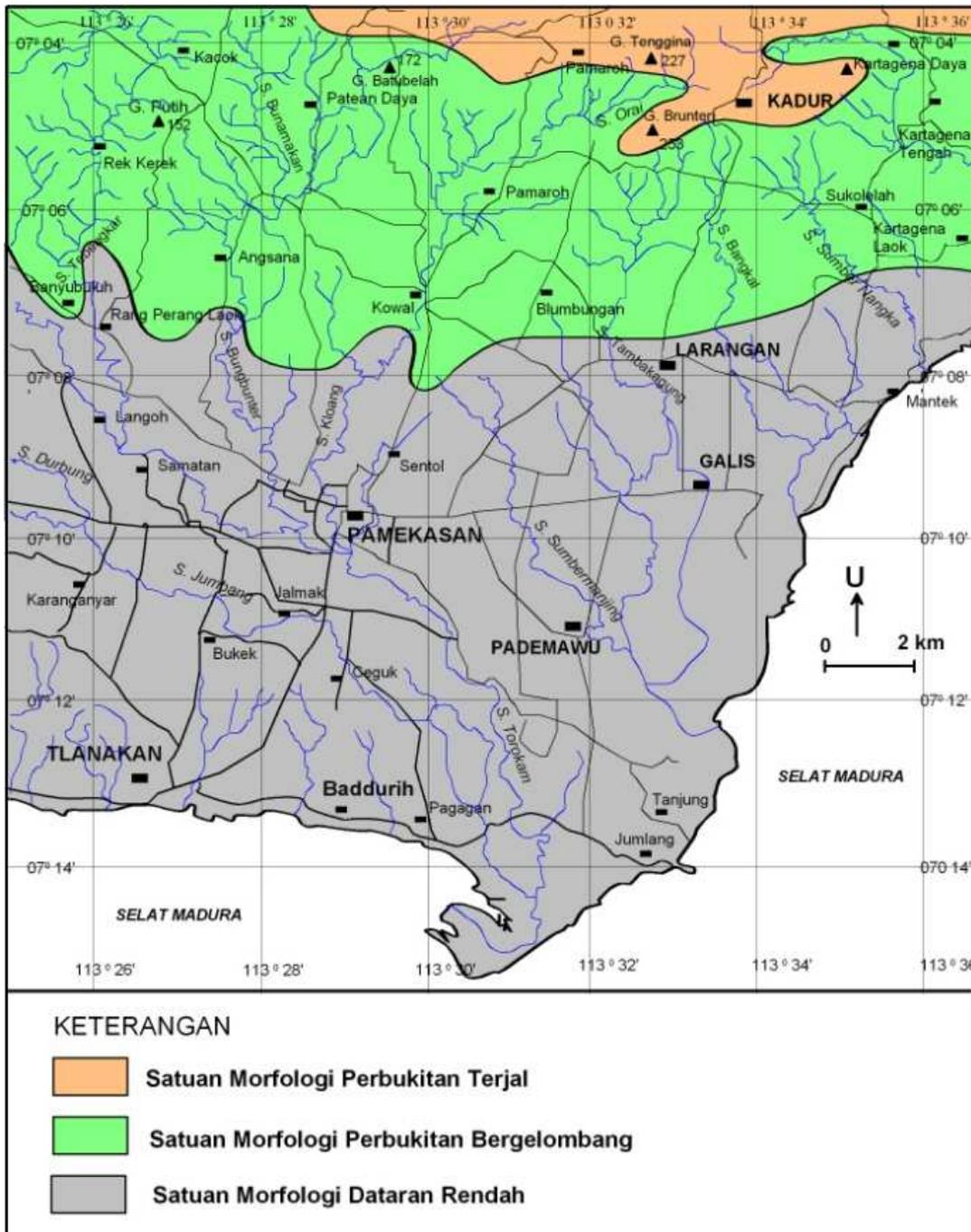
bagian tengah hingga selatan daerah penelitian dan dijadikan sebagai area perkotaan, persawahan, perkebunan dan tambak garam.

### Satuan Morfologi Perbukitan Bergelombang

Daerah satuan morfologi perbukitan bergelombang mempunyai kelerengan topografi landai hingga sedang dengan ketinggian berkisar antara 50 – 200 meter di atas permukaan laut. Satuan morfologi ini dibentuk oleh satuan batugamping terumbu dan satuan batupasir, menempati bagian tengah daerah penelitian dan umumnya dipergunakan sebagai persawahan, dan perkebunan.

### Satuan Morfologi Perbukitan Terjal

Daerah satuan morfologi perbukitan terjal dicirikan oleh kelerengan topografi sedang hingga terjal dengan elevasi lebih tinggi dari 200 meter di atas permukaan laut. Satuan morfologi ini dibentuk oleh satuan batugamping, menempati bagian utara daerah penelitian dan dipergunakan sebagai perkebunan.



Gambar 5. Peta geomorfologi wilayah Kabupaten Pamekasan.

### Stratigrafi

Secara litostratigrafi batuan di wilayah Kabupaten Pamekasan dapat dikelompokkan menjadi 5 satuan batuan berturut-turut dari tua ke muda seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

### Satuan Batupasir

Satuan Batupasir terdiri atas perselingan batupasir, batugamping dan batulempung. Batupasir, agak padat, berwarna coklat muda, ukuran butir pasir halus-sedang, menyudut tanggung, terpilah sedang, tersusun oleh kuarsa, felspar dan

mineral mika, tebal mencapai 5 meter, setempat berstruktur silang siur. Batugamping pasiran, berwarna putih keabu-abuan, ukuran butir pasir sedang-kasar, menyudut tanggung, terpilah sedang, tersusun oleh kalsit dan sedikit kuarsa, mengandung fosil foraminifera besar, moluska dan koral, berlapis baik dengan tebal mencapai 70 sentimeter. Batulempung, warna abu-abu kehijauan, agak kompak, tersusun oleh mineral lempung, mengandung oksida besi, mika, gipsum dan sisa tumbuhan, tebal mencapai 20 sentimeter. Secara regional Satuan Batupasir ini dapat dibandingkan dengan Formasi Ngrayong yang berumur Miosen Tengah.

#### **Satuan Batugamping**

Satuan batugamping tersusun oleh batugamping dengan sisipan napal pasiran. Batugamping berwarna abu-abu hingga coklat muda, padat dan berlapis baik antara 5 – 20 cm, berbutir pasir sedang – kasar, membulat tanggung, terpilah sedang, tersusun oleh kalsit, kuarsa dan sedikit glaukonit. Napal pasiran berwarna putih abu-abu, padat, tersusun oleh mineral lempung, kalsit, kuarsa, mengandung sedikit foraminifera. Secara regional Satuan Batugamping ini dapat dibandingkan dengan Formasi Bulu yang berumur Miosen Tengah bagian atas.

#### **Satuan Batugamping Terumbu**

Batuan-batuan yang menyusun satuan batugamping terumbu adalah batugamping terumbu dan batugamping dolomitan. Batugamping terumbu segar berwarna putih kecoklatan, lapuk berwarna abu-abu kemerahan, padat dan pejal, kristalin, permukaannya berongga dan tajam-tajam, tersusun oleh kalsit. Batugamping dolomitan

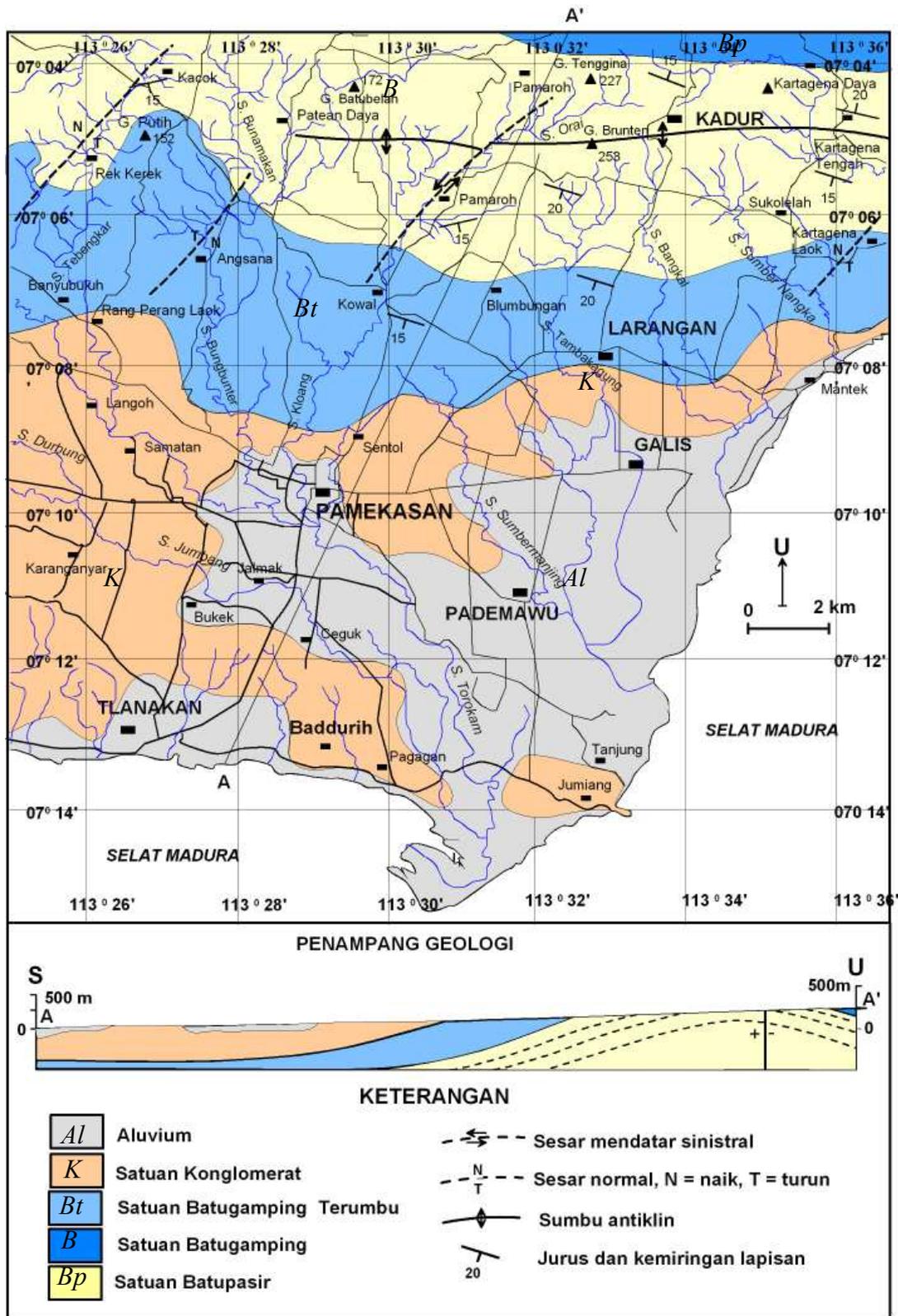
berwarna putih hingga kuning kecoklatan, tidak memperlihatkan perlapisan dibentuk oleh mineral kalsit dan dolomit. Secara regional Satuan Batugamping Terumbu sebanding dengan Formasi Madura yang berumur Miosen Akhir – Pliosen.

#### **Satuan Konglomerat**

Satuan konglomerat tersusun oleh konglomerat, batupasir, batulempung dan batugamping. Konglomerat, agak padat, warna coklat keabu-abuan, berbutir pasir kasar – kerakal, terpilah jelek, membulat, kemas terbuka, fragmen terdiri atas batugamping, batupasir dan kuarsa, masa dasar terdiri atas batupasir kasar tufaan, semen oksida besi. Batupasir, warna abu-abu kecoklatan, kurang kompak hingga agak padat, ukuran butir pasir halus – sedang, menyudut tanggung hingga membulat, terpilah sedang, tersusun oleh kuarsa, feldspar, kalsit dan fosil tumbuhan. Batulempung, berwarna putih kehijauan, agak kompak, tersusun oleh mineral lempung, setempat mengandung fosil moluska, tebal mencapai sekitar 1 meter, setempat dijumpai gipsum sekunder berbentuk lempengan dan serabut meniang dengan panjang 1 sentimeter. Batugamping, berwarna kelabu kecoklatan, berbutir pasir halus-sedang, menyudut tanggung hingga membulat tanggung, terpilah sedang, komposisi terdiri atas kalsit, tebal sekitar 25 sentimeter. Secara regional Satuan Konglomerat ini dapat dibandingkan dengan Formasi Pamekasan yang beumur Plistosen.

#### **Aluvium**

Aluvium merupakan campuran material lepas yang berukuran lempung, pasir, kerikil, kerakal. Aluvium merupakan hasil endapan sungai, pantai dan rawa.



Gambar 6. Peta geologi wilayah Kabupaten Pamekasan.

### Struktur Geologi

Struktur geologi yang berkembang di wilayah Kabupaten Pamekasan merupakan bagian dari struktur geologi umum Pulau Madura yang memanjang arah barat - timur. Struktur geologi tersebut adalah struktur perlipatan yang terpotong oleh sistem frakturasi. Hasil pengukuran perlapisan batuan di sekitar Desa Kadur dan di sekitar Sungai Orai menunjukkan bahwa perlipatan yang berkembang adalah antiklin, merupakan lipatan lemah simetri bersumbu barat – timur dengan kemiringan lapisan sayap utara dan selatan hampir sama yakni  $15^{\circ} - 20^{\circ}$  (Gambar 6 dan 7). Secara regional antiklin ini diperkirakan termasuk bagian dari Antiklin Kertagena.

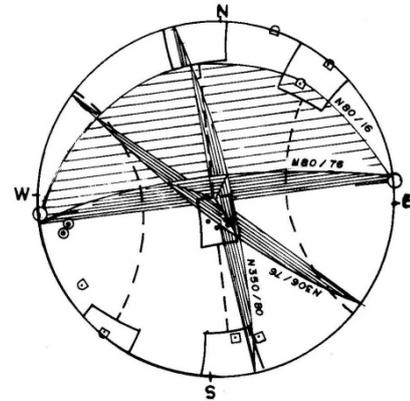
Hasil pengukuran fraktur di sekitar Desa Kadur dan di sekitar Sungai Orai menunjukkan bahwa frakturasi yang berkembang adalah fraktur yang terbentuk bersamaan dengan perlipatan (diaklas) yang terdiri atas diaklas transversal, longitudinal dan diagonal. Diaklas-diaklas tersebut dijumpai di Satuan Batupasir (Gambar 6 dan 7).

Hasil pengukuran fraktur di sekitar Desa Rek Kerek, Angsana, Kartagena Laok dan Pamaroh menunjukkan bahwa frakturasi yang berkembang adalah fraktur-fraktur yang terbentuk setelah perlipatan yang di beberapa tempat berkembang menjadi sesar.

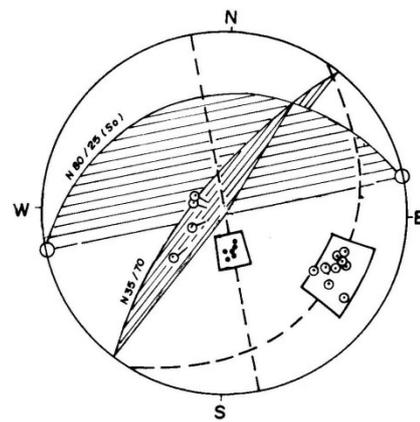
Sesar yang berkembang adalah sesar mendatar sinistral berarah utara timur laut – selatan barat daya di sekitar Desa Pamaroh (Gambar 6 dan 8) dan sesar-sesar normal berarah timur laut – barat daya di sekitar Desa Rek Kerek, Angsana dan Kartagena Laok (Gambar 6 dan 9).

Sesar-sesar tersebut hanya dijumpai di Satuan Batupasir, Satuan Batugamping Napal dan Satuan Batugamping Terumbu. Secara

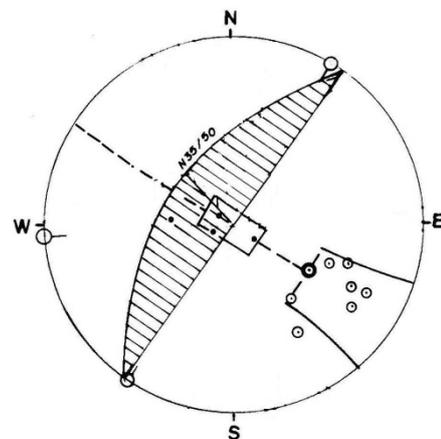
regional satuan-satuan batuan tersebut berumur Tersier. Di batuan-batuan berumur Kuartar tidak dijumpai adanya indikasi frakturasi.



Gambar 7. Stereogram sistem perlipatan dan diaklas penyertanya.



Gambar 8. Stereogram sistem sesar mendatar utara timur laut–selatan barat daya.



Gambar 9. Stereogram sistem sesar normal barat daya – timur laut

## **PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil pemetaan geologi terlihat bahwa secara umum di wilayah Kabupaten Pamekasan tidak terdapat indikasi adanya sesar aktif. Indikasi tektonik yang dijumpai adalah berupa perlipatan dan penyesaran. Indikasi tektonik berupa perlipatan dijumpai di Satuan Batupasir yang dicirikan oleh perlapisan batuan yang telah mengalami kemiringan sebagai akibat dari proses pengangkatan. Selain perlipatan, di daerah penelitian juga terbentuk rekahan yang terdiri atas rekahan yang terbentuk bersamaan atau satu sistem dengan perlipatan yang biasa disebut diaklas dan rekahan yang terbentuk setelah perlipatan. Di beberapa lokasi rekahan yang terbentuk setelah perlipatan telah berkembang menjadi sesar. Sesar yang berkembang adalah sesar mendatar sinistral berarah utara timur laut – selatan barat daya yang dijumpai di sekitar Desa Pamaroh dan sesar-sesar normal berarah timur laut – barat daya yang dijumpai di sekitar Desa Rek Kerek, Angsana dan Kartagena Laok. Sesar-sesar tersebut berumur Tersier sehingga tidak berhubungan dengan terjadinya gempa bumi di daratan. Sesar yang berhubungan dengan terjadinya gempa bumi di daratan adalah sesar aktif atau sesar yang berumur sekitar 10.000 tahun <sup>[11,12,13]</sup> seperti sesar Opak <sup>[14,15,16]</sup> dan sesar Cimandiri <sup>[17]</sup>.

Wilayah di sepanjang pantai selatan Kabupaten Pamekasan yang merupakan calon tapak instalasi desalinasi nuklir alternatif litologinya tersusun oleh aluvium dan satuan konglomerat. Umur dari aluvium adalah Holosen sedangkan umur satuan konglomerat adalah Plistosen. Di wilayah tersebut juga tidak terdapat adanya indikasi sesar aktif.

Mengenai keberadaan semburan lumpur panas Sidoarjo yang merupakan

fenomena alam *mud volcano* yang diperkirakan keluar melalui zona sesar yang teraktifasi <sup>[2]</sup>, apabila dihubungkan dengan pola struktur Jawa Timur yang berarah barat – timur yaitu pola struktur Jawa <sup>[9]</sup> atau pola struktur Sakala yang berkembang menjadi zona sesar mendatar RMKS (Rembang-Madura-Kangean-Sakala) <sup>[18]</sup> maka kelurusan dari sesar pada semburan lumpur panas Sidoarjo adalah terletak di laut di sebelah selatan wilayah Kabupaten Pamekasan. Umur dari zona sesar mendatar RMKS adalah Miosen <sup>[18]</sup> sehingga sesar ini bukan sebagai sesar aktif.

Walaupun tidak dijumpai sesar aktif sebagai pemicu gempa daratan tetapi apabila ditinjau dari umur batuan yang sangat muda yaitu Holosen dan Plistosen maka lokasi calon tapak di lokasi ini kurang menarik dari segi geoteknik fondasi karena dapat dipastikan batuan dasar akan dijumpai cukup dalam sehingga konstruksi bangunan akan memerlukan biaya mahal <sup>[19,20]</sup>.

Disamping itu pada satuan konglomerat terdapat litologi batugamping. Pada batugamping maka masalah hidrologi harus mendapat perhatian mendalam karena hidrologi pada daerah batugamping mempunyai karakteristik tersendiri <sup>[21]</sup>. 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 desalinasi nuklir perlu mempertimbangkan aspek hidrogeologi secara mendalam karena dikawatirkan apabila terjadi kebocoran dari instalasi nuklir ke lingkungan akan sulit mendeteksinya.

**KESIMPULAN**

Pemetaan geologi dan struktur geologi di wilayah Kabupaten Pamekasan disimpulkan satuan morfologi yaitu berupa satuan morfologi dataran rendah, satuan morfologi perbukitan bergelombang dan satuan morfologi perbukitan terjal. Secara stratigrafi satuan batuan berturut-turut dari tua ke muda adalah satuan batupasir, satuan batugamping, satuan batugamping terumbu dan aluvium. Struktur geologi yang berkembang di wilayah ini adalah struktur perlipatan (antiklin) yang terpotong oleh sistem frakturasi, yaitu fraktur yang terbentuk setelah perlipatan yang berkembang menjadi sesar. Sesar yang berkembang adalah sesar sinistral berarah utara timur laut - selatan barat daya dan sesar normal berarah timur laut – barat daya. Sesar-sesar tersebut dijumpai pada satuan batupasir dan batugamping.

Wilayah pantai selatan Kabupaten Pamekasan sebagai calon tapak instalasi desalinasi nuklir alternatif menunjukkan litologi yang tersusun atas aluvium berumur Holosen dan satuan konglomerat berumur Plistosen serta tidak terdapat indikasi adanya sesar aktif. Ditinjau dari aspek kegempaan maka daerah tersebut dianggap cukup aman dari pengaruh gempa bumi daratan, tetapi apabila ditinjau dari jenis litologinya yang tersusun oleh aluvium berumur Holosen dan satuan konglomerat berumur Plistosen maka di wilayah ini apabila akan didirikan instalasi desalinasi nuklir akan memerlukan biaya cukup mahal dari segi konstruksi bangunan.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. BATAN, IAEA, KAERI, "Preliminary Economic Feasibility Study of Nuclear Desalination in Madura Island Indonesia", Vienna, Austria, 2004 (tidak dipublikasikan).
2. IAEA, "Site Survey for Nuclear Power Plant, A Safety Guide", Vienna, Austria, 1984
3. SURONO, "Summary of Geology, Earthquakes and Tsunami of the East - Java Province and Madura", Workshop on Site Selection and Seismotectonics, Jakarta, 2002.
4. RUHLAND M. and GROLIER J., "Elements de Tectonique Analytique", Mason, Paris, New York, Barcelona, Milan, 1976.
5. BEMMELEN R.W. Van, "The Geology of Indonesia, Vol.IA", Martinus Nijhoff, The Hague, Netherland, 1949.
6. SITUMORANG R.L., AGUSTIANTO D.A. dan SUPARMAN M., "Peta Geologi Lembar Waru – Sumenep, Jawa, Skala 1 : 100.000", Puslitbang Geologi, Bandung, 1992
7. AZIZ S., SUTRISNO, NOYA Y., BRATA K., "Geologi Lembar Tanjungbumi dan Pamekasan, Jawa, Skala 1 : 100.000", Puslitbang Geologi, Bandung, 1993
8. PULUNGGONO, A. & MARTODJOJO, S., "Perubahan Tektonik Paleogen - Neogen Merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa", Proceeding Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa sejak Mesozoik Akhir hingga Kuartar, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta, 1994.
9. PERTAMINA, "Petroleum Geology of Indonesia Basins, Volume IV East Java Basins", Jakarta, 1996.
10. LEE H. IM C. B, SHIM T. M., CHOI H. S., NOH M. and JEONG J.H., "Technical Backgrounds Of Active Fault Definitions Used For Nuclear Facility Siting: A

- Review”, *Geophysical Research*, Vol. 8, 09228, 2006 European Geosciences Union, 2006
11. CHRISTENSON G.E., BATATIAN L.D., and NELSON C.V., “Guidelines For Evaluating Surface-Fault-Rupture Hazards In Utah”, Miscellaneous Publication, Utah Geological Survey, Utah Department of Natural Resources, ISBN 1-55791-696-9, 2003
  12. BURTON S.D., and CRAIG D., “Evaluation of Active Faulting and Associated Hazards. Active Tectonics: Impact on Society”, The National Academies Press. pp. 45–48. ISBN 978-0-309-07395-0, 1986
  13. KOMPAS.COM., “Gempa di Bantul Bukti Sesar Opak Masih Aktif”, 17 Nop 2011
  14. NURWIDYANTO M.I., KIRBANI S. B., WALUYO, SISMANTO, “Studi Pendahuluan Sesar Opak dengan Metode Gravity (Study Kasus Daerah Sekitar Pleret Bantul)”, *Berkala Fisika* ISSN : 1410 – 9662 Vol. 14, No. 1, Januari 2011, hal 11- 16
  15. NURWIDYANTO M. I., TONY Y. SUGENG W., “Pemetaan Sesar Opak dengan Metode Gravity (Studi Kasus Daerah Parang-Tritis dan Sekitarnya)”, *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng & DIY*, Semarang 10 April 2010
  16. SUPARTOYO, “Tektonik Aktif Sesar Cimandiri, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat”, Thesis Master, ITB, Bandung, 2008
  17. FAILLACE G.A., ASCE M., “Foundation Considerations for a Nuclear Power Plant”, *Journal of the Construction Division*, Vol. 101, No. 1, March 1975, pp. 165-181
  18. IAEA., “Geotechnical Aspect of Site Evaluation and Foundation for Nuclear Power Plant: Safety Guide, Vienna, 2006
  19. IAEA “Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations” Safety Standards Series No. Ssg-18, Vienna, 2011