

KAJIAN ASPEK KESELAMATAN TAPAK PLTN DI UJUNGLEMAHABANG, SEBAGAI LOKASI YANG AMAN DARI BAHAYA KEJADIAN EKTERNAL ALAMIAH

Hadi Suntoko

Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN) - BATAN
Jl. Abdul Rohim Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta 12710
Telp./Faks.: 021-5204243, Email: suntoko@yahoo.com

Masuk: 1 April 2010

Direvisi: 10 Mei 2010

Diterima: 1 Juni 2010

ABSTRAK

KAJIAN ASPEK KESELAMATAN TAPAK PLTN UJUNG LEMAHABANG SEBAGAI LOKASI YANG AMAN DARI BAHAYA KEJADIAN EKTERNAL ALAMIAH. *Evaluasi tapak menjadi sangat penting ketika calon tapak berada di wilayah yang memiliki sejarah kegempaan, pensesaran dan kegunungapian. Ketiga aspek tersebut merupakan bagian aspek keselamatan tapak Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang harus dikaji keberadaannya dengan tujuan untuk memperoleh tapak yang aman berdasarkan metode yang disarankan oleh International Agency Energy Atomic (IAEA). Standar yang dimaksud meliputi safety guide No. NS-R-3, (2003), dan No. S-G-S9 (1989). Dalam standar tersebut disebutkan antara lain tidak adanya pensesaran permukaan yang menuju ke tapak, tapak mempunyai tingkat kegempaan rendah, dan jauh dari lokasi gunungapi aktif. Kejadian alamiah yang tidak dapat ditanggulangi dengan teknologi saat ini merupakan faktor eklusi sehingga harus benar-benar dikaji secara komperhensif. Hasil kajian menunjukkan bahwa tapak Ujung Lemahabang berada di lokasi yang aman dari bahaya kejadian eksternal alamiah.*

Kata kunci: aspek keselamatan, faktor kelayakan, safety guide IAEA

ABSTRACT

STUDY OF NPP SITE SAFETY ASPECT AT UJUNG LEMAHABANG AS AN ACCEPTABLE A LOCATION AGAINST NATURAL EXTERNAL EVENTS. *Site evaluation is significant when candidate site is located at a place that has a historical earthquakes, surface faulting, and volcanoes. All the above aspects are part of the site safety aspect of Nuclear Power Plant (NPP) that should be assessed with objective to obtain the site safety level based on the IAEA guide line including of safety guide NS-R-3, (2003) dan S-G-S9, (1989). In the safety guide it is mentioned that the site should be free from surface faulting of fault to ward the site, intensity & frequancy of an earthquakes is relatively low, far from the volcano activities. Natural external events that there is no technology solution is an eclusion factor so the site should be assessed comperhensively. The result shows that ULA site is the area which safe from natural external events.*

Keyword: Safety aspect, feasibility factor, safety guide IAEA

1. PENDAHULUAN

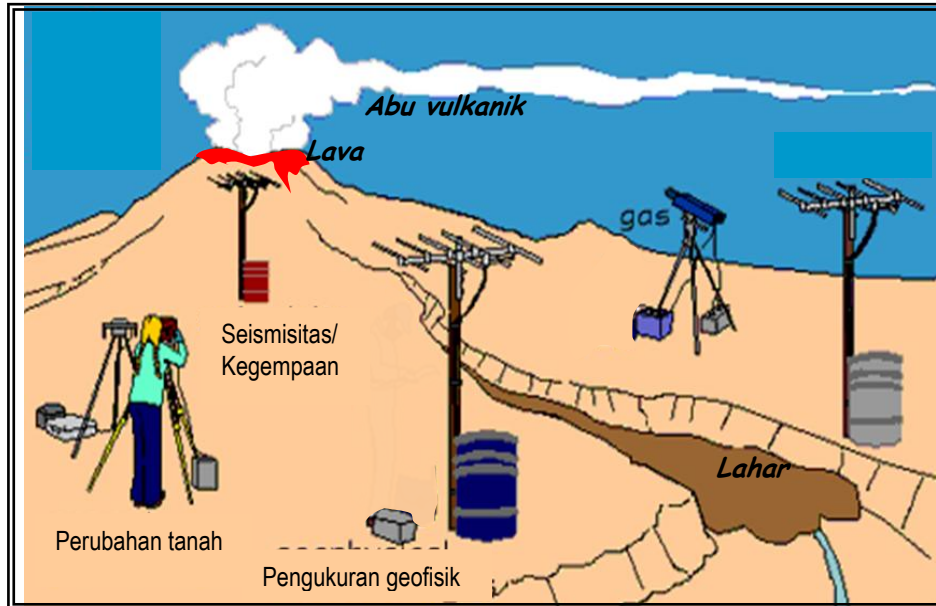
Dalam rangka memenuhi kebutuhan energi nasional, pemerintah melakukan kajian energi alternatif antara lain energi nuklir. BATAN sebagai lembaga yang bertanggung jawab terhadap pengembangan teknologi nuklir di Indonesia berupaya mendukung kebijakan tersebut melalui penyiapan lokasi/tapak dengan melakukan pemilihan lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang cocok, dan aman terutama di pulau Jawa. Kegiatan pemilihan tapak merupakan kegiatan penting dalam program pengembangan energi nuklir,

dimulai dari identifikasi, karakterisasi teknis yang memenuhi kriteria atau yang dapat mengakomodasi dalam rancang bangun PLTN. Proses ini menjadi penting manakala dilakukan dalam wilayah yang mempunyai sejarah gunung apian aktif dan daerah kegempaan seperti di Indonesia. Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pemilihan tapak antara lain tahap pra-survei, survei tapak, evaluasi tapak dan pra operasional. Berdasarkan tahapan tersebut diharapkan memperoleh tapak yang aman, layak dan cocok sesuai aspek keselamatan dan non-keselamatan serta standar yang berlaku. Secara umum proses pemilihan tapak akan melibatkan berbagai disiplin ilmu yang dikaji secara komperhensif dan melibatkan berbagai institusi yang berkompeten baik dari luar maupun dalam negeri dengan standar mengacu pada keselamatan nuklir yang dipublikasikan oleh IAEA yaitu *Safety Standard Series* No. NS-R-3, 2003 *site evaluation*. Kegiatan ini merupakan kajian ulang dan pemutahiran (*updating*) analisis dengan data yang dikumpulkan. Pemilihan tapak PLTN di P. Jawa berhasil diselesaikan tahun 1996 oleh konsultan dengan kesimpulan bahwa Ujung Lemahabang (ULA) adalah tapak terbaik, terletak di Desa Balong, Kecamatan Kembang, Kabupaten Jepara. Sedangkan tapak alternatif lainnya adalah Ujung Genggengan dan Ujung Watu yang masih berada di Semenanjung Muria, Jawa Tengah.

Salah satu sasaran kajian ini adalah melakukan analisis keselamatan tapak meliputi aspek pensesaran permukaan, kegunungapian, dan kegempaan di wilayah Muria dan sekitarnya. Keselamatan tapak dimaksudkan untuk mengetahui nilai karakteristik teknis yang dapat diakomodasi dalam rancang bangun, karena tapak PLTN ULA masih termasuk dalam wilayah kaki gunung api yang sudah tidak aktif, dan gempa. Sedangkan skala strategis diacu dari faktor kelayakan dan kecocokan yang mempertimbangkan tapak dari kemungkinan adanya gunung api aktif serta percepatan tanah dengan menggunakan pendekatan metode perbandingan nilai.

2. KESELAMATAN TAPAK PLTN

Tapak PLTN yang baik adalah tapak yang terhindar dari kejadian/fenomena alamiah bersifat merusak (*natual external events*). Aspek alamiah yang merusak antara lain adanya letusan gunung api, sesar aktif, dan gempa dangkal yang besar. Disamping itu kejadian eksternal juga dapat timbul akibat oleh kegiatan manusia (*human induced event*) seperti ledakan pabrik kimia, militer, dan jatuhnya pesawat terbang. Kerusakan-kerusakan akibat kegiatan alam dapat dipertimbangkan melalui data sejarah, analisis, dan kajian. Salah satu kejadian alamiah gunung api aktif dapat diindikasikan dengan adanya piroklastik, epiklastik, lava, lahar, gas, dan debu secara periodik. Sedangkan gunung api tidak aktif (*dormant*) adalah gunung api yang tidak lagi mengeluarkan material tersebut, berumur tua (> 5 juta tahun). Umumnya endapan gunung api dapat ditemukan hingga mencapai puluhan kilometer dari sumber letusan, dan tergantung jenis endapan yang dibawa, bahkan material abu vulkanik dapat mencapai hingga ratusan kilometer. Aktivitas gunung api dapat dikenali dari data umur (lava, batuan, paleosoil), stratigrafi dan gas, sehingga dapat diketahui status gunung api, apakah aktif, *capable*, atau mati (Gambar 1). Daerah/kawasan gunung api yang aktif dalam radius 3-5 km tidak diizinkan adanya industri karena bahaya aliran lava, lahar, awan panas, dan debu vulkanik yang tidak hanya membahayakan infra struktur namun juga manusianya.



Gambar 1. Kondisi Gunung Api Aktif dan Alat Pemantau

Gempa tektonik maupun vulkanik dapat merusak tatanan kehidupan yang ada di atas bumi, terutama gempa dangkal yang memiliki magnitudo >4 skala Richter, dan nilai MMI (Modified Mercalli intensity) yang memiliki skala >4 dari tingkat kerusakan. Secara umum gempa dapat diketahui dari patahan aktif, jalur gunung api aktif, dan catatan sejarah gempa yang tergantung pada sumber gempa, lokasi, panjang atau jarak sesar yang dapat mempengaruhi lokasi sehingga dari gempa tersebut dapat diketahui nilai percepatan tanah yang dihitung dalam satuan gal, atau g, dimana tapak yang memiliki nilai percepatan tanah di atas 400 gal dikategorikan sebagai tapak yang tidak layak.

2.1. Kelayakan Aspek Kejadian Alamiah Tapak PLTN

Kajian tapak menggunakan metode pemeringkatan berdasarkan parameter skala kelayakan yang berhubungan dengan aspek pensesaran permukaan, kegempaan, dan kegunungapian. Tapak yang memiliki nilai skala karakteristik akan dipertimbangkan sesuai standar acuan.

Salah satu langkah pelaksanaan metode dengan mengidentifikasi parameter teknis dapat diketahui melalui kondisi gunung api, dimana gunung api yang tidak aktif mendapatkan peringkat skala penilaian baik, sedangkan gunung api yang berada di posisi *capable* (mampu aktif kembali) akan dikaji berdasarkan deterministik dan probabilistik. Data deterministik meliputi data umur, sejarah letusan, paleosoil, dan tipe magma, sedangkan probabilistik diketahui dari perhitungan nilai probabilistik (NP), yang memerlukan kombinasi analisis geologi, simulasi numerik, dan analisis statistik-probabilistik. Prakiraan bahaya terhadap tapak diformulasikan berdasarkan pada perulangan aktivitas gunungapi. Tingkat resiko terhadap pembangkit energi nuklir, haruslah serendah mungkin, pada orde 10^{-8} hingga 10^{-4} per tahun, bila menghasilkan $NP > 10^{-4}$ (dalam repos interval 100 tahun) dapat diinterpretasikan sebagai nilai yang tinggi, dan tapak yang layak diharapkan mempunyai $NP < 10^{-4}$ dalam repos interval 100 tahun, (Mc. Birney et al., 2003).

Parameter teknis lainnya seperti pensesaran permukaan dan kegempaan dapat dikenali dari distribusi getaran tanah baik secara regional maupun lokal, bersumber dari catatan sejarah nasional dan internasional. Untuk memberikan nilai kegempaan sesuai

dengan kajian kelayakan dan standar tapak, maka skala penilaian didasarkan dari nilai percepatan tanah, Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Peringkat Kelayakan Tapak PLTN

No	Aspek Kajian	Parameter	Persyaratan Jangkauan	Faktor Kelayakan										
				Faktor Keselamatan					Faktor Non-Keselamatan					
				Fkt Tertlk	Fkt Tdk Tertolak									
	sk	k	c	b	sb	sk	k	c	b	sb				
1	Kegunung- apian	Ga aktif	Aktif	x										
		Ga <i>capable</i>	Deterministik (ya)			x								
			Probabilistik (ya)	x										
		Ga mati								x				
2	Pensesaran permukaan	Sesar aktif	Memotong Tapak	x										
		Sesar <i>capable</i>	>400 gal			x								
			300-400 gal				x							
			200-300 gal						x					
			100-200 gal							x				
	Sesar mati									x				
3	Kegempaan	Percepatan tanah di tapak	>400 gal			x								
			300-400 gal				x							
			200-300 gal						x					
			100-200 gal								x			

sk (sangat kurang), k(kurang), c(cukup), b(baik), sb(sangat baik), Fkt Tertlk(faktor tertolak)

Tapak yang layak merupakan tapak yang aman terhadap seluruh aspek kejadian alamiah yang memiliki nilai persyaratan jangkauan menengah sampai kecil, terhindar dari faktor tertolak dan termasuk memiliki faktor keselamatan sangat baik sampai dengan cukup (Tabel 1).

3. PEMBAHASAN

3.1. Sejarah Pemilihan Tapak PLTN

Pemilihan tapak PLTN dimulai dari kegiatan diskusi Karangates 1975, menghasilkan 5 calon lokasi di antara 14 lokasi (Gambar 2) yang diusulkan untuk tapak PLTN. Kelima lokasi tersebut yakni: Tanjung Pujut, Parigi, Muria, Lasem dan Situbondo. Kemudian disepakati lima lokasi ini perlu dilakukan penelitian yang menghasilkan 2 lokasi terbaik yaitu Ujung Watu, Keling di Semenanjung Muria dan Sluke di Lasem.

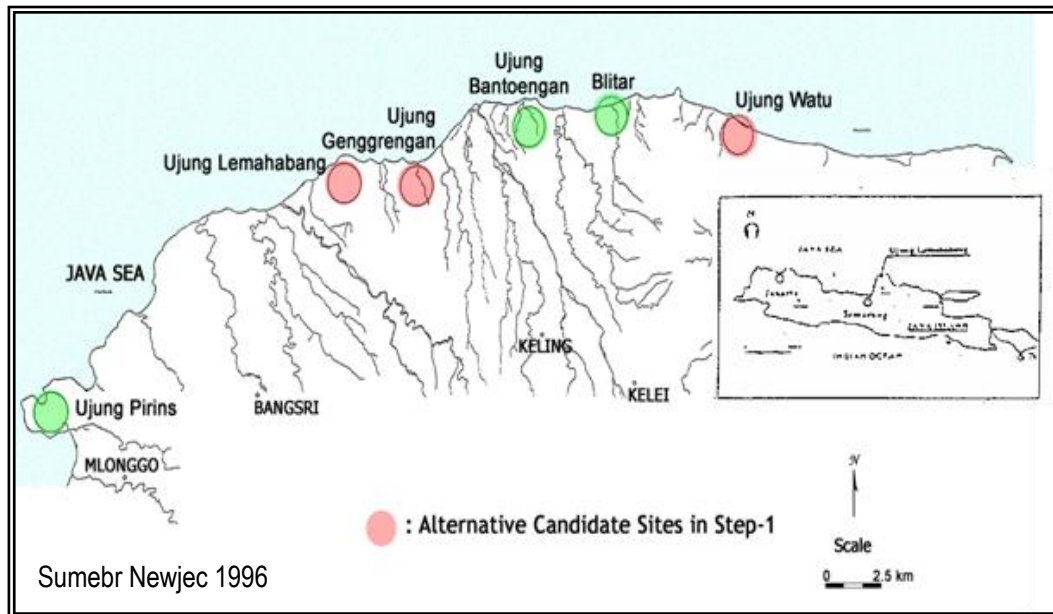


Gambar 2. Lima Calon Lokasi di Antara 14 Lokasi Hasil Karangkates 1975

Pada Oktober 1975, IAEA telah melakukan kajian serta memberikan konfirmasi bahwa kedua lokasi tersebut merupakan tapak potensi sebagai lokasi PLTN. Pada tahun 1982, BATAN bersama NIRA (Italia) melakukan kajian lokasi tersebut diatas dalam rangka *external of feasibility study Nuclear Site Survey* menyimpulkan bahwa desa Ujung Watu Kecamatan, Keling Muria Kabupaten Jepara merupakan calon terbaik dari Sluke Lasem. Sebagai tindak lanjut pada tahun 1982 BATAN bekerjasama BMG (Badan Meterologi & Geofisika) memasang perangkat pemantauan meteorologi sebanyak 16 sensor Rustrak yang dipasang pada menara ketinggian 100m di Ujung Watu. Tahun 1985 BATAN bekerja sama dengan ITB, melakukan penyelidikan lapangan di daerah Utara Jepara untuk aspek geologi dan geoteknik. Pada tahun 1987 BATAN bekerjasama dengan BMG memasang perangkat pemantauan gempa mikro *Geotech Teledyne* yang mencakup beberapa wilayah Semenanjung Muria. Pada tahun akhir 1991 penelitian kelayakan tapak yang dilakukan oleh Konsultan Newjec dengan 16 aspek bidang yang dibagi dalam tiga tahap, dibantu oleh Konsultan lokal yang tergabung dalam Muria Konsorsium. Hasil yang diperoleh dalam peringkat kelayakan tapak dengan urutan: ULA, Ujung Genggengan dan Ujung Watu (Gambar 3).

Berdasarkan studi kelayakan tersebut tapak Ujung Lemahabang memiliki nilai kelayakan tertinggi dari aspek teknis, maupun non-teknis (ekonomi-lingkungan). Dalam kajian ini penulis hanya membahas pada aspek teknis tapak yang berhubungan dengan faktor '*natural external event*', meliputi sesar permukaan, kegempaan, dan kondisi aktivitas gunung api di Semenanjung Muria.

Secara geografis, tapak PLTN ULA terletak di Semenanjung Muria, Pulau Jawa bagian Tengah, Kabupaten Jepara, Kecamatan Kembang, Desa Balong yang merupakan tapak dengan topografi dataran bergelombang lemah berketinggian/elevasi 5-25 m dari permukaan air laut. Luas daerah cakupan memiliki 5-6 km² yang berjarak 1 km dari titik pusat reaktor, dan hampir semua lahan besar adalah milik PTP Perkebunan Nusantara IX. Sesuai rencana daerah seluas itu dapat dibangun PLTN sebanyak 1-4 reaktor dengan kapasitas total 7000 Mwe.



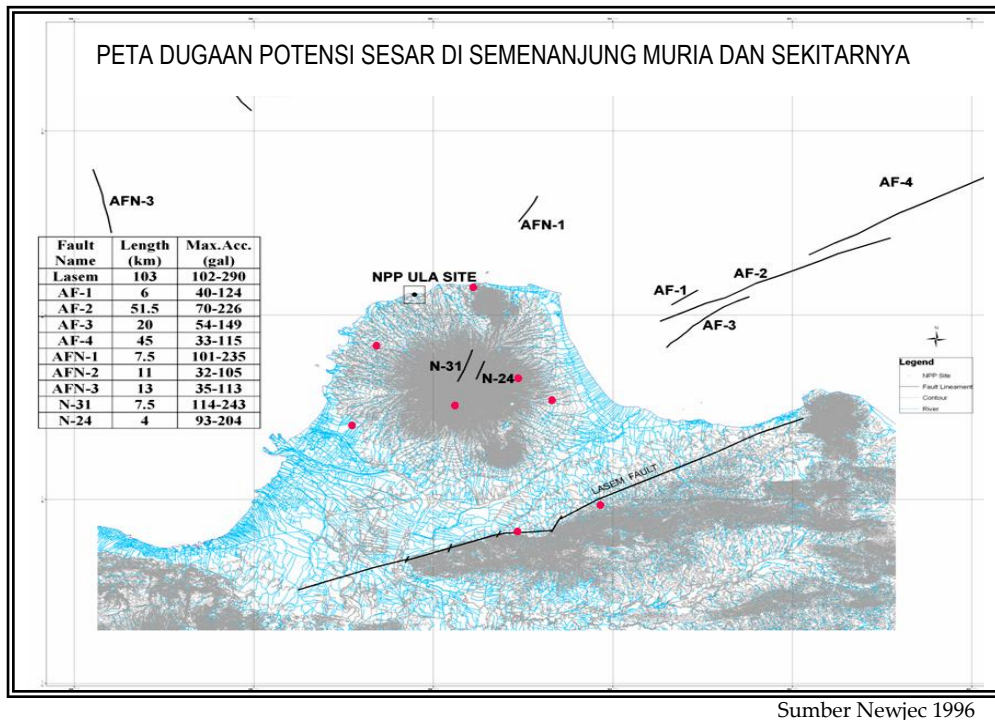
Gambar 3. Lokasi Tapak Alternatif Hasil Kegiatan Newjec, 1996

Topografi ULA yang terletak di lintang $6^{\circ}25'40''S$, bujur : $110^{\circ}47'20''T$, merupakan lokasi yang memiliki bentang alam yang cocok untuk sebuah kawasan industri. Hasil kajian dibandingkan untuk mendapatkan tapak potensial PLTN sebagai kajian ulang hasil studi kelayakan tapak dan lingkungan. Aspek yang dikaji meliputi pensesaran permukaan, kegempaan, dan kegunungapian sebagai berikut.

3.2. Pensesaran Permukaan

Berdasarkan data geologi permukaan dan bawah permukaan menunjukkan bahwa sesar permukaan yang melintas dan menuju ke arah tapak ULA pada radius 5 km tidak ada. Ketidak hadirannya sesar dibuktikan melalui survei lapangan dan survei geofisika. Sesar yang diperkirakan mempengaruhi tapak adalah *Lasem fault* (panjang 103 km, peringkat 1, berjarak dari tapak 75 km, berarah Timur laut-Barat daya/NE), sedangkan sesar yang terdekat adalah N-31 (panjang 7,5km, peringkat III, jarak dengan tapak 30 km, berarah Timur laut-Barat daya/NNE) dan AF-N1 yang berada di laut (panjang 7.5 km, peringkat III, berjarak 30 km, berarah Timur laut-Barat daya/NE), (Gambar 4). Data bawah permukaan yang menggunakan pemboran hingga mencapai kedalaman 300 m, menunjukkan tapak ULA tersusun dari pelapisan soil/tanah (10 m), *uper tuff* (22 m), *Midle Sandstone* (40 m), *lower tuff* (55 m), dan *Bulu Formation* > 75 m. Berdasarkan survei geofisika metode *seismic refraction* menunjukkan kecepatan gelombang geser pada pelapisan terdalam adalah 1.8-2.3 km/detik, dan pelapisan yang cocok untuk fondasi reaktor terletak pada *Middle Sand Stone* (Mss), termasuk *Cm class* (Newjec, 1996).

Pada jarak 5 km dari ULA tidak teridentifikasi adanya sesar permukaan baik dari data permukaan maupun data bawah permukaan, dan secara umum dilihat dari peta regional penyebaran struktur geologi, memberikan interpretasi bahwa patahan Utara-Selatan adalah patahan yang mempengaruhi kondisi Muria (Engkon K, Supriyadi). Hasil konfirmasi lapangan untuk mencari bukti pergerakan tidak jelas gejala geserannya, kemungkinan gerakan maupun geseran tersebut telah tertutup oleh tanah/soil, sehingga masih dalam mencari bukti lapangan dan untuk memperlihatkan adanya sesar yang diinterpretasikan didalam peta ditunjukkan garis tidak tegas atau terputus-putus.



Sumber Newjec 1996

Gambar 4. Peta Struktur Geologi Semenanjung Muria dan Sekitarnya

Kesulitan dalam mencari pergerakan dan panjang sesar, hal ini dapat dikaitkan dengan kondisi kegempaan atau percepatan tanah. Analisis yang paling konservatif dihitung dari nilai percepatan tanah berdasarkan sesar terpanjang yaitu sesar Lasem, dengan nilai pga adalah 290 gal (Newjec 1996). Nilai tersebut masih di bawah batas maksimum yang disarankan oleh IAEA untuk keamanan tapak PLTN, yakni 300 gal (0.3 g). (Tabel 2).

Tabel 2. Pemingkatan Parameter Persesaran Permukaan

No	Aspek Kajian	Parameter	Persyaratan Jangkauan	Faktor Kelayakan														
				Faktor Keselamatan					Faktor Non-Keselamatan									
				Fkt Tertlk	Fkt Tdk Tertolak				sk	k	c	b	sb	sk	k	c	b	sb
					sk	k	c	b										
1	Pensesaran Permukaan	Sesar aktif	Memotong Tapak	x														
		Sesar capable	>400 gal		x													
			300-400 gal			x												
			200-300 gal				x											
			100-200 gal					x										
	Sesar mati									x								

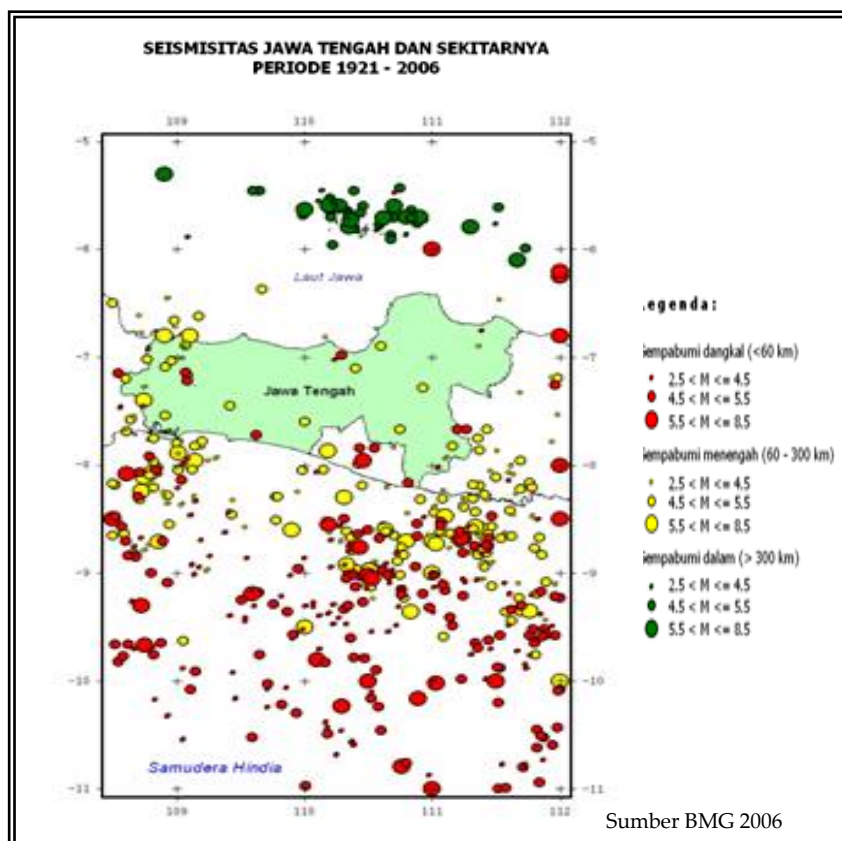
Sumber IAEA Site Evaluation

sk (sangat kurang), k(kurang), c(cukup), b(baik), sb(sangat baik), Fkt Tertlk(faktor tertolak)

Perhitungan nilai percepatan tanah dari sesar yang dianggap mewakili analisis, dan dihubungkan dengan persyaratan jangkauan, maka tapak ULA yang terletak di wilayah Semenanjung Muria memiliki tingkat keamanan *non-exclusion*, artinya bahwa tapak tersebut layak, dengan kategori kelayakan sedang

3.3. Kegempaan/Seismisitas

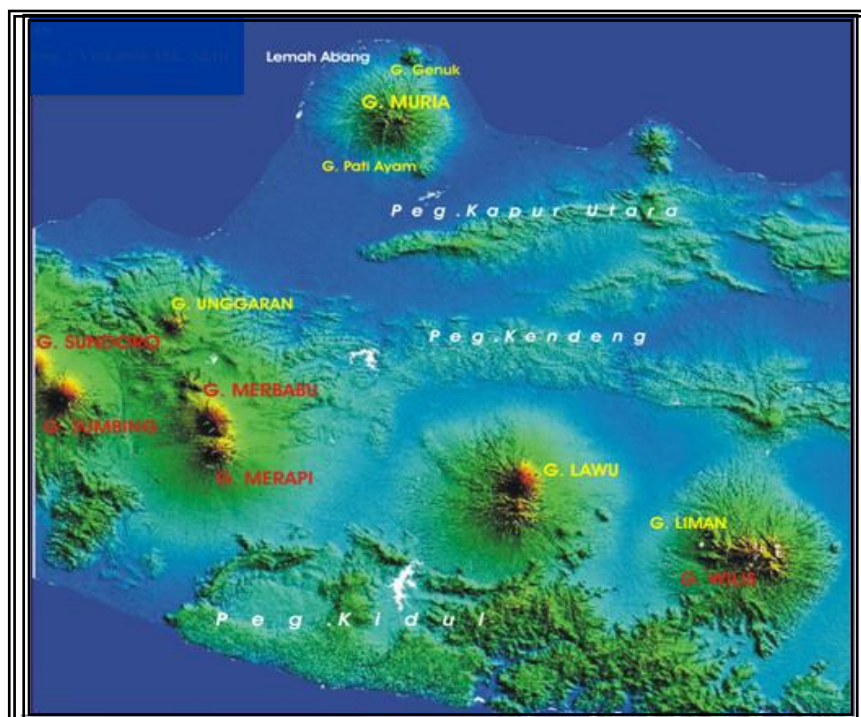
Secara umum kegempaan daerah Jawa bagian Tengah sampai laut Jawa merupakan daerah jalur gempa menengah dan dalam (450–650 km), sementara itu Semenanjung Muria tergolong di zona dengan tingkat seismisitas rendah (Newjec 1996, dan BMG 2006), (Gambar 5).



Gambar 5. Peta distribusi gempa /seismisitas Jawa Tengah dan sekitarnya

Gempa kuat yang pernah terjadi adalah gempa Pati, pada tahun 1890 dengan skala VIII MMI, diestimasikan memiliki magnitudo 6.8, kedalaman 20 km. Sedangkan estimasi SL-1 terhadap ULA terjadi pada patahan AF-3 (lepas pantai) sebesar 149 gal, estimasi SL-2 terhadap ULA pada patahan Lasem (E+W) adalah 290 gal (Newjec 1996). Nilai PGA berdasarkan periode ulang 50 dan 100 tahun dapat diklasifikasikan; pada wilayah Jateng Selatan pada lintang (7.5–9.0 LS), adalah (70-150 gal). Wilayah Jateng Utara pada lintang (5–7.5 LS), adalah (160-250 gal), (BMG 2006). Hasil perhitungan PGA tersebut, maka wilayah Muria dan sekitarnya, memiliki nilai 135-140 gal, nilai tersebut termasuk dalam zona gempa rendah.

Evaluasi data gempa mikro (3.5 skala Richter) yang berhasil dipantau jaringan seismometer *Monitoring Telemetry System* (MTS) milik BATAN sejak 1987 hingga 2008 menyimpulkan bahwa ULA termasuk dalam daerah seismisitasnya rendah. Parameter kegempaan yang diturunkan dari model seismotektonik masih berada dalam batas-batas *combined operation licence* dari kebanyakan PLTN komersial yang ada. Katalog gempa dan struktur seismogenik di sekitar Muria dari data USGS, 2008 menunjukkan nilai percepatan tanah tertinggi (*peak ground acceleration, pga*) adalah 160 gal, (Gambar 6).



Gambar 7. Kedudukan gunung Muria terhadap gunung lainnya

Mengingat aktivitas G. Muria yang sudah tidak aktif, maka kecil kemungkinan terjadinya letusan gunung api Muria (Ian Nairn, NTT 1977). Disamping itu kajian dampak aktivitas gunung api telah menyimpulkan bahwa tapak ULA aman dari kemungkinan dampak berupa *pyroclastic flow*, lahar dan longsoran *base surge*. Satu-satunya produk gunung api yang mungkin mencapai daerah penelitian adalah abu gunung api (*volcanic ash fall*), namun abu vulkanikpun memiliki ketebalan sangat tipis dan masih jauh dari nilai yang disarankan. Aliran lava kemungkinan hanya akan mencapai daerah 10 km dari tapak ULA (NTT 1998), dan aliran piroklastik terjauh mencapai 12 km (Newjec 1996). Batasan *screening distance value* (SDV) untuk lava yang diizinkan adalah 15 km dari pusat erupsi terhadap lokasi proyek dan standar probabilistik yang diizinkan maksimum adalah 10^{-4} setiap 100 tahun interval.

Hasil analisis terhadap letak gunung api dan nilai probabilistik yang diperoleh kemudian dihubungkan dengan persyaratan jangkauan pada faktor keselamatan menunjukkan bahwa tapak ULA yang terletak di kaki gunung Muria dianggap aman dan sangat kecil meletus kembali sehingga layak untuk lokasi industri. (Tabel 4).

Tabel 4 Pemingkatan Parameter Kegunungapian

No	Aspek Kajian	Parameter	Persyaratan Jangkauan	Faktor Kelayakan											
				Faktor Keselamatan		Faktor Non-Keselamatan									
				Fkt Tertlk	Fkt sk	Tdk k	Tertolak c	b	sb	sk	k	c	b	sb	
1	Kegunungapian	Ga aktif	Aktif	x											
		Ga capable	Deterministik (ya)		x										
			Probabilistik (ya)		x										
		Ga mati								x					

sk (sangat kurang), k(kurang), c(cukup), b(baik), sb(sangat baik), Fkt Tertlk(faktor tertolak)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian keselamatan tapak dan kelayakan yang mengacu pada standar IAEA-Safety Standard Series safety requirement No. NS-R-3, 2003, dapat disimpulkan bahwa:

1. Ditinjau dari aspek pensesaran permukaan menunjukkan tidak ada sesar aktif di *site area*, dan *site vicinity*.
2. Ditinjau dari aspek kegunungapian menunjukkan bahwa G. Muria memiliki kemungkinan yang kecil untuk meletus kembali.
3. Ditinjau dari aspek kegempaan menunjukkan nilai percepatan tanah masih dalam batas yang diizinkan berdasarkan perhitungan yang paling konservatif.

Dari kajian tersebut bahwa tapak Ujung Lemahabang adalah tapak yang layak, cocok dan aman dari faktor *external events*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan berakhirnya tugas penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Yth Bapak Kepala Bapeda Kabupaten Jepara beserta staf yang telah membantu dalam pengumpulan data juga kepada masyarakat Jepara dan sekitarnya. Terima kasih penulis sampaikan kepada Yth Kepala Pusat PPEN yang telah memberikan izin dan dukungannya serta Kepala Bidang PKT-P, PPEN beserta teman-teman peneliti lain yang membantu baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga terbentuknya makalah dan database tapak di Ujung Lemahabang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. IAEA, *Safety Standard Series NS-R-3: Site Evaluation Nuclear Installations, International Atomic Energy Agency*, 2003.
- [2]. _____, "Persiapan Pembangunan PLTN", Laporan *Workshop* Karang Kates, 1975.
- [3]. _____, "Feasibility Study for Nuclear Power Plants in The Muria Peninsula", Newjec Ins, November 1996.
- [4]. _____, "External of Feasibility Study Nuclear Site Survey", NIR, 1982.
- [5]. _____, "Penelitian Gempa Mikro Di Semenanjung Muria Dalam Rangka Pembangunan PLTN", Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), 1982.
- [6]. _____, "Survei Geologi dan Geoteknik Untuk Lokasi PLTN di Semenanjung Muria" Institut Teknologi Bandung (ITB), 1985.
- [7]. _____, "Final Report on Volcanological Aspect of Muria Volcanic Complex and Their Hazard Assessment Report "National Technical Team (NTT), 2000.
- [8]. _____, USGS, <http://www.USGS.com>, volcanoes , Diakses Desember 2008.
- [9]. SUNTOKO, H. dan ANZHAR, K., Penyelidikan Geoteknik Untuk Pondasi Dangkal di Calon Tapak Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) Daerah Ujung Lemahabang, *Jurnal Pengembangan Energi PPEN*, 2006.