

ASPEK GEOLOGI DALAM MEMILIH LOKASI P.L.T.N. DENGAN CONTOH : DAERAH G. SEWU JAWA TENGAH BAGIAN SELATAN

Ir. Vincent T. Radja

Ahli -Geologi Lembaga Masalah Ketenagaan, Perusahaan Umum Listrik Negara, Anggota
Sub-Komisi Lokasi, Komisi Persiapan Pembangunan Pusat Listrik Tenaga Nuklir (KP2 PLTN).

I. PENDAHULUAN

Setelah mengalami tiga kali seminar, lokakarya, ceramah dan diskusi ilmiah sejak tahun 1968 maka kini sampailah kita pada aspek yang penting dari pembangunan suatu PLTN yaitu dinamakan PLTN Pertama akan ditempatkan di P. Jawa.

Memilih lokasi tergantung dari kondisi geologi, seismologi, vulkanologi, meteorologi, hidrologi dan data-data teknik lainnya. Data geologi bagi suatu PLTN diperlukan untuk 2 aspek penting yaitu kestabilan PLTN itu sendiri (fundasi) dan keamanan penyimpanan sampah radioaktif (impervious rocks) (R1). Betapa pentingnya eksplorasi geologi untuk fundasi Pusat-pusat Listrik (termasuk PLTN) dapat dilihat dari ucapan HAMMURABI (2130 - 2088 B.C.)

"If a builder build a house for a man and do not make its construction fair, and the house which he has built collapses and causes the death of the owner of the house, that builder shall be put to death".

Dalam Seminar Ekonomi Tehnologi PLTN ketiga di Bandung 27 Pebruari - 2 Maret 1974 penulis menyumbangkan naskah (background paper) berjudul "Aspek-Aspek Teknik Geologi P. Jawa sebagai data dasar perencanaan lokasi suatu PLTN di Jawa, dimana condong menempatkan PLTN di sesuatu lokasi di Pantai Selatan Jawa Tengah dan Jawa Timur" (R 2)

Naskah ini juga akan memberikan informasi geologi daerah Gunung Sewu Jawa Tengah bagian Selatan sebagai contoh di dalam memilih lokasi PLTN.

II. PEKERJAAN SURVEY DALAM PEMBANGUNAN PUSAT-PUSAT TENAGA LISTRIK.

Dalam pembangunan pusat-pusat tenaga listrik survey merupakan suatu kegiatan yang memberikan landasan kuat dalam perancangan dan pembangunannya. Pembangunan akan berhasil bila perancangannya baik dan perancangan yang teliti hanya dapat terlaksana bila data-data/informasi yang ada dapat dipercaya. Yang terakhir ini hanya mungkin diperoleh bila surveynya sempurna pula.

Betapa pentingnya survey/penyelidikan yang merupakan tulang punggung dalam pembangunan suatu negara dapat kita lihat dari kebijaksanaan Pemerintah tentang hal ini, yang diucapkan oleh Presiden Soeharto di muka sidang Pleno DPRGR tanggal 16 Agustus 1968 mengawali dimulainya PELITA I.

Hingga kini di Indonesia pengertian yang mendalam akan arti survey/es-

plorasi belum mendapat tempat sewajarnya. Apabila di negara-negara yang maju biaya eksplorasi sebesar 3 - 4% dari biaya proyek seluruhnya adalah hal yang lumrah, tapi di Indonesia biaya sebesar 0.2% sudah dianggap terlalu besar. Menurut Prof. Sarwono (bekas Ketua LIPI) biaya penelitian di Indonesia adalah 0.1% dari biaya pendapatan Nasional, suatu angka yang jauh mencukupi dan memadai.

Data-data yang mendalam dan tepat hanya diperoleh bila frekuensi dan kontinuitas survey dilipat gandakan. Suatu contoh yang menarik, dapat ditemui di PLTA Riam Kanan Kalimantan Selatan dimana akibat kontinuitas survey dapatlah diketahui bahwa hanya bendungan tanah (earth dam) lah yang cocok di daerah yang terdiri dari batuan serpentine dan sekis kristalin, walaupun dalam perancangan mula-mula diinginkan bendungan beton (concrete dam) atau bendungan batu (rock fill dam).

Dalam suatu proyek pembangunan seperti pembangunan pusat-pusat listrik survey akan meliputi beberapa tahap tanpa dapat ditawar-tawar lagi. Kemajuan survey menunjukkan bahwa suatu survey yang matang melalui tahap-tahap sebagai berikut :

- Study Literatur
- Survey Reconnaissance
- Survey Preliminary
- Survey Detail (Survey Konstruksi)

Study Literatur : Mempelajari materi-materi petunjuk yang dapat diperoleh (publikasi, report, peta) dari instansi-instansi seperti Geologi, Meteorologi, Topografi, Geografi, Hidrologi, dan Hidrometri, Pertambangan, Pertanian dan Kehutanan, Sosial, Ekonomi. Dari data-data yang diperoleh dapat diambil kesimpulan keadaan sesuatu daerah dan dapat disusun rencana survey Reconnaissance. Persiapan persiapan survey menyangkut : biaya, team survey, keahlian-keahlian yang diperlukan, waktu, perlengkapan-perengkapan.

Reconnaissance Survey : Biasanya dilakukan jauh sebelum keputusan tentang suatu proyek dapat dilakukan. Survey tahap ini meliputi pengenalan-pertama terhadap suatu daerah di mana akan dibangun suatu proyek. Pengenalan pertama ini berupa kunjungan singkat ke daerah tersebut. Dalam hal ini survey masih secara umum, belum mendetail. Dari hasil ini dilihat kemungkinan-kemungkinan lebih lanjut dalam bidang yang dianggap perlu penelitian lebih lanjut. Pada hakekatnya dari reconnaissance survey ini telah dapat diketahui segi-segi ekonomis, teknis praktis dari proyek tersebut secara garis besar sehingga kelak dapat dilanjutkan, akan mengalami perubahan atau tidak dapat diteruskan. Suatu contoh dapat dikemukakan di sini mengenai survey PLTU Pontianak (Kalimantan Barat) yang akan menggunakan batu bara sebagai bahan bakarnya. Tetapi kenyataan hasil reconnaissance survey yang dilakukan pada akhir Desember 1967 telah dapat dipastikan bahwa cadangan, nilai kalori dari batu bara di sana tidaklah ekonomis untuk PLTU di samping persoalan transport sulit dipecahkan.

Preliminary Survey : Dalam tahap ini biasanya lokasi suatu proyek sudah ditentukan sehingga dapatlah disebutkan bahwa secara kuantitatif daerah pembangunan suatu proyek telah dilokalisasi seekonomis mungkin. Kelanjutan, kelang-

sungan hidup (keselamatan), ketelitian perancangan dan ekonomisnya sesuatu proyek terletak pada taraf survey ini. Hasil survey taraf ini merupakan dasar perancangan (design) suatu proyek. Makna/pentingnya survey taraf ini dapat dilihat dari ucapan-ucapan Lowe Brown sebagai berikut :

“If a small fraction of the time spent on refined calculations and very accurate designing were spent on watching the preliminary boring operations, and in examining the foundations when work was in progress, the benefit would probably be many times greater than any advantage from the greatest attention to refinement of calculation in design”.

Aktifitas fisik dalam survey ini memegang peranan penting oleh karena sebelum rencana proyek terlaksana keterangan-keterangan mengenai materi di mana proyek tersebut terletak perlu diperoleh.

Dalam mendapatkan data-data/keterangan-keterangan guna perancangan kelak aktifitas-aktifitas yang perlu dilakukan meliputi pembuatan peta-peta topografi skala besar sepanjang daerah konstruksi (bendungan, fundasi, terowongan, jalan, bangunan), pemetaan geologi, survey geofisika, tranches, pemboran, pengukuran debit sungai, curah hujan, pembuatan profil/situasi daerah konstruksi, interpretasi potret udara dll. Aktifitas Proyek PLN yang kini berada dalam taraf ini adalah Survey Tenaga Air, S. Larona di Sulawesi Selatan di mana taraf Preliminary Survey yang meliputi survey topografi, hidrologi, geologi/bahan bangunan telah dimulai sejak medio 1963 - 1969 (R 3).

Construction Survey : Realisasi sesuatu proyek dilandaskan pada perancangan yang dibuat berdasarkan ketelitian dan kebenaran data-data hasil preliminary survey. Memang aktifitas kelangsungan sesuatu survey tidak terbatas pada saat proyek dibangun, tetapi jauh sebelumnya, pada saat dibangun dan setelah proyek selesai (controlling).

Construction survey dilanjutkan bila kontrak mengenai realisasi proyek tersebut telah ditanda-tangani.

Mengapa pekerjaan survey masih dilanjutkan selama pembangunan sesuatu proyek berlangsung. Seperti yang telah diketahui bahwa bumi di mana manusia/proyek-proyek ada merupakan sesuatu yang bergerak terus. Pengaruh temperatur, perubahan udara panas dingin, pelapukan serta semua faktor-faktor mekanis, kimia, fisika tetap berlangsung di alam dan terus mempengaruhi segala sesuatu yang berada padanya. Pengaruh inilah yang perlu diketahui/disesuaikan dengan kelancaran pembangunan proyek tersebut. Telah diketahui bahwa akibat-akibat pembangunan sesuatu proyek (pembuatan jalan, penggalian terowongan, penggalian untuk fundasi/bendungan) banyak daerah-daerah yang pada waktu reconnaissance survey/Preliminary survey tidak kelihatan, akibat penggalian tadi dapat diketahui keadaannya lebih sempurna.

Hasil-hasil penggalian ini menambah data-data/interpretasi hasil-hasil sebelumnya, sehingga pembangunan yang sedang berlangsung dapat disesuaikan dengan keadaan-keadaan sebenarnya di daerah tersebut.

Suatu contoh yang berharga kita temui dalam pembangunan proyek-proyek di lingkungan Proyek Induk Serba Guna Kali Brantas di Jawa Timur. (Proyek Karang Kates, Proyek Kali Konto) (R 4).

Selama pembangunan proyek berlangsung aktivitas survey malah dipergiat sehubungan dengan timbulnya berbagai persoalan-persoalan yang dirasakan sangat mempengaruhi kelancaran dan keselamatan proyek tersebut, seperti gejala tanah

longsor sekitar bendungan dan terowongan di Karang Kates, gejala "uplift pressure" yang disebabkan timbulnya mata air di muka bendungan dan batuan volcanic ash yang lunak di bawah fundasi bendungan Kali Konto. Dengan selesainya suatu proyek masih diperlukan juga pengontrolan yang periodik sampai masa 10 tahun terhadap kelangsungan proyek tersebut. Hal demikian dapat ditemukan di Proyek PLTA Jatiluhur yang semenjak daerah tersebut masih hutan belukar (1954), dan yang sampai kini telah merupakan daerah pariwisata dengan danau buatan yang indah, team survey yang pertamanya masih bertugas di sana hingga kini bekerja juga di sana. Jelaslah bahwa antara Geologi Teknik dan Mekanika Tanah masih terdapat sebuah pemisah. Hingga kini kerja sama yang jelas di antara keduanya belum jelas.

Sejarah explorasi dan survey untuk kepentingan Tenaga Listrik (PLN) dimulai dengan dibentuknya Bagian Explorasi di BPU PLN pada 1 Januari 1962, setelah mengalami reorganisasi ke Direktorat Ketenagaan, Direktorat Tenaga Listrik akhirnya pada tahun 1966 ke dalam Lembaga Masalah Ketenagaan sampai hari ini.

Sejak 1964 survey geologi untuk kepentingan PLN mulai dilakukan sendiri setelah adanya ahli geologi, yang mana hingga kini makin meningkat kebutuhan dan tugasnya.

III. SURVEY GEOLOGI UNTUK PUSAT-PUSAT TENAGA LISTRIK (SITE LOCATION)

Survey Geologi untuk penentuan lokasi suatu Power Plant (R 5) meliputi tahap Study Literatur, Survey Reconnaissance, Survey Preliminary dan Survey Design (Detail Survey). Di dalam survey Detail maka aspek-aspek di bawah ini diperlukan sekali. :

- Geologi Batuan (Petrologi)
- Geologi Struktur
- Geofisika
- Geohidrologi dan Tatalingkungan.

Geologi Batuan (Petrologi)

Di alam dikenal 3 macam batuan : batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorfik.

Batuan Beku (Igneous Rock)

Umumnya batuan beku seperti granit, andesit, diorit, basalt berguna sebagai batuan dasar fundasi suatu bangunan berat, berguna untuk fundasi bendungan, lapangan terbang, jalan raya. Yang perlu diperhatikan adalah sistim diaklasnya, karena ini dapat merupakan daerah yang lemah (weak zone) di mana gerakan-gerakan dapat terjadi oleh getaran-getaran mesin dan gejala-gejala tektonik lainnya.

Batuan Sedimen (Sedimentary Rock)

Tidak semua batuan baik untuk fundasi bangunan-bangunan berat. Batuan lempung (claystone, shale), napal (marl), siltstone, karena pori-porinya kecil kurang dari 1/16mm, maka sulit menyerap air (impermeable), licin, mudah bergerak. Batu pasir (sandstone) dengan ukuran butir sama cukup baik. Perlu diperhatikan juga arah dan kemiringan lapisan-lapisannya, ukuran butir, sifat-sifat fisik

dan mekanis karena semua ini menentukan daya tahannya.

Batuan Metamorfik (Metamorphic Rock)

Batuan metamorfik adalah batuan beku atau sedimen yang telah mengalami metamorfosa. Sebagian baik untuk fundasi (marmer, gneiss), yang sebagian kurang baik (slate). Batuan peridotit dan serpentin di Proyek PLTA Riam Kanan Kalimantan Selatan mempengaruhi struktur bendungan karena batuan ini licin, mudah lapuk dan tidak stabil, bila lapuk akan menjadi tanah yang lunak dan tidak berguna untuk fundasi bangunan-bangunan berat.

Geologi Struktur

Lazim disebut pengetahuan mengenai Arsitektur Bumi. Keselamatan sesuatu pembangunan banyak tergantung pada struktur geologi daerahnya. Arah dan kemiringan lapisan-lapisan tanah yang memungkinkan gerakan tanah/longsoran ke arah bangunan proyek (bendungan, stasion tenaga listrik), perlu diketahui sebelum bangunan tersebut ditentukan letaknya. Gejala serupa ini ditemukan pada Rencana PLTA Larona di Sulawesi Selatan dimana patahan menyebabkan arah aliran sungai Larona membelok 90° . Daerah seperti ini tentunya harus ditinggalkan.

Geofisika

Geofisika adalah pengetahuan mengenai sifat-sifat fisika bumi dan di dalam aplikasinya meliputi metoda-metoda: seismik, gravity, magnetik, listrik dan radioaktif. Terutama sekali metoda seismik refraksi, gravity dan listrik membantu di dalam aktifitas survey rencana PLTA Asahan di Sumatera Utara. Di sana dengan Cobalt 60 dapat ditentukan kerapatan batuan ignimbrit sekitar bendungan dan terowongan. Geofisika digunakan juga untuk mengetahui daerah-daerah gempa bumi yang kelak mempengaruhi proyek.

Geohidrologi

Kapasitas air di dalam waduk dapat ditentukan dengan mengetahui data-data air tanah, pergerakannya, sifat batuan terhadap air (kelulusan dan kesarangan). Pengetahuan geologi terhadap air tanah membantu di dalam penentuan posisi air bawah tanah (sub surface water) dan air permukaan (surface water) sekitar suatu bendungan.

IV. PEMBAGIAN BATUAN DI ALAM

Kalau di bidang Teknik Sipil dikenal adanya Sipil Basah (Bendungan, Saluran Irigasi) dan Sipil Kering (Jalan, Jembatan) maka untuk Geologi Tehnikpun demikian. Geologi Batuan (Rock-Geology) dan Geologi Air-Tanah (Hydro-Geology).

Rock Geology menyangkut segi-segi type batuan (Petrologi) kedudukan batuan (Struktur), sedangkan yang menyangkut Hydro-Geology antara lain menyangkut porosity, permeability, reservoir rock, air tanah.

Naskah ini dibatasi pada segi Rocky Geology saja (Petrology, Struktur Geology dan Morfologi)*

Petrology (Ilmu Batuan)

Di alam dikenal adanya tiga macam batuan yaitu batuan beku (Igneous Rocks), batuan sedimen (Sedimentary Rocks) dan batuan Metamorfik (Metamorfik Rocks).

Batuan Beku

Batuan Beku (Igneous-Rocks) terjadi karena mendinginnya magma.

Bila mendinginnya magma di permukaan bumi disebut Extrusif, bila di bawah permukaan disebut Intrusif. Batuan terdiri dari beberapa mineral, pemberian nama batuan disesuaikan dengan mineral pembentuknya.

Untuk batuan beku pembagiannya adalah sebagai berikut:

Klasifikasi Batuan-Beku (Igneous – Rocks)

Ukuran Butir	A s a m	Intermediate		B a s a	Ultrabasa atau Ultramafic
		Alkali Feldspar	Soda lime Feldspar		
Kasar	Granite	Syenite	Diorite	Gabbro	Periodite Serpentinite
Sedang	Micro granite	Micro Syenite	Micro Diorite	Dolerite	—
Halus	Rhyolite, Obsidian	Trachite	Andesite	Basalt	—
Specific gravity	2.4 – 2.7	2.8		2.9.	3.0 atau lebih
Charac- teristik Mineral	quartz, ortho- clase (banyak) mica (biotite) muscovite, :: little horn- blende atau auglite	Hornblende, feldpar, quartz (banyak) + biotite augite + feldsphatoid		Sodalime Plagio clase atau auglt + oli- vine + horn- blende	Se dikit feld- spar

Batuan Sedimen

Batuan Sedimen terjadi karena pengendapan material, yang diendapkan berasal dari berbagai ragam sumber. Lingkungan pengendapan dan mekanismenya berbeda-beda juga.

Study Sedimen (Sedimentology) mencakup aspek-aspek asal-usulnya (Environment), Transportation dan Deposition.

Pembagian batuan sedimen berdasarkan ukuran butir (Wentworth scale: 1922)

Major Division	Minor Division	Size range mm	Agregate Term
Boulder	Coarse	560 to 1,000	Boulderstone
	Medium	320 to 560	
	Fine	180 to 320	
	Very Fine	100 to 180	
Cobble	Coarse	56 to 100	Cobblestone
	Medium	32 to 56	
	Fine	18 to 32	
	Very Fine	10 to 18	
Gravel	Coarse	5,6 to 10	Gravelstone
	Medium	3,2 to 5,6	
	Fine	1,8 to 3,2	
	Very Fine	1,0 to 1,8	
Sand	Coarse	0,56 to 1,0	Sandstone
	Medium	0,32 to 0,56	
	Fine	0,18 to 0,32	
	Very Fine	0,10 to 0,18	
Clay	Coarse	0,0056 to 0,0010	Claystone
	Medium	0,0032 to 0,0056	
	Fine	0,0018 to 0,0032	
	Very Fine	0,0010 to 0,0018	
Colloid	Coarse	0,00056 to 0,00010	Colloidstone
	Medium	0,00032 to 0,00056	
	Fine	0,00018 to 0,00032	
	Very Fine	0,00010 to 0,00018	

Berdasarkan komposisi mineral maka batuan sedimen dibagi dalam:

1. Sedimen karbonat (Carbonate sediments)
2. Sedimen silika (Siliceous sediments)
3. Ferruginous Sediments
4. Carbonaceous Sediments
5. Evaporite

Sedimen Karbonat

Terdiri dari mineral Calcit dan dolomit. Batunya disebut: Calcitic limestone dan dolomitic limestone.

Sedimen silikat: Mineral-mineral seperti Siliceous Sinter (Geyserite), chert, opal.

Ferruginous Sediments : Mineral utama : Hematite, Limonite.

Carbonaceous sediments : Membentuk Batubara.

Evaporite : seperti garam-garam di laut.

Batuan Metamorfik

Batuan metamorfik berasal dari batuan beku atau sedimen yang telah mengalami metamorfosa; metamorfosa karena perubahan tekanan atau temperatur. Metamorfosa menyebabkan perubahan komposisi mineral dan teksturnya. Untuk mengetahui asal-usul batuan metamorfik dapat dilihat bagan terlampir.

Batuan Metamorfik yang berasal dari Batuan Sedimen		
Sedimen lepas	Sedimen keras	Batuan metamorfik
Gravel	Conglomerate	Gneiss dan Schist
Sand	Sandstone	Quartzite
Salt and clay	Shale	Slate
Lime deposits	Limestone	Marble

Batuan Metamorfik yang berasal dari Batuan Beku	
Batuan Beku	Batuan Metamorfik
Coarse grained feldspathic rocks seperti granit, syenit, etc.	Gneiss
Fine grained feldspathic rocks seperti felsite, tufa.	Schists
Ferruginous rocks, seperti dolerite, basalt	Schists

V. STRUKTUR GEOLOGI.

Struktur Geologi adalah cabang pengetahuan geologi yang membahas mengenai arsitektur bumi terutama gaya-gaya pembentukan pegunungan, perpindahan-perpindahan horisontal dan vertikal. Aspek-aspek ini penting untuk perencanaan bangunan-bangunan berat untuk suatu PLTN.

Struktur geologi yang perlu diperhatikan meliputi :

1. Lipatan (fold)
2. Patahan (fault)
3. Ketidak-selarasan (unconformity)
4. Joint (diaklas)
5. Struktur-struktur kecil : rekahan (cleavage)

Lipatan

Adalah gelombang-gelombang pada batuan yang ditimbulkan oleh gaya-gaya tektonik. Batuan yang mula-mula posisinya datar oleh gaya-gaya tektonik mempunyai sudut kemiringan (dip). Lipatan ini terjadi karena gaya komposisi.

Macam-macam lipatan yang dikenal adalah antiklin (melengkung ke atas) Sinklin (melengkung ke bawah). Macam-macam lipatan ini perlu diketahui arah, kemiringan terhadap posisi bangunan-bangunan berat.

Patahan

Adalah fracture pada batuan dimana geseran dapat terjadi melaluinya. Besarnya geseran menentukan kemantapannya terhadap posisi bangunan. Patahan dapat mempengaruhi permukaan topografi; dapat merupakan daerah mineralisasi, daerah akumulasi air tanah.

Ketidak-selarasan (unconformity)

Adalah permukaan erosi. Posisi batuan yang satu (tua) tidak selaras dengan yang lainnya (muda). Bidang pemisah ini disebut unconformity. Type unconformity meliputi : disconformity, angular conformity, nonconformity.

Diaklas (Joints)

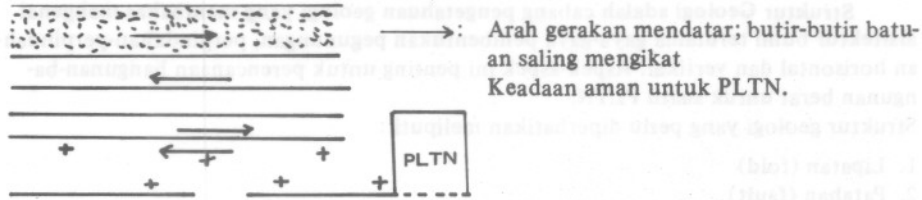
Joints adalah rekahan-rekahan yang muncul pada berbagai batuan baik yang kompak maupun yang lunak. Joints melahirkan banyak bidang-bidang dimana mempermudah arah gerakan, mempercepat pelapukan, mempermudah sirkulasi tanah. Joints memotong batuan dengan arah yang berbeda-beda jarak masing-masing joints berbeda dari 1 cm sampai 1 yard. Joints dapat terbentuk karena tension atau shear.

Rekahan (Cleavage)

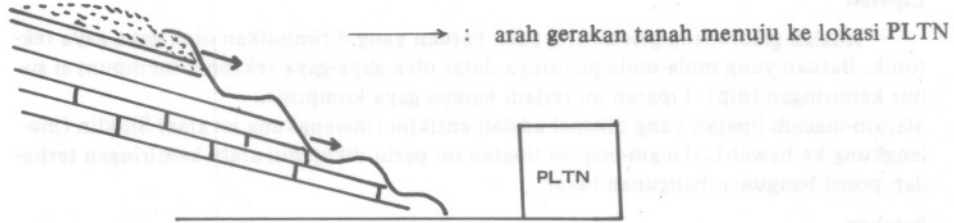
Rekahan adalah sifat (property) dimana batuan dapat terbelah melalui permukaan-permukaan yang sejajar pada sesuatu arah yang tertentu. Cleavage dapat timbul karena fracture atau flow.

Data Struktur yang perlu diperhatikan meliputi hal-hal sebagai berikut : posisi PLTN, apakah pada-lapisan datar, miring, antiklin atau synklin.

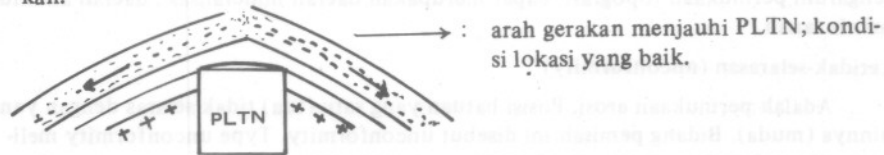
1. Pada lapisan mendatar; arah gaya adalah mendatar sehingga gejala-gejala gerakan tanah dan gravitasi dapat diabaikan.



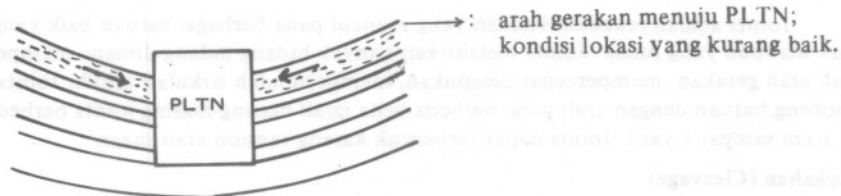
2. Pada lapisan miring : gaya berat akan menyebabkan tanah/batuan bergerak ke arah lokasi PLTN (tidak aman)



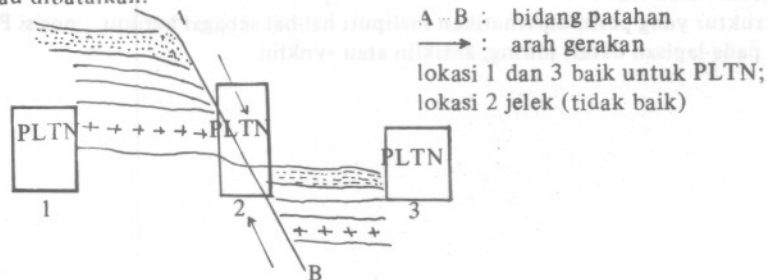
3. Pada struktur antiklin : arah gerakan menjauhi konstruksi; kondisinya menguntungkan.



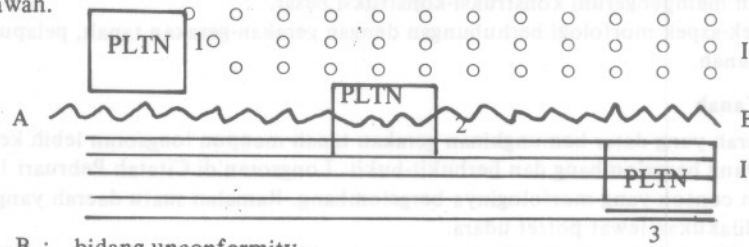
4. Pada struktur synklin : arah gerakan menuju ke konstruksi; kondisinya jelek.



5. Pada struktur patahan : sebaiknya lokasi PLTN dipilih jauh dari bidang patahan atau dibatalkan.

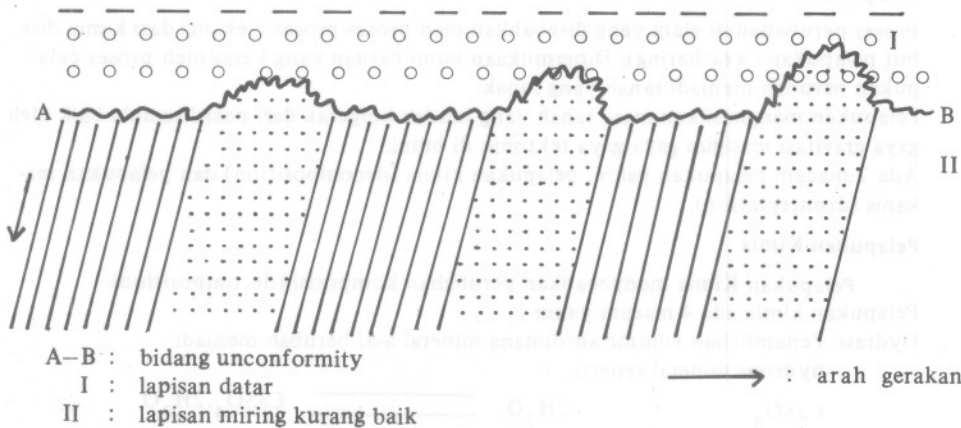


6. Pada struktur unconformity (tidak selaras). Paling ideal bila unconformity adalah type disconformity dimana lapisan-lapisan di atas dan di bawah bidang conformity sejajar. Dalam hal ini tebal lapisan di atas unconformity perlu diketahui apakah dapat dimanfaatkan atau dibuang; alangkah baik sekali bila PLTN duduk di lapisan bawah.



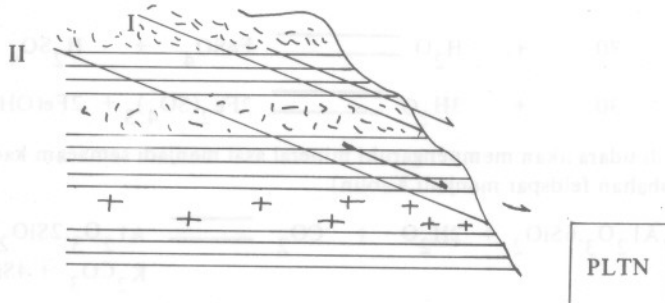
- A-B : bidang unconformity
 I : lapisan muda : mendatar
 II : lapisan tua : mendatar
 Posisi 1 dan 2 kurang baik
 Posisi 3 paling baik

7. Untuk unconformity jenis : angular unconformity kurang baik.



- A-B : bidang unconformity
 I : lapisan datar
 II : lapisan miring kurang baik
 —————> : arah gerakan

8. Struktur-struktur seperti diaklas dan cleavages menimbulkan gejala-gejala gerakan juga; walaupun bidang perlapisannya cukup aman.



Lapisan-lapisan batu pasir; lempung dan gamping mendatar posisinya dan keadaan ini aman untuk PLTN disampingnya.

I dan II adalah sistim diaklas (joints) yang miring dengan arah gerakan menuju ke PLTN.

MORFOLOGI

Geomorfologi adalah study mengenai bentuk muka bumi (land-form), morfologi penting diketahui karena perubahan bentuk muka bumi masa silam, sekarang dan masa depan mempengaruhi konstruksi-konstruksi besar.

Aspek-aspek morfologi berhubungan dengan gerakan-gerakan tanah, pelapukan, posisi air tanah.

Gerakan Tanah

Untuk daerah yang datar kemungkinan gerakan tanah maupun longoran lebih kecil dari daerah yang bergelombang dan berbukit-bukit. Longoran di Citatah Pebruari 1975 merupakan contoh yang morfologinya bergelombang. Ramalan suatu daerah yang labil dapat dilakukan lewat potret udara.

Daerah yang miring selalu dipengaruhi gaya berat apalagi ditambah dengan adanya pelapukan, curah hujan, tandus, bangunan-bangunan berat semuanya mempercepat arah gerakan.

Gerakan tanah dipengaruhi juga oleh macamnya batuan seperti lempung mudah bergerak.

Pelapukan

Proses perubahan di alam yang disebabkan oleh proses-proses mekanis dari kimia disebut pelapukan (weathering). Dipermukaan bumi batuan yang keras oleh proses pelapukan berubah menjadi tanah yang lunak.

Pelapukan menghasilkan masa tanah yang mudah bergerak dari posisi semula baik oleh gaya gravitasi maupun gaya-gaya tektonik di bumi.

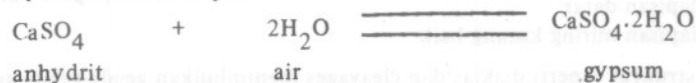
Ada 2 macam pelapukan yakni, pelapukan kimia (decomposition) dan pelapukan mekanis (disintegration).

Pelapukan Kimia

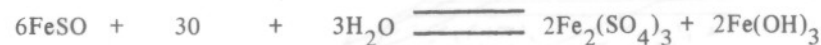
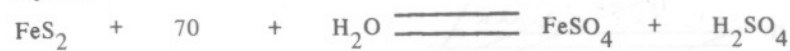
Pelapukan Kimia menyebabkan perubahan komposisi (decomposition).

Pelapukan kimia ada 4 macam yakni :

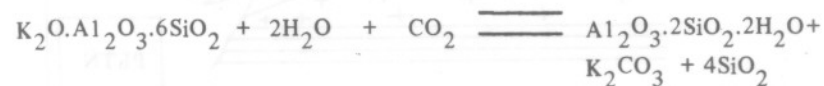
Hydrasi; Penambahan volume air dimana mineral asal berubah menjadi hydrous mineral seperti :



Oxidasi; Biasanya mengikuti hydrasi karena adanya uap air (moisture) seperti :



Karbonisasi; CO_2 di udara akan mempengaruhi mineral asal menjadi semacam kaolin (perubahan feldspar menjadi Kaolin)



Solution; Mineral yang terbawa dalam larutan akan dipengaruhi oleh air tanah dan berubah bentuknya seperti batu gamping dan dolomit.

Pelapukan Mekanis

Oleh faktor-faktor perubahan temperatur, abrasi, garam yang larut, tumbuhnya organisme, batuan akan mengalami pelapukan.

Pelapukan mekanis meliputi : Ekspansi/kontraksi di daerah tropis (panas di siang hari dan dingin di malam hari menyebabkan batuan pecah-pecah dan lapuk).

Tumbuhnya akar tumbuh-tumbuhan dapat merusak batuan dan merubah menjadi tanah. Abrasi di pantai atau pengaruh angin (wind abrasion) yang membawa partikel-partikel kecil dapat merusak batuan yang dilaluinya.

Garam-garam yang larut dan tiba di pori-pori batuan akan merusak batuan tersebut dimana mudah menjadi lapuk.

DATA-DATA GEOLOGI TEKNIK UNTUK PEMILIHAN LOKASI PLTN

Perancangan untuk memilih lokasi suatu PLTN perlu memenuhi beberapa persyaratan (requirement). Hal ini diperlukan juga bagi pusat-pusat listrik lainnya (PLTA, PLTU, PLTG, PLTP dan PLTD).

Data-data pemilihan lokasi dapat digolongkan dalam dua hal :

- A. Data-Data Umum (seluruh aspek)
- B. Data-Data Detail (satu aspek yang detail)

A. Data-Data Umum

Berbagai cara (model) telah dipublikasikan sebagai contoh di dalam pengumpulan data-data umum bagi perancangan pusat-pusat tenaga listrik (termasuk PLTN). Suatu contoh yang dapat dikemukakan di sini adalah : Plant Site Evaluation Using Numerical Ratings yang digunakan oleh Florida Power & Light Co. di dalam memilih (seleksi) lokasi pusat-pusat listrik (Lampiran 1; R 6)

Di sini dikemukakan tigabelas aspek umum yang perlu dikumpulkan data-datanya untuk seleksi tersebut.

Nilai suatu lokasi (Evaluation Points) didapat dari perkalian antara Weighting Factor (Pentingnya suatu aspek) terhadap kondisi aspek-aspek tersebut (Rating Scale). Weighting Factor (WF) dibagi dalam tiga kategori : Kurang Penting (1), Cukupan (2) dan Penting Sekali (3). Sedangkan kriteria dari kondisi (Rating Scale : R) dalam lima kondisi yakni : Jelek Sekali, Jelek, Cukup, Baik dan Baik Sekali. Perkalian antara $WF \times R = \text{Evaluation Point}$ akan tinggi untuk lokasi yang terbaik. Rating demikian dilakukan beberapa kali dan akhirnya bisa diperoleh suatu lokasi yang memenuhi keinginan semua disiplin.

B. Data-Data Spesifik (Detail suatu aspek)

Dalam tahap ini tiap-tiap aspek perlu di evaluasi lebih detail lagi. Di sini aspek geologi yang akan diambil.

Untuk keperluan perencanaan fundasi dan lokasi PLTN maka beberapa sifat-sifat fisika, kimia dan mekanis batuan perlu diketahui. Kesemuanya ini berhubungan dengan geologi lingkungan (Environmental Geology R 7).

Di antara aspek-aspek yang perlu diperhatikan meliputi :

- A. 1. Umur batuan (Life of a building stone)
- 2. Tekstur : Ukuran butir
- 3. Daya absorpsi
- 4. Crushing strength dan transverse strength
- 5. Porosity
- 6. Permeability
- 7. "Fire resistance/frost resistance"
- 8. "Modulus of elasticity"

9. "Abrasive resistance"
 10. "Hardness" (kekerasan)
 11. Cleavage
 12. Specific gravity
 13. Bearing strength
 14. Poisson's ratio
 15. Wave velocity (Kecepatan gelombang)
 16. Specific heat
 17. Thermal conductivity
 18. Modulus of deformation
 19. Natural rock temperature
 20. Linear coefficient of expansion
- B.
1. Angle of rest
 2. Angle of slide
 3. Angle of pull
 4. Stratification (dip/strike) lapisan
- C. Data-data seismik seperti :
- a). seismic coefficient
 - b). magnitude
 - c). jarak epicenter
 - d). acceleration

VI. GEOLOGI DAERAH GUNUNG SEWU

Letak daerah Gunung Sewu (Thousand Mountains) terdiri dari banyak perbukitan (hills) yang tingginya tidak lebih dari 100 m atau kurang dari 450 m di atas muka laut, kadang-kadang disebut sebagai Thousand hills atau Puntuk Sewu.

Daerah ini memanjang dari Teluk Pacitan (di Timur) sampai Kali Oyo (di Barat), Selatan Yogyakarta. Panjang 80 km dan lebar 30 km. Di Utara dibatasi oleh Gunung Kidul, di Selatan oleh Laut Hindia.

Geografi daerah Gunung Sewu terletak di Kabupaten Madiun, Jawa Timur.

Penyelidikan-penyelidikan Geologi

Beberapa ahli telah melakukan penyelidikan geologi di daerah ini sejak DANES (1910), VALKENBURK (1936), DANWHITE (1923), VAN HEEK (1955), OSBERGER (1955), VAN ES (1932), SUMOSUSASTRO (1944).

Penyelidikan lebih detail adalah yang dilakukan oleh SARTONO (1964) (R 8).

Geologi Umum

Formasi geologi yang ada di daerah Gunung Sewu dapat disusun sebagai berikut :

	Formasi	Umur
M u d a ↓ T u a	8. Debris	Recent
	7. River deposits	Pleitosen Tengah – Recent
	6. Terra Rossa	Pliosen – Recent
	5. Formasi Punung	Tertier $f_1 - f_3$
	4. Formasi Nampal	Tertier $e_5 - f_1$
	3. Formasi Wuni	Miosen Tua (Burdigalian Muda)
	2. Formasi Jaten	Oligo-Miosen (Aquatanian Tua)
	1. Formasi Besole	Oligosen

Formasi Besole

Batunya terdiri dari : batuan Beku; Tonalite, Dacite, Andesit dan Tufa Dacit (Dacitic Tuff).

Tonalite : berukuran kasar mengandung mineral : andesive, Quartz, Oksida besi, biotit dan chlorit.

Dacit : lebih tahan lapuk dari Tonalit tebalnya mencapai 300 m. komposisi mineral sama dengan Tonalit dengan tekstur porphiritic, mengandung claystone, quartz, plagioclase, hyperthene dan oksida biji, biotit, chlorite, hornblende.

Andesit mengandung plagioclase, augit, biotit, oksida biji, quartz.

Umur Tonalit lebih tua dari Dacit sedangkan Tufa-dacit lebih muda dari Dacit sedangkan Andesit berumur lebih muda dari Dacit termasuk formasi Old Andesite.

Formasi Jaten

Tebalnya mencapai 150 m, posisinya tidak selaras terhadap Formasi Besole.

Batunya terdiri dari 3 macam; bagian bawah terdiri dari batu pasir halus, Silstone sedangkan bagian atasnya terdiri dari claystone, napal dan batu gamping napaln.

Formasi Wuni

Terletak selaras di atas Formasi Jaten tebalnya berkisar dari 150–200 m. Bagian bawah mengandung agglomeratic-breccia dengan sisipan silicified wood atau tufa, bagian tengah agglomerat dengan pergantian batu pasir tufa siltstone dan conglomerat.

Bagian atas batu pasir tufa kasar dengan sisipan agglomerat dan juga batu gamping coral reef.

Formasi Nampol

Terletak selaras di atas formasi Nampol batuan mempunyai kemiringan dari $7-12^{\circ}$, tebalnya mencapai 60 m. Bagian bawah terdiri dari batu pasir kasar bergantian dengan agglomerat dan grits.

Bagian tengah terdiri dari batu pasir yang bergantian dengan batu lempung dan tufa serta conglomerat di atasnya. Bagian atas terdiri dari lapisan batu pasir setebal 30 m.

Formasi Punung

Tersebar hampir 2/3 daerah yang diselidiki, lapisan-lapisannya mempunyai kemiringan $7-15^{\circ}$. Terdiri dari 13 macam, berlapisan batuan dengan nama seperti pada Lampiran 2.

Terletak selaras di atas formasi Nampol.

Terra Rossa

Terletak tidak selaras di atas formasi Punung terdiri dari tanah lempung dan beberapa tempat nodules-nodules dan limonit dan bongkah-bongkah gamping yang tidak larut. Terra Rossa adalah gabungan dari residu batuan clastik dan gamping formasi Punung karena proses disintegrasi. Warna coklat merah karena komposisi oksida besi (Feric Oxida) yang berasal dari dekomposisi mineral silika pada batuan pasir tufa.

Endapan Sungai

Terdiri dari gravel yang tebalnya berkisar dari 50-150 cm terletak di teras-teras sungai.

Debris (rambakau-rambakau)

Terbentuk karena gerakan dan longsoran tanah (landslider) terletak di kaki lereng-lereng bukit berupa escarment yang tebalnya 75-125 m.

Geologi daerah G. Sewu dan kepentingan lokasi PLTN

Dari formasi geologi yang ada maka batuan yang paling banyak ditemukan adalah Formasi-Formasi Besole-Punung terdiri dari batuan beku maupun batuan sedimen. Kecuali formasi Jatén yang tidak selaras terhadap formasi Besole maka formasi-formasi lainnya selaras. Kemiringan lapisan-lapisan kurang dari 30° ($7-12^{\circ}$ Napol: $7-15^{\circ}$ Punung), kemungkinan gejala gerakan tanah tidak menjadi masalah. Sedimen-sedimen seperti : batu pasir, cleystone, napal dan gamping napalan bila kompak tidak menjadi problem ditinjau dari segi kekuatan (strength) dan kemungkinan leakage (R 9) (perlu dilakukan survey geolistrik).

Batuan-batuan beku maupun sedimen dapat digunakan sebagai bahan bangunan proyek. Kebutuhan air dapat diperoleh dari sungai-sungai :

K. Kraden dan K' Barong atau daerah-daerah prospektip untuk akumulasi air tanah di daerah Wonosari (Playen Depression : R 10)

1. S. Haal, T. Lindbo, L. Lunderberg, O. Nelsson, E. Wahlman. "Various Type of Heating Storage for use in Connedtion with Electric heating of buildings having existing water radiator System", 8th , WEC, Division 2, Bucharest, Rumania, 1971.
2. V.T. Radja "Aspek-aspek Teknik Geologi P. Jawa sebagai data dasar perencanaan lokasi suatu PLTN di Jawa", Seminar Ekonomi Teknologi PLTN ketiga, 27 Pebruari-2 Maret 1974 Bandung.
3. V.T. Radja "Sumbangan potret udara dalam Survey dan perencanaan PLTA Larona", Publikasi LMK, Mon. No. 05 Geol-69, 1969.
4. V.T. Radja "Pengaruh-pengaruh geologi pada pembangunan PLTA Kali Konto, Publikasi LMK, Mon, No. 02 - Geol - 69, 1969.
5. V.T. Radja "Penyelidikan geologi sekitar PLTM Bengkayang, Kalimantan Barat, 1974. Publikasi LMK 1974 (sedang dicetak).
6. D.G. Top Ling "Plant Site Evaluation Using Numerical Rating", Power Engineering, Vol. 78 March, 1974 PP : 56 - 59.
7. M.M. Purbohadiwijoyo, S. Wongsosentono "Environmental geology and High Rise Buildings with Special Reference to Jakarta" Regional Conference on Tall Buildings, December 9 - 11, 1974, Jakarta Conference Paper No.: 16
8. S. Sartono "Stratigraphy Sedimentation of The Easternmost part of Gunung Sewu (East Java), Publikasi Teknik Seri Geologi Umum No. 1 - 1964.

9. G.F. Loughlin "Notes on the weathering of natural building stone" A.S.T.M. Proceeding 1 Vol. 3 part II, pp. 759 - 767.
10. M. Untung
K. Udjang
E. Ruswandi "Penyelidikan Gaya Berat di daerah Yogyakarta - Wonosari, Jawa Tengah", Publikasi Teknik Seri Geofisika No. 3 - 1973.

Table 1 SITE EVALUATION, HYPOTHETICAL SITE

	Weighting (WF)	Rating (R)	Evaluation Points (WFxR)
1. Capability of Cooling System Development	3	5	15
2. Proximity to Load Center	1	3	3
3. Land Availability	3	5	15
4. Compatibility of Land Use	3	5	15
5. Resources Consumption	6		
a. Water Consumption	3	3	9
b. Land Utilization, Amount	1	1	1
c. Land Utilization, Critical Environment Importance	2	5	10
6. Accessibility	4		
a. To Rail Transportation	1	5	5
b. To Highway Transportation	1	5	5
c. To Water Transportation	1	5	5
d. To a Port	1	3	3
7. Suitable Soil Foundation Conditions	1	3	3
8. Cost of Transmission Connections	1	5	5
9. Environment Impact	17		
a. Water Quality Impact	3	5	15
b. Terrestrial Biological Impact	3	3	9
c. Aquatic Biological Impact	3	2	6
d. Construction Effects	1	5	5
e. Aesthetics	1	3	3
f. Air Quality Impact	2	5	10
g. Noise Impact	1	5	5
h. Transmission System Routing	1	5	5
i. Impact on Fuel Delivery Corridors	2	3	6
10. Process Water Supply	1	5	5
11. Population Density	2	5	10
12. Socio-Economic Impact	2		
a. Community Services	1	5	5
b. Area Economy	1	3	3
13. System Compatibility	3	1	3
Site Evaluation Quality (Total)			184

Table 2 SITE EVALUATION, HYPOTHETICAL SITES

Site	Site Evaluation Quality	Ranking	Ranking
1	79	8	
2	92	5	
4	140	2	2
5	102	4	4
6	60	9	
7	115	1	1
8	175	1	1
9	88	6	

Key 1.
PPSEI WEIGHTING FACTORS

Weight	Criteria
1	Least Important
2	Moderately Important
3	Highly Important

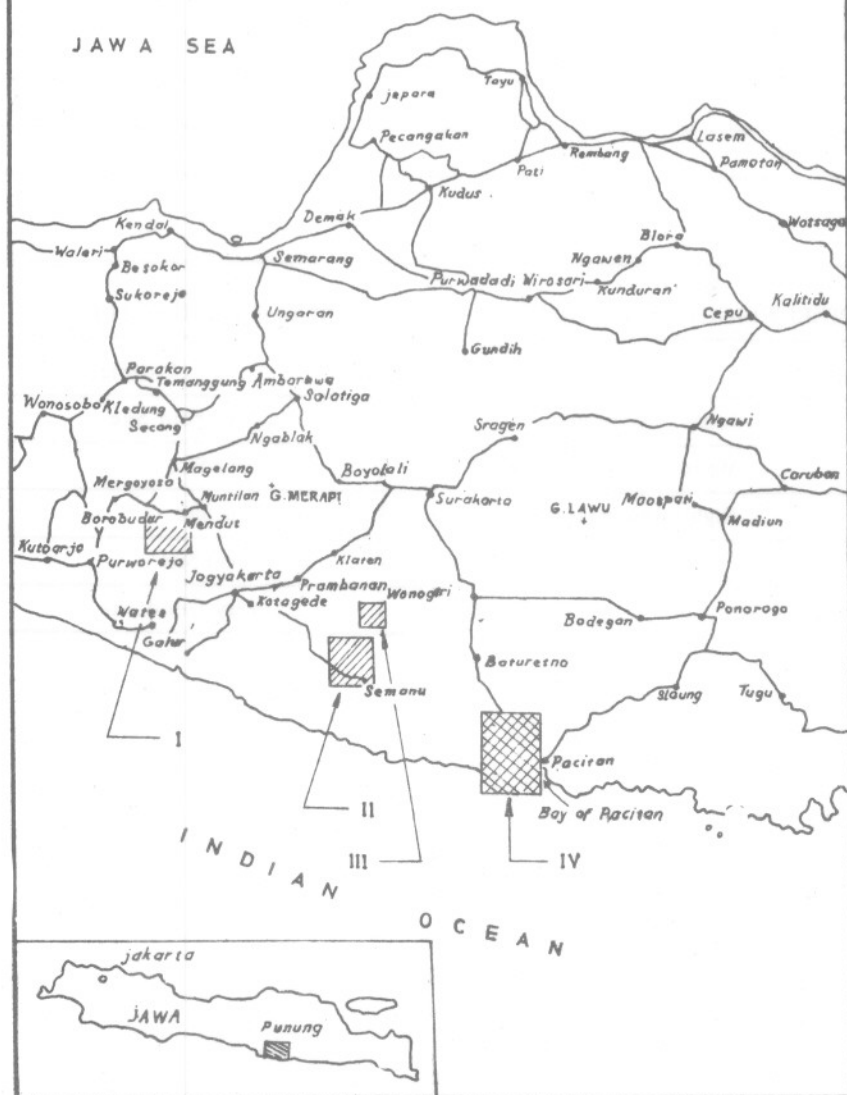
Key 2
PPSEI RATING SCALE

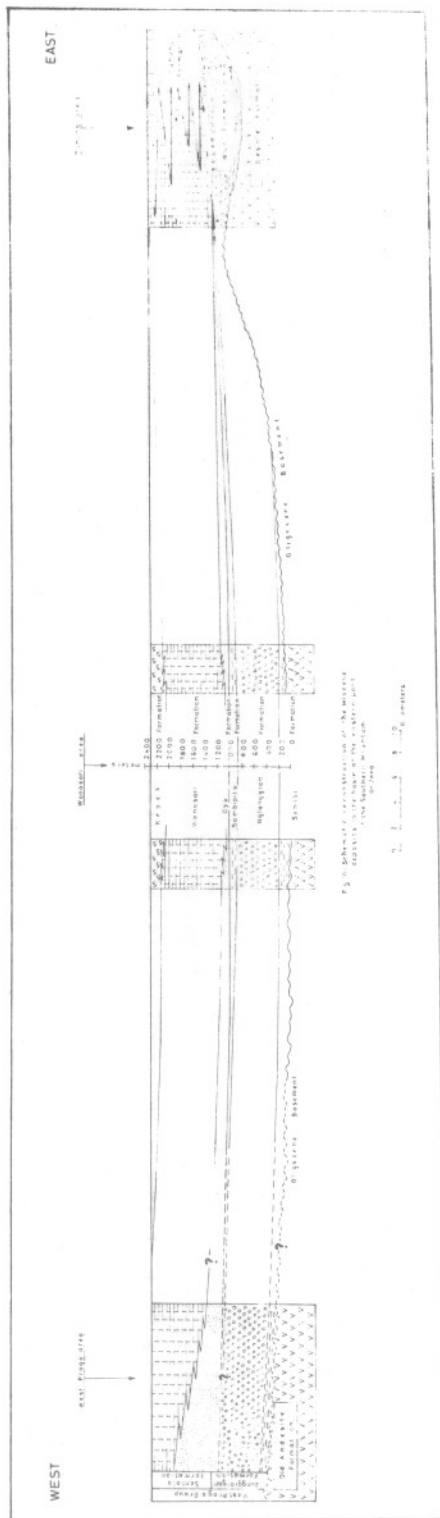
Rating	Criteria
1	Very Poor Site
2	Poor Site
3	Fair Site
4	Good Site
5	Very Good Site

Fig. 9. LOCATION SKETCH MAP

0 20 40km

- I. West Progo area.
- II. Wonosari area.
- III. Bayat area.
- IV. Punung area.





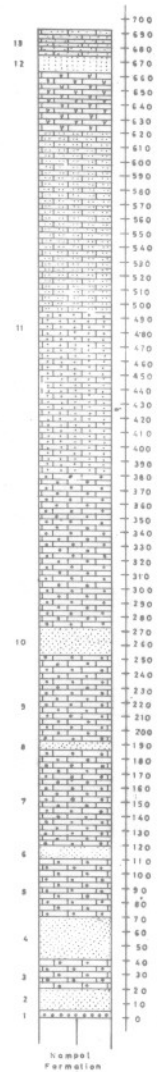


Fig. 3. COMPOSITE STRATIGRAPHIC COLUMN OF THE
PUNUNG FORMATION SHOWING VARIOUS MEMBERS
WITH THEIR AVERAGE THICKNESS

Legend	
13	Widoro Member
12	Cere Member
11	Kalak Member
10	Pringuku Member
9	Jember Member
8	Ngriwang Member
7	Kramel Member
6	Bole Member
5	Watubanyu Member
4	Warung Member
3	Kliden Member
2	Bekaske Member
1	Pagutan Member