

GEOLOGI ENDAPAN MINERAL ENERGI DI INDONESIA

Sampurno

Fakultas Teknologi Mineral
Institut Teknologi Bandung

PENDAHULUAN

Kepulauan Indonesia muncul secara evolutif di bumi ini sejak jutaan tahun yang lalu akibat dari gerakan-gerakan dan tekanan-tekanan yang berjalan pada kulit bumi, khususnya akibat dari gerakan mendekat dan bertubrukan dari empat lempeng yaitu lempeng Asia, lempeng Samodra India, lempeng Australia dan lempeng Pasifik. Peristiwa tektonik tersebut didahului oleh pengendapan sedimen dari berbagai sumber yang berasal dari daratan dan tinggian yang terbentuk sebelumnya, dan mengendap pada berbagai lingkungan sedimentasi.

Akibat dari tubrukannya keempat lempeng tersebut bermunculanlah jajaran pulau yang membentuk pulau-pulau Kalimantan, Sumatra, Jawa, Kepulauan Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur, Kepulauan Maluku, Sulawesi dan Irian, jajaran kepulauan Mentawai, Siberut, Nias, dan sebagainya.

Kesemua pulau tersebut di atas, pada suatu waktu secara geologis pernah berada dalam kondisi cekungan sedimentasi yang kemudian oleh proses-proses tektonik secara evolusi berangsur menjadi pulau atau busur kepulauan.

Bersama dengan proses-proses sedimentasi di berbagai cekungan diendapkan pula plankton sebagai bahan cikal bakal endapan mineral hidrokarbon yang nantinya berubah menjadi minyak dan gas bumi; atau di cekungan lain diendapkan bahan organik tumbuh-tumbuhan yang kemudian di kemudian hari berubah bentuk menjadi gambut dan batubara. Pada cekungan-cekungan sedimentasi dapat pula turut diendapkan mineral-mineral yang berkadar unsur radioaktif.

Proses-proses tektonik melahirkan pula struktur geologi seperti lipatan, patahan, terobosan-terobosan magma dari berbagai tahapan

sukit dan dimensi, dan vulkanisme. Kegiatan-kegiatan tersebut dapat pula menghasilkan mineral-mineral yang mempunyai kadar radioaktif.

Terobosan-terobosan magma dan vulkanisme dapat pula berperan sebagai sumber panas bumi yang bertanggung jawab terhadap kehadiran uap panas di dalam kulit bumi.

Akibat dari kondisi dan proses-proses geologi yang berjalan dalam waktu yang amat lama tersebut di kawasan Indonesia maka terbentuklah berbagai jenis mineral yang sebagian dari padanya merupakan mineral yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi seperti minyak dan gas bumi, batubara dan gambut, uap panas, dan mineral radioaktif.

Selain itu kondisi geografi Indonesia yang terdiri dari daratan, pegunungan, dataran, lautan dan letaknya yang berada di sekitar katulistiwa ini melahirkan pula suatu pola iklim tertentu yaitu iklim tropis dengan curah hujan tinggi dengan suhu yang tinggi pula. Sistem alam seperti itu telah pula melahirkan sistem air yang khas : air atmosfer, air permukaan dan air tanah.

Jika air dianggap pula mineral maka jelas air berperan pula sebagai "mineral" energi yang perlu disinggung di dalam makalah ini.

Mineral-mineral energi yang terdapat di Indonesia tersebut sebagian telah dieksplorasi bahkan ditambang dan dimanfaatkan, tetapi sebagian lagi memang hanya berkadar indikatif atau masih memerlukan penelitian lanjut untuk dapat dikenal potensinya.

Di dalam rangka eksplorasi, penambangan, pemanfaatan mineral-mineral energi tersebut tentunya mempunyai dampak baik yang positif maupun yang negatif.

Pada makalah ini akan dikemukakan secara ringkas gambaran akan terdapatnya mineral energi tersebut di alam, khususnya kondisi geologinya, dampak-dampak yang dapat timbul sebagai akibat kegiatan eksplorasi, penambangan, pemanfaatannya dan masalah limbah yang dihasilkannya.

KERANGKA GEOLOGI DAN MINERALISASI INDONESIA

Perkembangan geologi dan tektonik Indonesia terekam dengan baik sejak Jaman Perm, tahun yang lalu, hingga sekarang.

Meskipun demikian terlihat perbedaan perkembangan antara Indonesia bagian Barat dan Indonesia bagian Timur.

Pada dasarnya lingkungan geologi dari "arc-trench systema" yang berbeda antara kedua wilayah tersebut bertanggung jawab kepada kerancuan dan perbedaan-perbedaan geologi dan juga mineralisasinya.

Pada umumnya jalur sedimentasi dan tektonik di Indonesia bagian Barat menjauhi benua Asia ke arah lautan India secara bertahap dan diikuti oleh kegiatan vulkanismenya. Masing-masing kegiatan tektonik kurang lebih menghasilkan asosiasi mineral logam. Dikenal umpamanya "Jalur Orogen Malaya" yang terbentuk pada jaman "Jura Akhir", menghasilkan mineral-mineral kasiterit, emas dan mineral sekunder bauksit; wilayah ini meliputi Semenanjung Malaya, kepulauan Riau - Bangka-Belitung sampai ke Kalimantan Barat. Orogen Sumatra, jaman Kapur, menghasilkan mineral-mineral besi, emas, perak dan logam dasar, intan dan endapan sekunder laterit besi; meliputi wilayah Sumatra, Jawa, dan Kalimantan Tenggara. Orogen Sunda, jaman Miosen Tengah dicirikan adanya mineral-mineral logam emas, perak dan mangan jenis epithermal; orogen ini meliputi wilayah-wilayah Sumatra, Jawa, dan Kepulauan Sunda Kecil. Meskipun tampaknya ada keteraturan dalam jalur orogen tetapi tidaklah demikian kalau dilihat dalam detailnya.

Perkembangan geologi di Indonesia bagian Timur berbeda dengan Indonesia bagian Barat; perkembangannya lebih dipengaruhi oleh pergerakan dari lempeng Pasifik yang mendesak ke arah lempeng Asia dan menimbulkan banyak horizon tal dan lipatan-lipatan pegunungan yang disebabkan karenanya. Komposisi yang berbeda antara lapisan selubung yang berada di bawah lautan India dan lautan Pasifik juga menyebabkan terjadinya perbedaan dalam mineralisasi. Wilayah Indonesia bagian Timur lebih kaya akan nikel, khrom dan sulfida tembaga.

Proses-proses tektonik yang terjadi pada zamannya menghasilkan pula proses-proses transformasi dari elemen-elemen dasar pembentuk mineral hidrokarbon menjadi minyak dan gas bumi, dan unsur-unsur organik tumbuh-tumbuhan menjadi batu bara. Proses dominan dari geologi selama terjadinya tektonik yang menyebabkan transformasi adalah kenaikan tekanan, suhu dan waktu yang cukup lama.

Kegiatan tektonik selain menghasilkan intrusi-intrusi dan gunung api juga menghasilkan lipatan-lipatan, sesar atau patahan, kekar-kekar. Semuanya dapat mempengaruhi terbentuknya perangkat-perangkat endapan mineral termasuk mineral energi. Endapan-endapan hidrokarbon di wilayah Indonesia sebagian besar terdapat di dalam struktur-struktur lipatan antiklin, dan yang lainnya adalah struktur terumbu, sesar, stratigrafi, dan sebagainya. Lapisan endapan batubara cenderung merupakan bagian dari lipatan yang bersudut landai, meskipun banyak yang bersudut terjal, tersesarkan ataupun melensa. Panas yang dihasilkan oleh intrusi dan gunung api telah menghasilkan uap panas di berbagai tempat di jalur pegunungan dan gunung api di Indonesia seperti di Sumatra, Jawa, Bali dan Sulawesi.

MINYAK DAN GAS BUMI DI INDONESIA

Minyak dan gas bumi di Indonesia berada di dalam reservoir yang umumnya terdiri dari batuan marin Tersier seperti batupasir yang permeabel, batugamping dan juga batuan lain yang mempunyai sifat berpori dan permeabel. Bentuk-bentuk perangkat yang lazim adalah struktur antiklin, struktur terumbu, dan ada juga yang terdapat di dalam perangkat sesar dan stratigrafi.

Di Indonesia dikenal sejumlah 40 cekungan sedimen yang potensial untuk endapan minyak dan gas bumi, baik di daratan maupun di bawah dasar laut. (lihat Gambar 3).

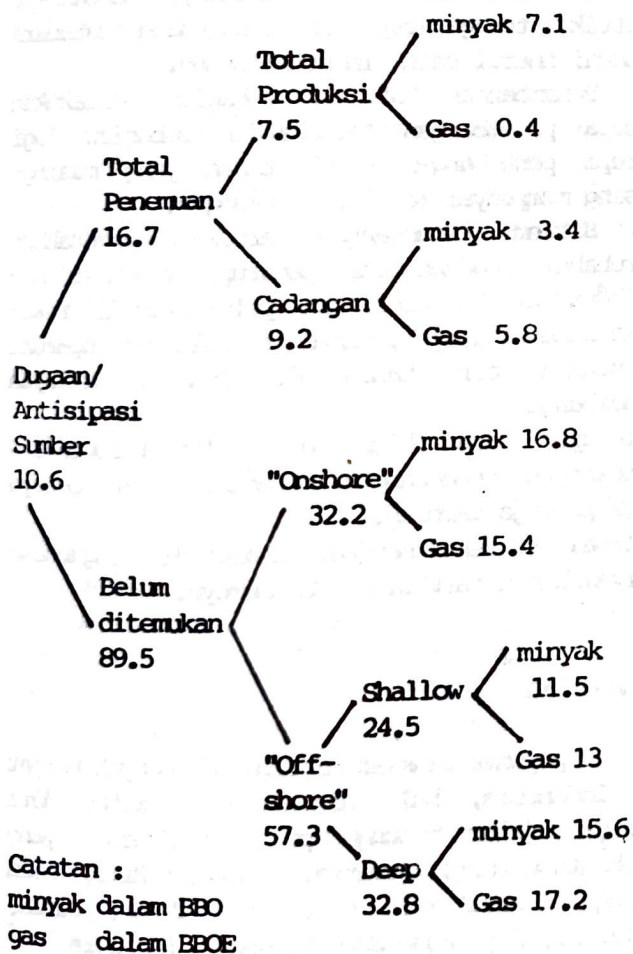
Cekungan-cekungan tersebut adalah :

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| 1. Sumatera Utara | 11. Pati |
| 2. Sibolga | 12. Laut Jawa Timur laut |
| 3. Sumatra Tengah | 13. Natuna Timur |
| 4. Bengkulu | 14. Natuna Barat |
| 5. Sumatra Selatan | 15. Ketunggan/Melawi |
| 6. Sunda | 16. Barito |
| 7. Jawa Barat Utara | 17. Asam-asam |
| 8. Biliton | 18. Kutei |
| 9. Jawa Selatan | 19. Tarakan |
| 10. Jawa Timur Utara | 20. Sulawesi |

- | | |
|-----------------------|---------------|
| 21. Selat Makasar | 31. Timor |
| 22. Lariang | 32. Banda |
| 23. Makasar | 33. Halmahera |
| 24. Gorontalo | 34. Waigeo |
| 25. Banggai | 35. Salawati |
| 26. Bone | 36. Bintuni |
| 27. Sulawesi Tenggara | 37. Aru |
| 28. Flores | 38. Waropen |
| 29. Bali | 39. Akinenga |
| 30. Sawu | 40. Sahul |

Diantara ke 40 cekungan sedimen tersebut yang sudah nyata menghasilkan minyak dan gas bumi adalah cekungan Sumatra Utara, Sumatra Tengah, Sumatra Selatan, Sunda, Jawa Barat Utara, Jawa Timur Utara, Natuna Barat, Kutai, Tarakan, dan Salawati.

Gambaran dari cadangan dan produksi minyak dan gas bumi Indonesia (1979) adalah sebagai berikut



Sementara itu usaha eksplorasi minyak dan gas bumi terus dilakukan dengan prioritas pertama bagi cekungan-cekungan di Sumatra, Jawa Timur dan Kalimantan Timur; prioritas kedua di wilayah Natuna, Kalimantan, Sulawesi dan Irian,

dan prioritas ketiga adalah di Nusa Tenggara, Sulawesi dan Maluku Utara.

Selain cadangan, maka yang perlu diketahui adalah kemampuan mengilang dan konsumsi bahan bakar minyak. Konsumsi BBM di Indonesia cenderung menaik sekitar 13% per tahun.

Dalam mempersoalkan habisnya cadangan minyak dan gas bumi dengan demikian sangat bergantung kepada tingkat eksplorasi penemuan cadangan-cadangan baru di cekungan-cekungan minyak, dan tingkat kenaikan konsumsi BBM. Tersirat disini bagaimana pentingnya telaah mendetail dari cekungan minyak, pengadaan dan peningkatan kualitas peneliti dan teknologinya.

Pencemaran di dalam usaha perminyakan dan gas bumi terdapat baik di daratan maupun lepas pantai. Pencemaran tersebut terjadi pada saat eksplorasi, penambangan, pengolahan, transportasi sampai kepada penggunaan BBM.

Menaiknya usaha perminyakan di sekitar tahun 1970 - 1980 memberi pula kenaikan kejadian pencemaran di daratan maupun di lepas pantai. Peristiwa-peristiwa sawah dan sungai serta air tanah yang tercemar, laut dan pantai, ledakan pemoran, pencemaran udara, dan sebagainya terjadi beberapa kali di beberapa tempat dan sangat perlu dicegah.

BATUBARA DI INDONESIA

Batubara terdapat sebagai lapisan-lapisan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan purba yang hidup di lingkungan rawa-rawa pada saat pembentukannya. Pada umumnya batubara Indonesia terdapat diantara lapisan batuan yang lain seperti batu lempung dan batu lanau berumur tersier seperti Eosen hingga Miosen Awal - Tengah - dan Akhir. Lapisan batubara yang bernilai ekonomis yang mempunyai kualitas yang baik dan mempunyai ketebalan yang cukup untuk penambangan berada dalam struktur geologi yang sederhana sehingga tidak menyukarkan dalam eksplorasi maupun penambangannya.

Selain itu batubara Indonesia juga berpotensi dalam endapan gambut. Endapan ini terdapat di wilayah bebas rawa-rawa, terdapat dalam lapisan bahan organik sisa tumbuh-tumbuhan dengan bermacam tebal dan luas penyebarannya.

Bahan energi batu ini sekarang dalam tingkat penelitian di beberapa tempat antara lain di Kalimantan Tengah. Meskipun demikian tampaknya ada perbedaan pandangan mana yang lebih baik antara pemanfaatan gambut yang dibakar habis untuk energi dan gambut yang dipergunakan untuk pertanian.

Di Indonesia dikenal banyak wilayah temuan batubara, antara lain:

SUMATRA

1. Bagian Timur Aceh
2. Langkat
3. Bagian Timur Sumatra
4. Bagian Barat Aceh
5. Tapanuli
6. Bagian Barat Sumatra
7. Riau
8. Jambi
9. Bengkulu
10. Palembang

KALIMANTAN TIMUR

1. Berau
2. Bulungan
3. Kutai
4. P. Balang
5. Pasir
6. Semakin
7. Pleihari Timur
8. Pulau Laut
9. Sebuku
10. Martapura
11. Ulu Sungai
12. Barito Hulu

IRIAN

1. Salawati
2. Kepala Burung

JAWA

1. Cimandiri
2. Bayah
3. Sukabumi
4. Bojongmanik
5. Ngandong
6. Lodam

KALIMANTAN BARAT DAN SELATAN

1. Mandai - Keriau
2. Ketunggan
3. Bukit Alat
4. Kalimantan Barat Daya

SULAWESI

1. Maros
2. Pangkajene
3. Barru
4. Bone
5. Enrekang
6. Makale
7. Mamuju
8. Bungku
9. Boloang Mongondou

MALUKU

1. Sula
2. Halmaera
3. Bacan
4. Obi
5. Ceram

Umbilin	200.000.000 ton
Bukit Asam	150.000.000 ton
Banten	15.000.000 ton
Pulau Laut	21.000.000 ton
Mahakam	50.000.000 ton
Parapatan	40.000.000 ton

Jumlah 476.000.000 ton

Eksplorasi yang dilakukan sejak 1975-1980 di Umbilin, Bukit Asam dan Kutai, menemukan cadangan masing-masing sebesar 87.600.000 ton, 163.100.000 ton dan 14.700.000 ton.

Produksi batubara sebelum perang mencapai 2.000.000 ton untuk Umbilin, Bukit Asam, Parapatan dan Kalimantan Timur. Sementara itu di tahun 1975 produksi hanya mencapai 200.000 ton dengan wilayah penambangan Umbilin dan Bukit Asam saja.

Pada akhir-akhir ini terdapat kenaikan dari produksi batubara karena dibukanya pembangkit listrik tenaga uap dan penggunaan batubara sebagai energi untuk industri semen.

Penambangan batubara sebagian dilakukan secara penambangan terbuka dan sebagian lagi berupa penambangan bawah tanah yang masing-masing mempunyai masalah lingkungan.

Sistem penambangan terbuka menyebabkan berubahnya keadaan tanah penutup, vegetasi, meningkatnya tingkat erosi dan pelumpuran di rawa-rawa atau di sungai, dan dapat pula mempengaruhi penurunan air tanah di sekitar wilayah penambangan.

Peletupan gas (blow out) dalam terowongan-terowongan penambangan merupakan pula bahaya bagi pekerja tambang.

Hal-hal tersebut menjadi masalah di lingkungan pertambangan batubara pada umumnya.

PANAS BUMI

Uap panas alamiah dijumpai di banyak tempat di Indonesia, hal ini merupakan akibat dari adanya jalur gunung api di Indonesia yang membentang dari Sumatra, Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat - Tenggara - dan Timur, Banda, Sulawesi, Kepulauan Sangir, dan di Halmaera.

Sebaran sumber panas tersebut secara teoritis di Indonesia mempunyai panjang 7.000 - 7.500 kilometer dan lebar 50 - 200 kilometer.

Diantara sekian tempat temuan tersebut ada beberapa yang menarik bahkan sedang ditambang atau sedang dalam tahap eksplorasi intensif. Tempat-tempat tersebut adalah di Umbilin, Bukit Asam di Sumatra; Parapatan, Mahakam di Kalimantan; dan Pulau Laut. Lain-lain tempat temuan belum tampak mempunyai arti ekonomi yang penting.

Gambaran cadangan batubara keseluruhan tidak diketahui dengan tepat. Data tahun 1979 menyebutkan bahwa di lapangan batubara yang penting, angka cadangannya adalah sebagai berikut :

Panas tersebut menaikkan air tanah yang bersirkulasi di kulit bumi bagian atas di wilayah gunung api untuk kemudian menjadi uap. Indikasi di permukaan akan adanya uap panas dangkal antara lain berupa mata air panas, lapangan-lapangan solfatora maupun fumarola, kubangan lumpur panas, "steaming grounds" ataupun "hot grounds".

Di Indonesia sampai saat ini telah diinventarisasikan ± 80 persen lokasi sumber panas bumi. Beberapa lokasi penting antara lain:

1. Kamojang, Jawa Barat
2. Dieng, Jawa Tengah
3. Rawa Danau, Banten
4. Buyan Bratan, Bali
5. Pooleok, Flores
6. Kawah Linow, Lahendong, Sulawesi Utara
7. Seulawah Agam, Aceh.

Dari sekian banyak titik lokasi sumber panas bumi yang telah dimanfaatkan sebagai sumber energi adalah di Kamojang, Jawa Barat, (30 MW) dan di Dieng, Jawa Tengah.

Pengadaan energi panas bumi ini dapat dinyatakan cukup bersih dengan tingkat pencemaran rendah. Beberapa hambatan dapat terjadi, misalnya korosi pipa dan alat-alat akibat kandungan sulfur tinggi, kebisingan karena hembusan uap, dan "blow out" dari tekanan yang kelewat besar.

Pembangkit listrik tenaga uap kecil-kecil mungkin pula diadakan di wilayah-wilayah yang potensial.

MINERAL RADIO AKTIF

Mineral utama penghasil Uranium adalah pitchbende yang terdapat terutama di dalam urat-urat retakan, di dalam pegmatit, atau di dalam kantong-kantong/sarang-sarang kecil yang kesemuanya berasosiasi dengan intrusi-intrusi magma asam. Selain mineral pitch bende, uranium juga terdapat sebagai mineral hipogen seperti oksida uranium, columbium, tantalum dan titanium, atau sebagai mineral supergen.

Selain itu juga ditemui di dalam batuan sedimen yang diresapi oleh mineral-mineral radio aktif carnotit.

Dapat pula ditemui di dalam serpih dan endapan pasir sungai, pasir pantai dan kerakal yang mengandung mineral radioaktif.

Di Indonesia terdapat lokasi-lokasi yang memberi indikasi adanya mineral radio aktif seperti uranium dan torium. Lokasi-lokasi tersebut pada umumnya berada pada :

1. Jalur magma asam atau intermedier, baik berupa intrusi maupun vulkanik, berumur tersier maupun pra tersier.
2. Endapan sedimen, khususnya sedimen yang bersifat reduktif dan berasal dari rombakan batuan yang tersebut di dalam 1.

Kawasan yang mungkin mengandung endapan radio aktif di Indonesia adalah seperti tersebut dibawah ini :

1. Sumatra

- batuan granit berumur Kapur, Jura, dan Tersier Tengah.
- batuan sedimen berumur Paleogen dan neogene misalnya Formasi Sibolga, Formasi Palembang Formasi Telisa, Formasi Batu Raja dan sedimen dari cekungan Ombilin.
- batuan metamorfik derajat rendah Pra tersier
- batuan vulkanik asam Pra Tersier dan Tersier

2. Jawa

- batuan granit Tersier Tengah
- formasi Bayah
- formasi Cimapag dengan mineralisasi emas Cirotan.

3. Kalimantan

- granit Permo-Trias Peg. Schwarner
- granit Jura di Batang Kawah
- endapan Tersier cekungan Mahakam
- formasi Melawi
- formasi Ketunggau
- Batuan vulkanik asam Tersier di Bukit dan Kawat (Mahakam).

4. Sulawesi, Banggai, Sula

- granit dan pegmatit Banggai (Tersier Tengah)
- formasi Toraja dan lignit
- Molase Sulawesi sorasin; (sedimen vulkanik)
- batuan vulkanik intermedier (Tersier)
- formasi Tinombo (Kapur)
- formasi Tohala (Perm - Trias)
- Sekis (Pra Tersier)

5. Irian Jaya

- granit wahren - anggi (Kapur)
- granit "basement complex"
- granit Tersier
- sedimen dari berbagai formasi
- daerah mineralisasi tembaga di Tembapapura

Dilihat dari Kadar dan penyebarannya maka urutan tingkat kemungkinan dijumpainya mineral radio aktif di Indonesia adalah sebagai berikut :

P u l a u	Tingkat Kemungkinan *
Sumatra	3
J a w a	1
Kalimantan	5
Sulawesi	2
NIT	?
NIB	?
Irian Jaya	2

* 5 = Kemungkinan besar 3 = Kemungkinan cukup
 4 = Kemungkinan sedang 2 = Kemungkinan kecil
 1 = Kemungkinan kecil sekali

PENUTUP/SIMPULAN

Indonesia cukup menunjukkan adanya berbagai mineral energi, baik yang baru bersifat indikasi seperti uranium dan torium, yang potensial maupun yang sudah terbukti ("proven") seperti batubara, minyak dan gas bumi.

Jika didalamnya dimasukkan pula "mineral air" maka jelas sudah diketahui bahwa banyak sungai di Indonesia berpotensi atau sudah terbukti menghasilkan energi listrik, seperti di bendungan-bendungan besar Asahan, Jatiluhur, Saguling, Karangkates, Gajah mungkur dan lain-lainnya.

Dari kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi, batubara, panas bumi, dan air selama ini telah dikenal dan diperoleh pengalaman mengenai penanganan terhadap tahap-tahap kegiatan pekerjaan seperti tahap survai, investigasi, disain, konstruksi, operasi dan perawatannya. Meskipun demikian masih dijumpai adanya hambatan di dalam pelaksanaannya dan masih timbul adanya dampak negatif.

Meskipun pengalaman sudah ada dalam menangani pencairan, pengambilan dan pendayagunaan mineral-mineral tersebut di atas, rasanya masih ada keterbatasan dalam mengatasi hambatan dan dampak negatif; hal tersebut barangkali disebabkan masih adanya kekurangan dalam pengetahuan, pengalaman, teknologi yang kurang memadai, dana yang mungkin juga kurang; atau juga karena sikap-sikap dan pola tingkah yang belum mendukung untuk menghadapi teknologi tinggi itu. Dan kesemuanya itu tentu saja mengundang risiko di belakangnya.

Bagaimana menghadapi era nuklir ini ?

Semua lingkungan yang mendukung berdirinya reaktor nuklir perlu ditelaah baik-baik secermatnya : lingkungan penambangan, lingkungan sarana transportasi, ekstraksi, pemilihan lokasi reaktor baik fisik - (morfologi, fondasi, air dan airtanah - kestabilan lereng - bencana alam-sesar-sesar aktif) maupun demografi, sosial ekonomi dan kebudayaan ; dan pemilihan lokasi pembuangan limbahnya.

Studi perbandingan dan pencarian pengalaman sangat penting.

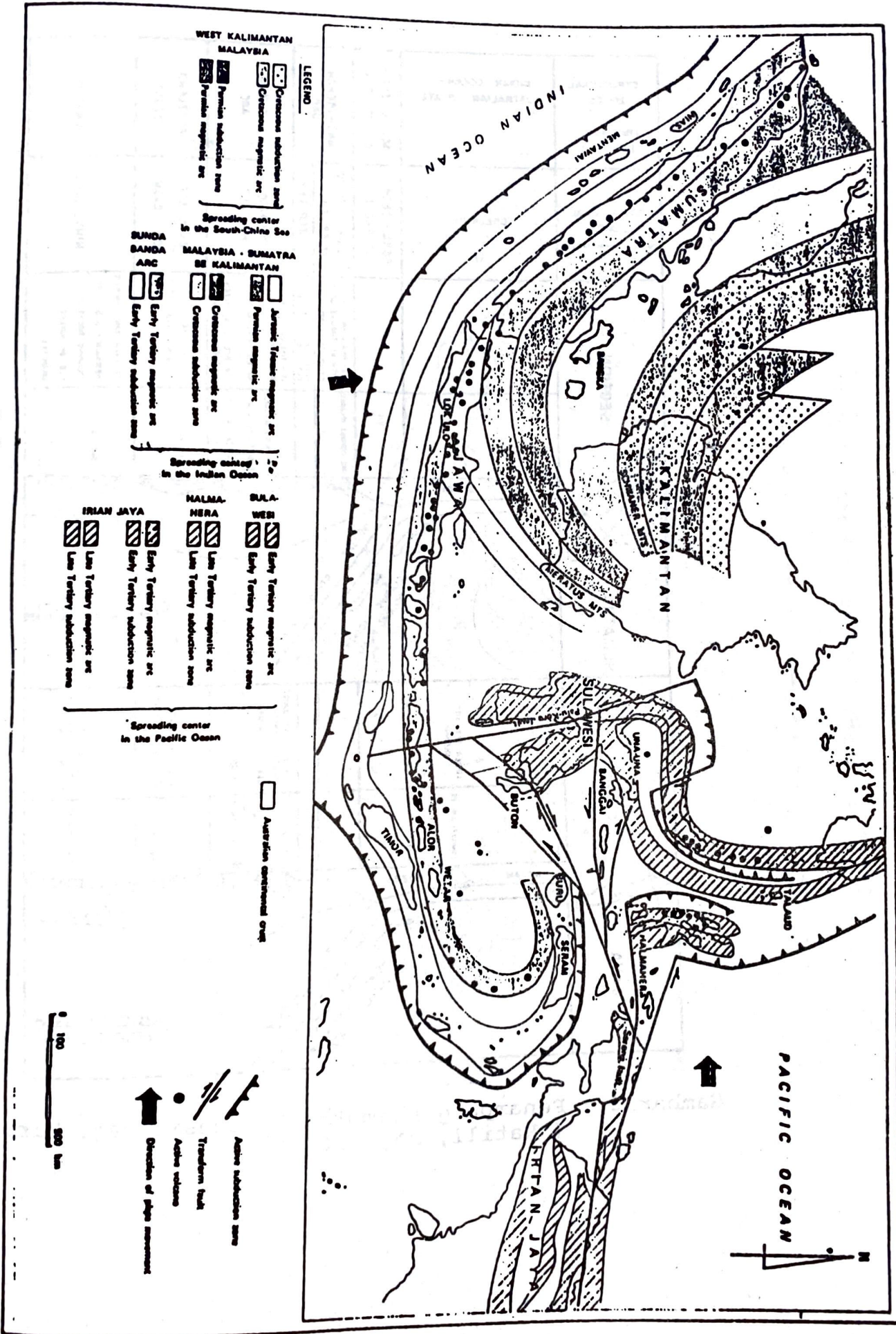
DAFTAR PUSTAKA

Van Bemmelen, R.W., *Theo Geology of Indonesia*, Vol II, Dept. of Transport - Energy and Mining, Batavia, Governm. Printing Office, The Hague, pp 265., 1949.

Katili, J.A., *Geotectonics of Indonesia : a modern view*, Directorate General of Mines, Jakarta, Indonesia, pp 271., 1980.

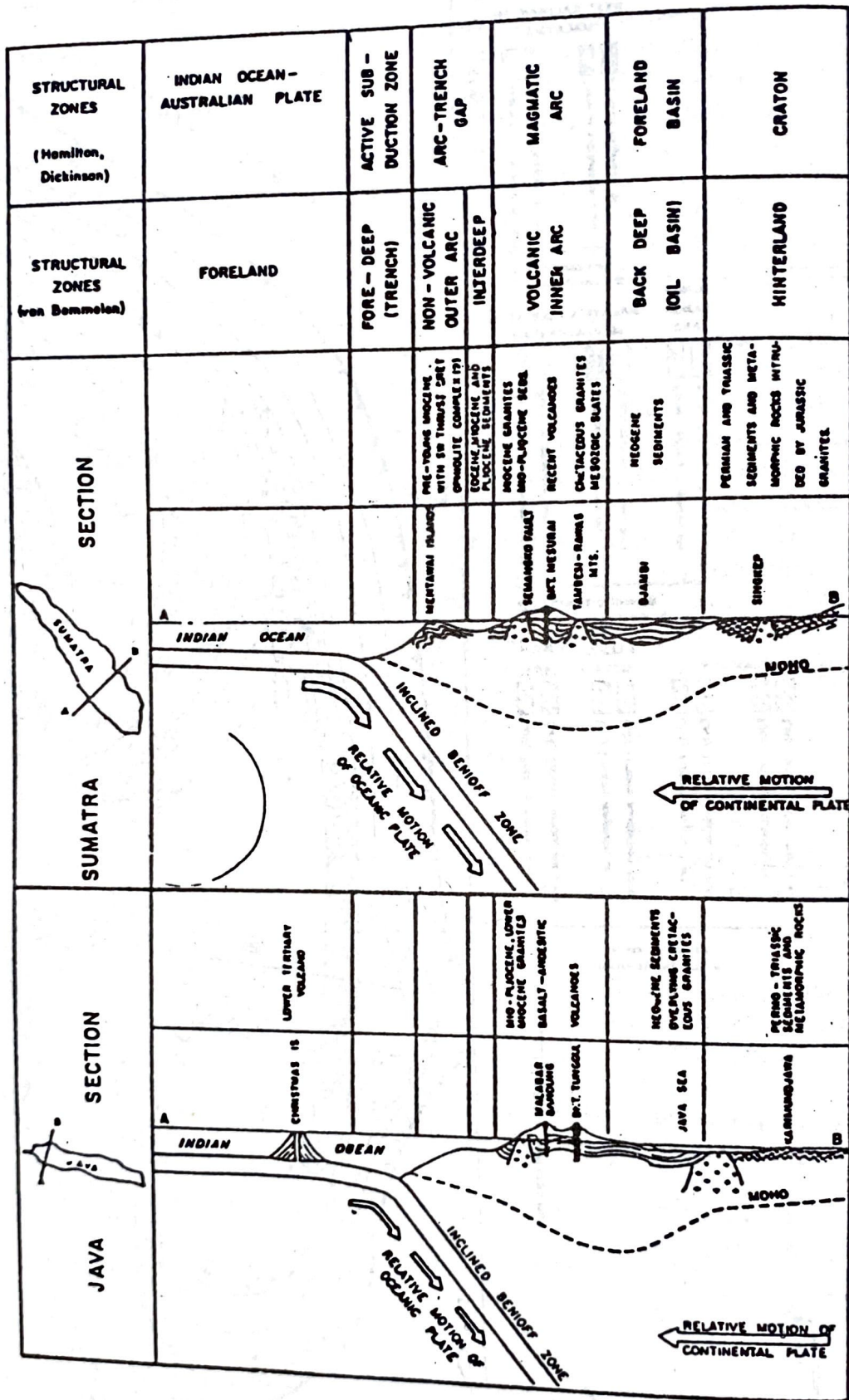
Ikatan Ahli Geologi Indonesia, *Laporan Seminar Sumberdaya Energi di Indonesia*, pp.129.1980.

Soetaryo Sigit,dkk (ed), *Buku Tahunan Pertambangan Indonesia*, Departemen Pertambangan R.I. pp 167., 1975.

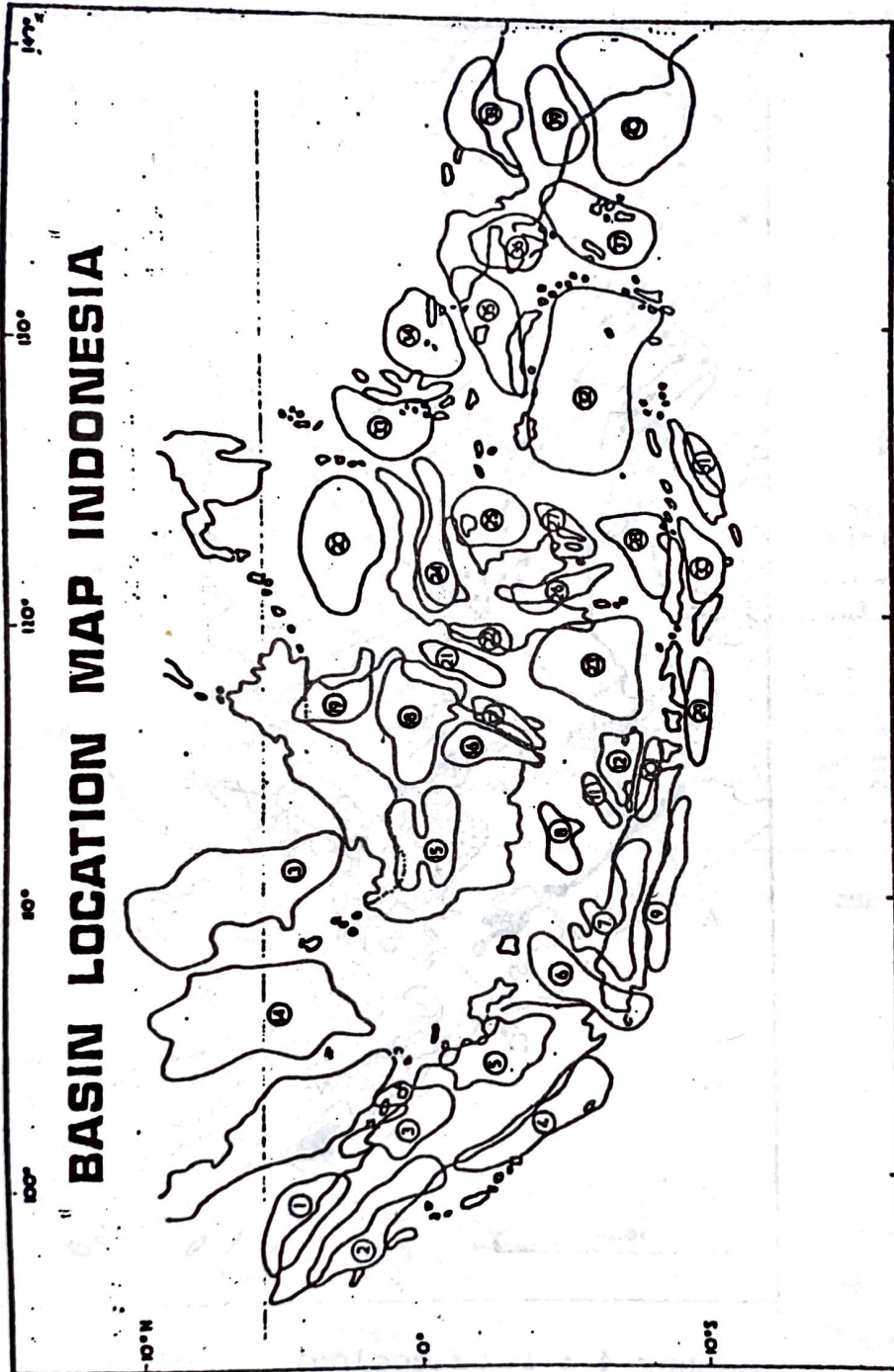


Gambar 1 : Skema Tektonik Kepulauan Indonesia

(Katili, JA, 1980)

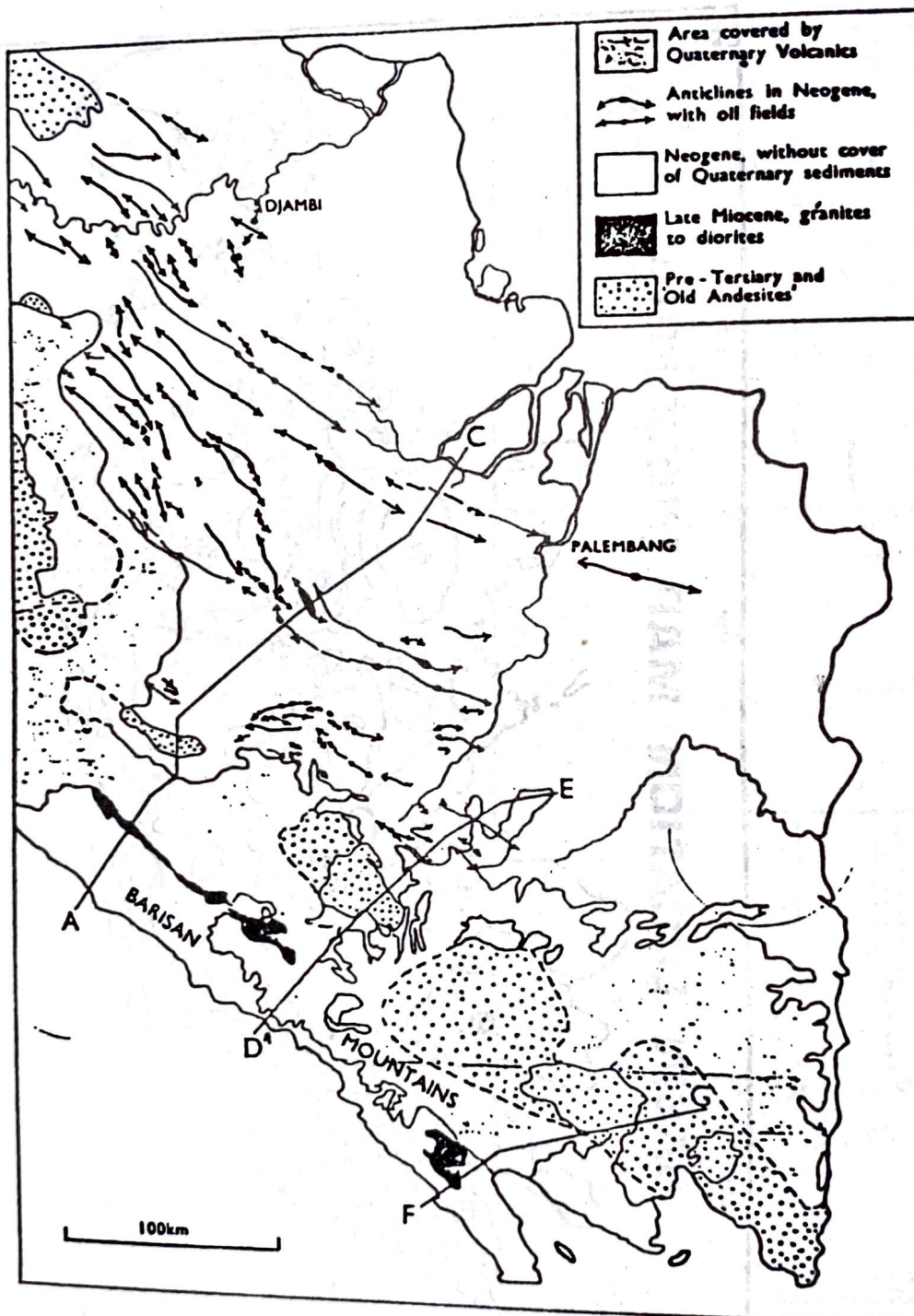


Gambar 2 : Penampang skematik Indonesia bag. Barat (Katili, JA, 1980)

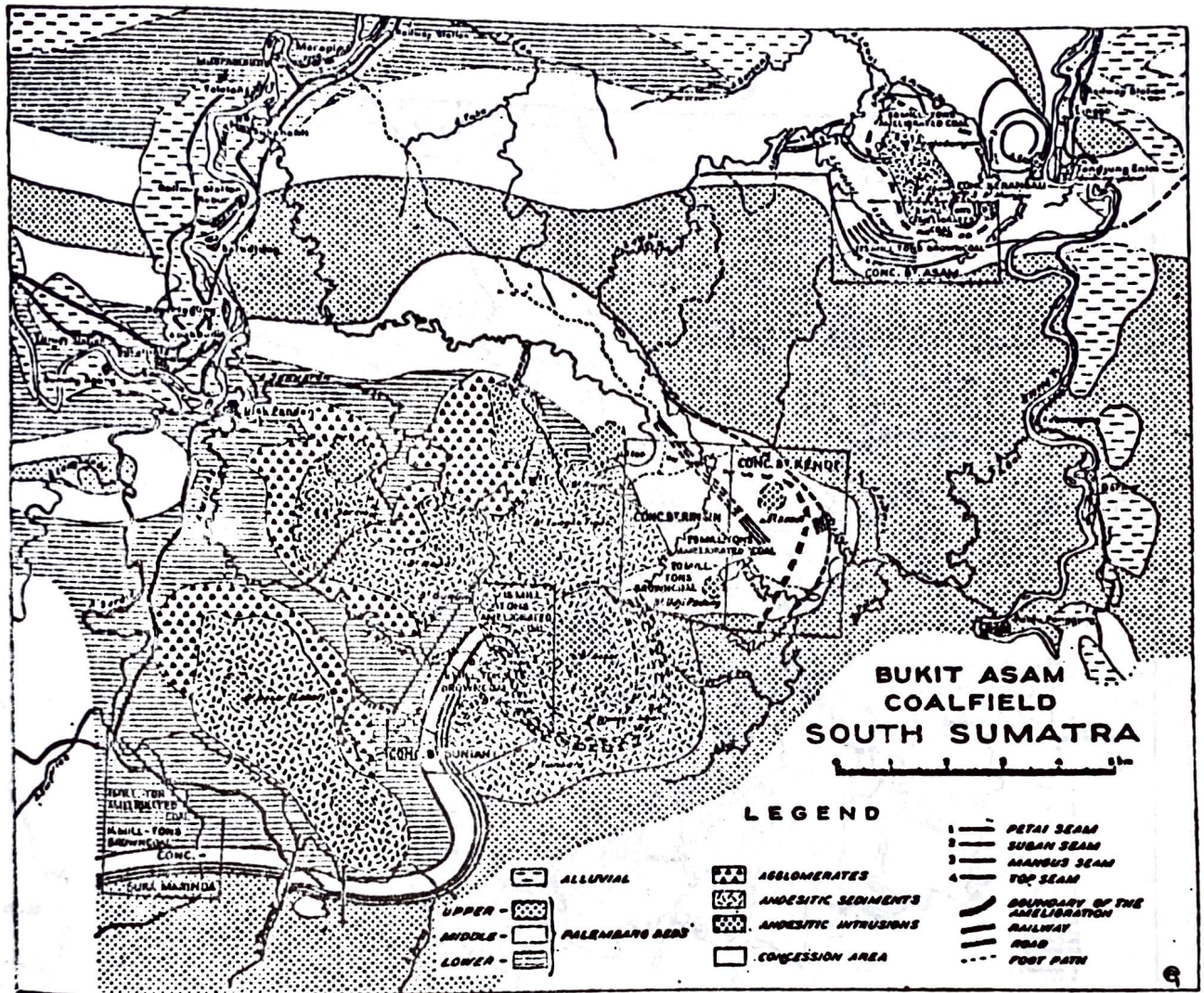


Gambar 3 : Lokasi Cekungan di wilayah Indonesia

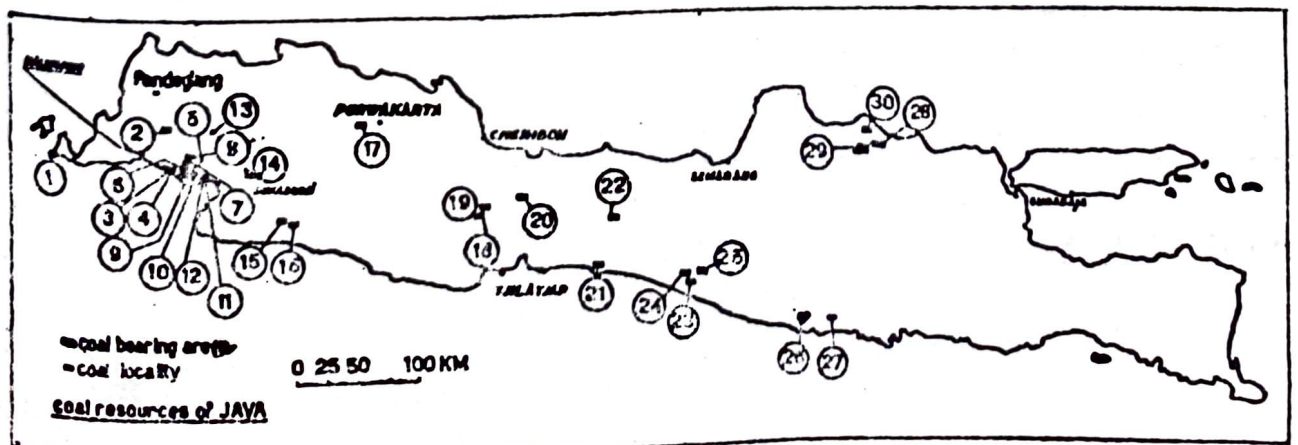
SUMATRA



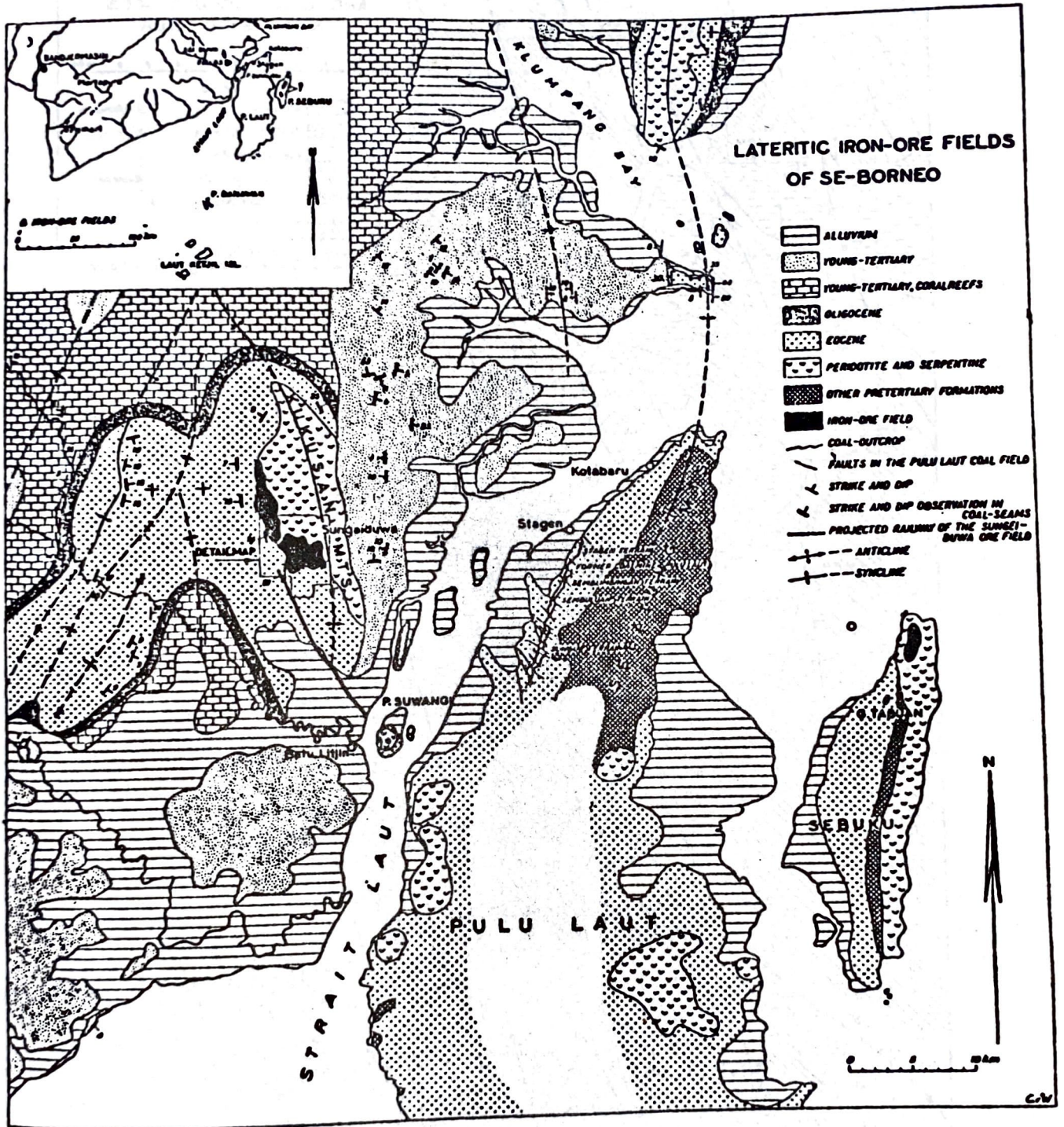
Gambar 4 : Peta geologi sederhana Sumatra Selatan dan ladang minyak.
(Westerveld 1941)



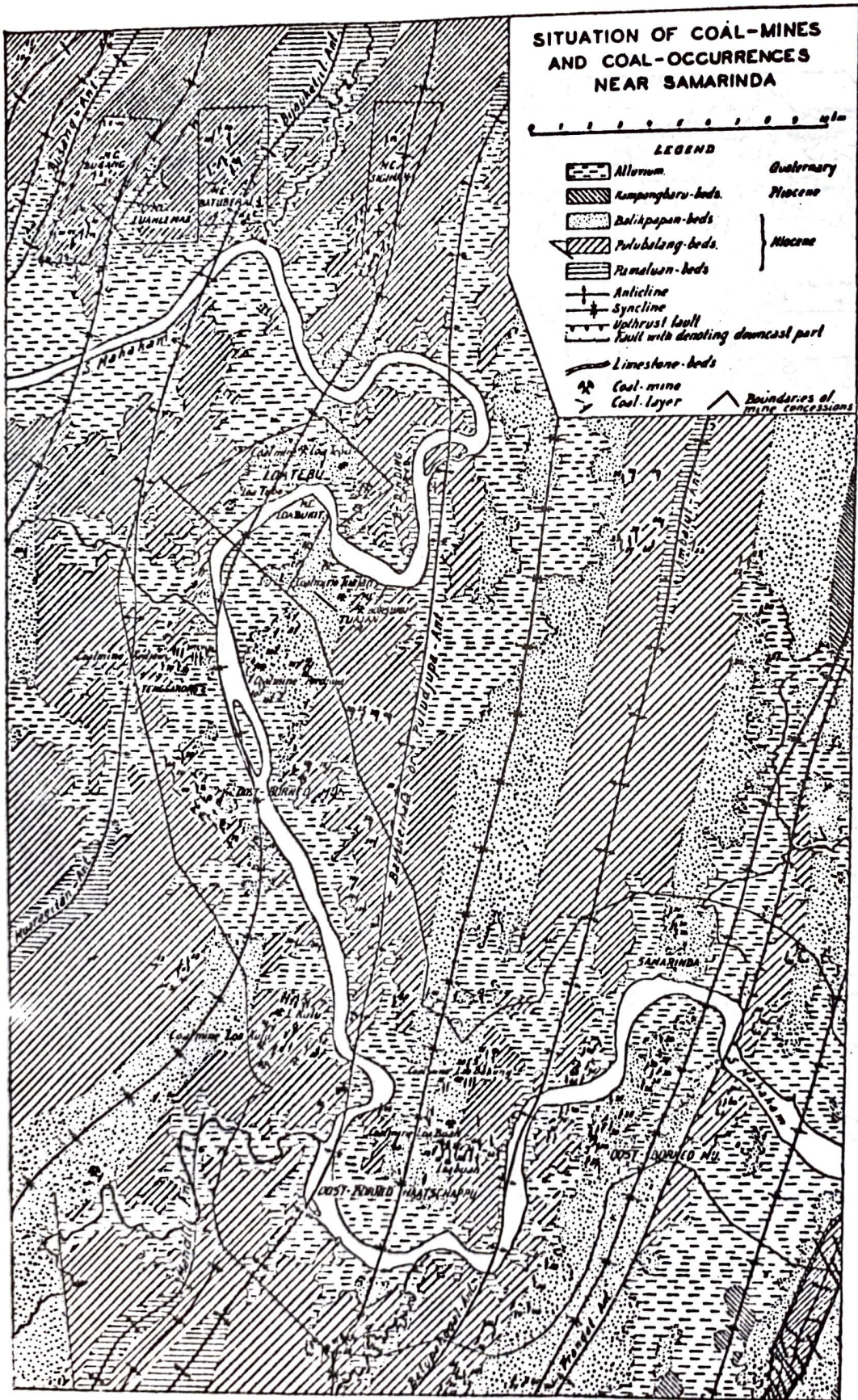
Gambar 5 : Ladang Batubara Bukit Asam (Van Bemmelen, 1949)



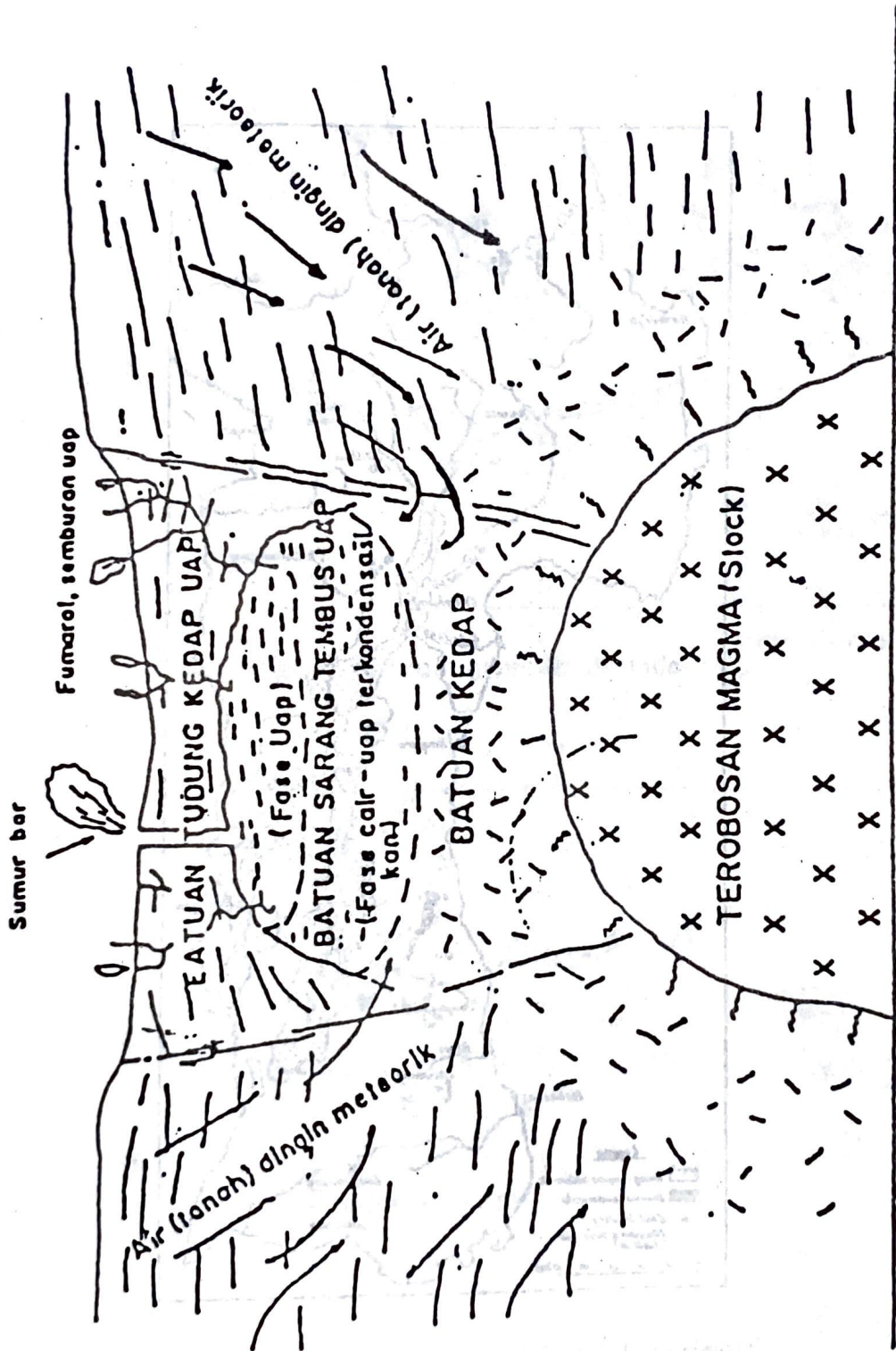
Gambar 6 : Batubara dan Lignit di Jawa (Van Bemmelen, 1949)



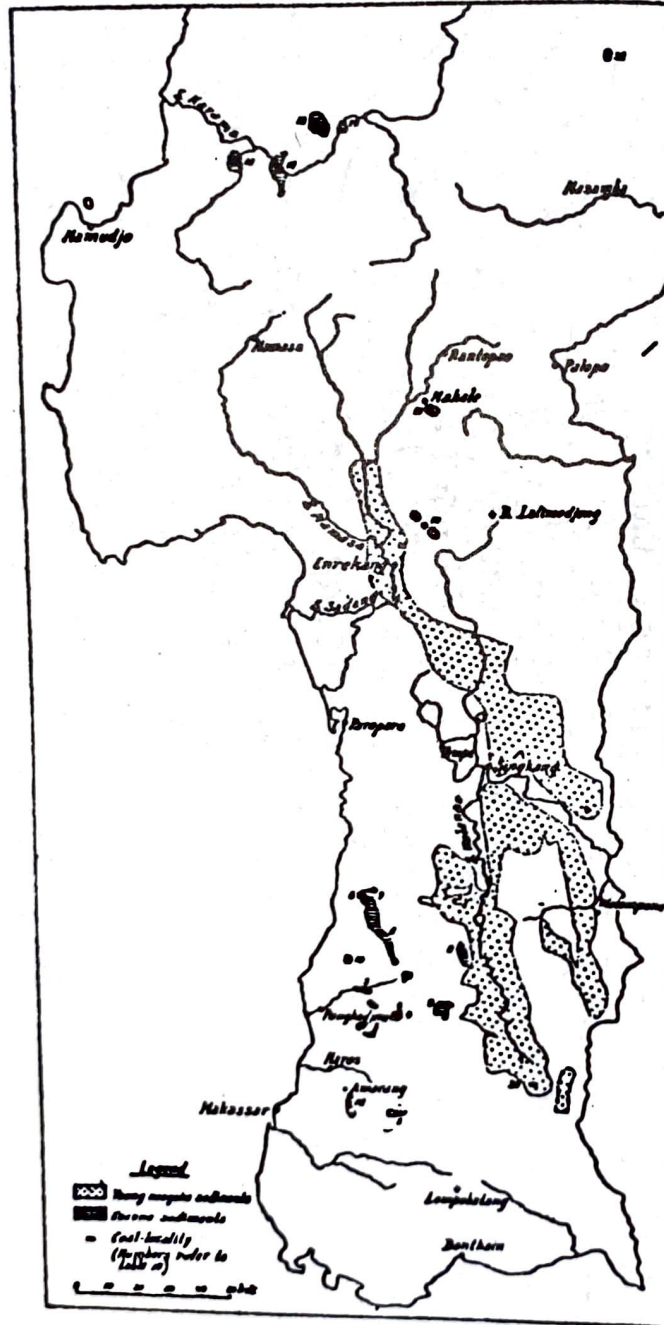
Gambar 8 : Lokasi batubara di Kalimantan Tenggara dan Pulau Laut (Ubaghs, 1940)



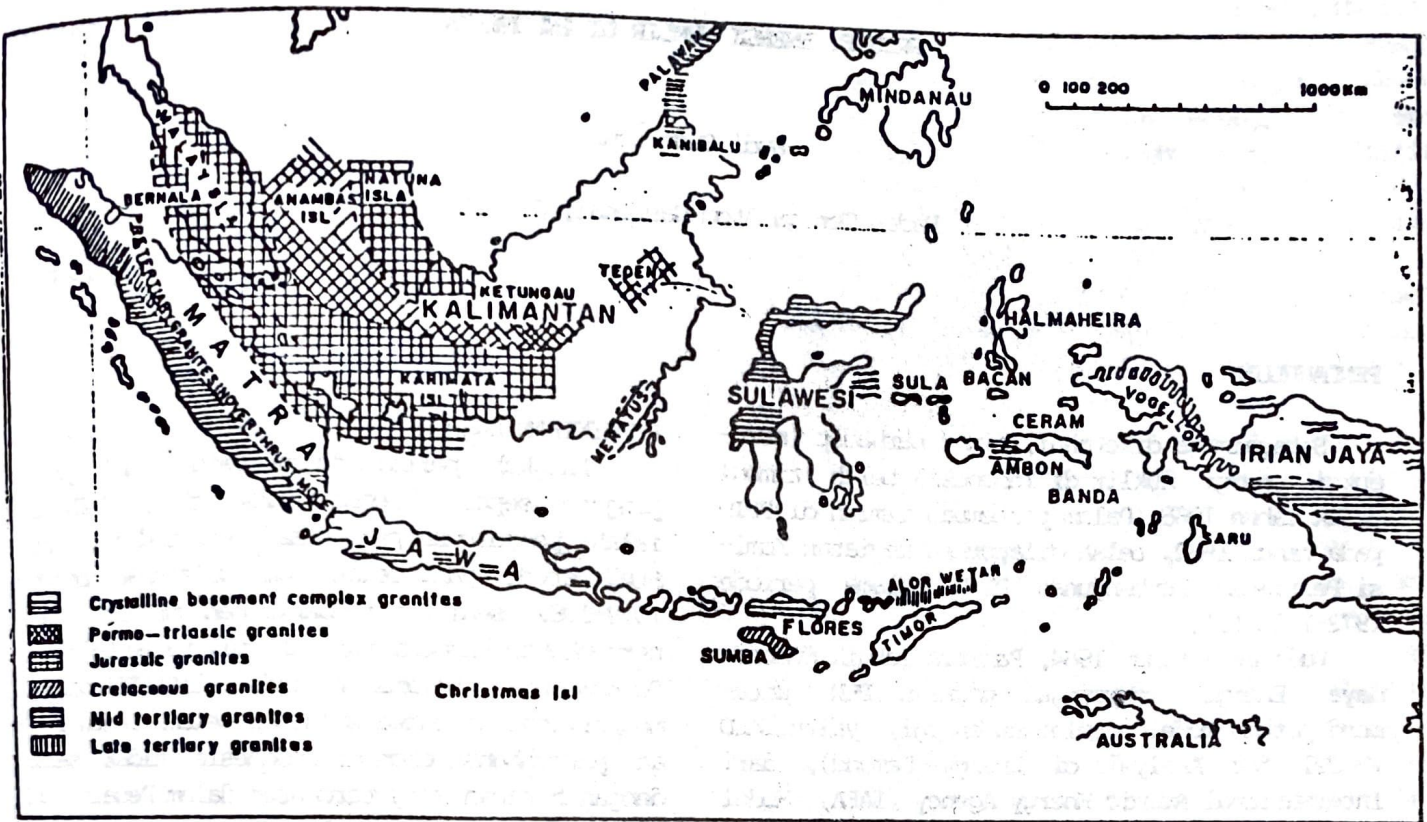
Gambar 9 : Situasi lapisan batubara di Samarinda (Kaltim) (Van Bemmelen, 1949)



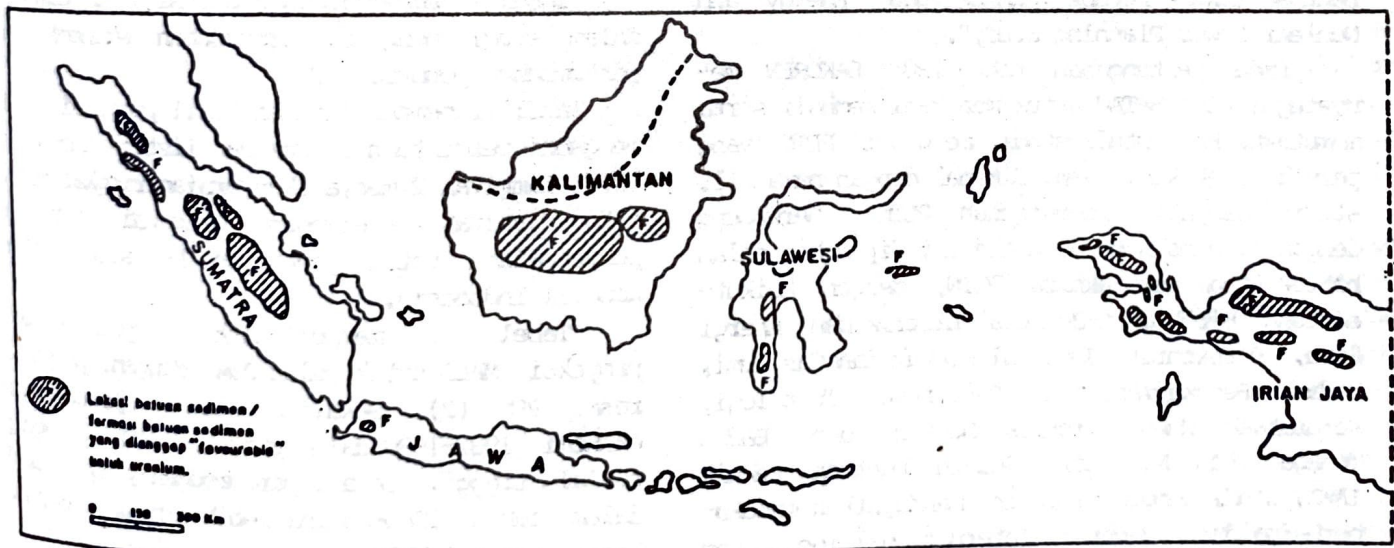
SISTIM PANASBUMI



Gambar 10 : Lokasi batubara di Sulawesi Barat Daya



(Van Bemmelen, 1949)
 Gambar 12 . Penyebaran Batuan granitik di Indonesia



Gambar 13 : Penyebaran batuan Sedimen/formasi batuan sedimen yang dianggap "favourable" untuk uranium. (laporan Seminar Sumber Daya Energi di Indonesia, IAGI, 1980)