

BAB 8

USIA MUTLAK BATUAN DAN SEJARAH TEKTONIK

8.1 Pendahuluan

Bab ini bertujuan untuk meringkaskan usia mutlak batuan igneus yang terdapat di Semenanjung Malaysia dan membincangkan pembahagian regim tektonik dan sejarah tektonik batuan igneus yang dilakukan oleh pengkaji terdahulu. Perbincangan ini amat penting untuk meletakkan Kompleks Igneus Stong dan Kompleks Igneus Benom di dalam sejarah tektonik dan evolusi batuan di Semenanjung Malaysia.

8.2 Usia mutlak batuan

Kajian geokronologi batuan igneus terutamanya granit di Semenanjung Malaysia bermula melalui tajaan Institut Sains Geologi London (IGS) pada tahun 1964 dan hasil analisis ini dikeluarkan pada tahun 1977 oleh Bignell & Snelling (1977). Kajian-kajian yang lain dilakukan oleh Rajah et al. (1977), Liew (1983), Liew & Page (1985), Liew & McCulloch (1985), Yap & Kwan (1984), Kwan & Yap (1986), Yap (1986), Darbyshire (1988), Kwan (1990), Krahenbuhl (1991), Schwartz & Askury (1990), Mohd Rozi Umor & Syed Sheikh Almashoor (2000), Mohd Rozi Umor & Hamzah Mohamad (2002), dan Mohd Rozi Umor, et al. (2005).

Penulis membuat pengumpulan hasil analisis usia mutlak batuan pengkaji terdahulu bagi granit di Jalur Barat, Jalur Tengah, Jalur Banjaran Sempadan dan Jalur Pantai Timur. Tiga kaedah yang biasa digunakan dalam penentuan usia mutlak, iaitu secara K-Ar, Rb-Sr dan U-Pb, dan melibatkan secara keseluruhan batuan atau pemilihan

satu mineral seperti biotit atau muskovit. Kesemua maklumat ini dimasukkan di dalam peta Semenanjung Malaysia bagi melihat taburan usia secara keseluruhan (Rajah 8.1). Dengan mengambilkira taburan usia batuan daripada pengkaji terdahulu ini, usia batuan secara bandingan dengan pola kontor usia ditunjukkan di dalam Rajah 8.2.

Secara umumnya granit Jalur Pantai Timur adalah paling tua dengan julat usia radiometri antara 220 – 263 juta tahun. Ia diikuti oleh granit Jalur Banjaran Sempadan yang berjulat usia antara 197 – 257 juta tahun. Granit Jalur Barat pula berusia antara 184 – 230 juta tahun dan Granit Jalur Tengah adalah paling muda ditafsirkan terbentuk selepas proses orogeni, iaitu berjulat usia antara 79 – 219 juta tahun (Bignell & Snelling, 1977; Rajah et al., 1977; Liew, 1983; Liew & Page, 1985; Liew & McCulloh, 1985; Yap & Kwan, 1984; Kwan & Yap, 1986; Darbyshire, 1988; Kwan, 1990; Krahenbuhl, 1991; Schwartz & Askury, 1990; Mohd Rozi Umor & Syed Sheikh Almashoor, 2000; Mohd Rozi Umor & Hamzah Mohamad, 2002; dan Mohd Rozi Umor et al., 2005).

8.2.1 Usia Mutlak batuan Kompleks Igneus Stong

Analisis radiometri secara K/Ar mineral muskovit oleh Bignell & Snelling (1977) mendapati usia mutlak Pluton Kenerong ialah 65 juta tahun, sementara itu penentuan usia secara Rb/Sr seluruh batuan menunjukkan Pluton Noring berusia 90 ± 30 juta tahun dan Pluton Kenerong 79 ± 3 juta tahun (Darbyshire, 1988). Namun begitu, ralat usia bagi Pluton Noring didapati terlalu besar dan masih dipertikaikan.

Mohd Rozi Umor & Hamzah Mohamad (2001) telah menentukan usia mutlak secara K/Ar mineral biotit dan mendapati usia Pluton Noring ialah 93.18 ± 1.84 juta

tahun dan Pluton Kenerong ialah 88.75 ± 1.75 juta tahun. Pluton Berangkat masih belum ditentukan usia mutlak batuan tetapi dianggap merupakan unit batuan paling tua dalam jujukan Kompleks Stong ini berdasarkan canggaan kuat yang telah dialami oleh batuan tersebut. Oleh itu, jujukan evolusi batuan di dalam Kompleks Stong ditafsirkan bermula daripada Pluton Berangkat ke Pluton Noring dan kemudian Pluton Kenerong.

8.2.2 Usia Mutlak Batuan Kompleks Igneus Benom

Penentuan usia radiometri batuan Gunung Benom (batuan siri kalk-alkali) secara Rb/Sr keseluruhan batuan menunjukkan nilai usia 197 ± 16 juta tahun oleh Bignell & Snelling (1977), sementara itu, analisis yang dibuat oleh Darbyshire (1988) dengan kaedah yang sama menunjukkan usia 219 ± 10 juta tahun. Bignell & Snelling (1977) menggunakan kaedah K/Ar mineral biotit dan K/Ar mineral muskovit, dan masing-masing menunjukkan usia 123 hingga 199 juta tahun dan 169 juta tahun. Namun begitu, kedua pengkaji ini tidak menyatakan secara khusus jenis atau nama batuan yang digunakan mewakili batuan Gunung Benom

Jaafar Ahmad (1979) telah membuat penentuan usia secara K/Ar mineral mika terhadap granit biotit berbutir kasar, granit biotit berbutir halus bersifat leukokratik, pegmatite di Sg. Kelau Kecil dan gabro alkali sedikit berfoliasi di Sg. Ngiang. Nilai usia batuan mengikut susunan masing-masing ialah 190 ± 5 juta tahun (Trias Atas), 125 ± 5 juta tahun (Kapur Tengah), 170 ± 6 juta tahun (Jura Tengah), dan 180 ± 8 juta tahun (Trias Atas). Beliau tidak menentukan usia batuan siri alkali, iaitu diorit, sienit dan monzonit. Ini kerana beliau mengandaikan siri batuan alkali adalah lebih tua daripada siri batuan kalk-alkali berdasarkan hubungan batuan di lapangan.

Mohd Rozi Umor & Syed Sheikh Almashoor (2001) telah menentukan usia radiometri dengan kaedah K/Ar secara keseluruhan batuan terhadap diorit, sienit dan monzonit yang dijumpai di Jeram Besu dan bekas Kuari J.K.R. Benta. Mereka mendapati usia diorit ialah 157 ± 8 juta tahun (Jura Tengah) di Jeram Besu dan 122 ± 6 juta tahun (Kapur Tengah) di kuari J.K.R Benta. Sienit pula menunjukkan usia 127 ± 4.6 juta tahun (Kapur Bawah) di Jeram Besu dan monzonit pula berusia 163 ± 8 (Jura Tengah) di Jeram Besu dan 128 ± 6 (Kapur Bawah) di kuari J.K.R Benta. Nilai usia diorit dan monzonit yang agak berbeza di antara batuan di Jeram Besu dan bekas Kuari J.K.R. Benta telah memberi petunjuk bahawa berlaku proses pencampuran antara magma bes dan magma granitik semasa pembentukan batuan seperti dibincangkan dalam bab sebelumnya.

8.2.3 Usia Mutlak batuan pluton Jalur Tengah yang lain

Pluton Gunung Ledang menerobos batuan Formasi Semantan yang berusia Trias Tengah hingga Trias Atas. Penentuan usia batuan dari Kuari Sagil menggunakan kaedah K/Ar mineral biotit menunjukkan usia 52 ± 2 juta tahun, dengan kaedah Rb/Sr keseluruhan batuan memberikan nilai 81 ± 2 juta tahun (Bignell & Snelling, 1977).

Kajian radiometri secara K/Ar mineral biotit granit merah jambu di Kuari Bukit Tunggal, Melaka dan jalan batu 25 Selandar-Nyalas yang mewakili Granit Batang Melaka masing-masing menunjukkan usia 72 ± 4 juta tahun dan 70 ± 5 juta tahun (Hutchison, 1973). Bignell dan Snelling (1977) mendapati usia radiometri mineral biotit dengan kaedah K/Ar menunjukkan usia antara 69 – 72 juta tahun.

8.3 Sejarah tektonik

Kebanyakan kajian terdahulu berkenaan sekitaran tektonik dan evolusi batuan Semenanjung Malaysia adalah melibatkan regim yang luas meliputi sebahagian Asia Tenggara, iaitu Burma, Thailand, Myanmar, Singapura dan Kepulauan Sumatera, Indonesia (cth, Mitchell, 1977; Bunopas, 1981; Helmcke, 1984; Cobbing et al., 1986; Hutchison, 1977, 1989; Metcalfe, 1988; Pitfield et al., 1990; & Schwartz et al., 1995).

Lima kepingan tektostratigrafi telah dikenalpasti di Asia Tenggara yang menumpu antara satu sama lain pada masa Paleozoik dan Mesozoik, iaitu kepingan China Selatan, Indochina, Barat-daya Borneo, Sibumasu dan kepingan Malaya Timur (Rajah 8.3). Sempadan memisahkan kepingan ini adalah sempadan sutura atau sempadan zon sesar (Metcalfe, 1988).

8.3.1 Pembahagian Regim Tektonik Asia Tenggara

Tiga asas pembahagian regim tektonik Asia Tenggara telah dilakukan oleh pengkaji terdahulu, iaitu (1) berdasarkan longgokan mineral ekonomi seperti Mitchell (1977), Bunopas & Vella (1983), Pitfield et al. (1987) dan Metcalfe (1988), (2) berdasarkan korelasi stratigrafi dan struktur seperti Mitchell (1977) dan Tjia (1999) dan (3) berdasarkan taburan kepelbagaian granit dan usia batuan seperti Cobbing et al. (1986), Hutchison (1989) dan Schwartz et al. (1995).

Peringkat awal kajian tektonik dan granit Asia Tenggara adalah berkaitan dengan longgokan mineral ekonomi terutama timah (Mitchell, 1977; Hosking, 1969; Hutchison et al., 1973; Hutchison, 1977; Cobbing et al., 1992; Mitchell, 1977; Schwartz

et al., 1995). Ini kerana dikatakan hampir 9.6 juta tan timah telah dikeluarkan daripada Asia Tenggara mewakili 54 % daripada keseluruhan pengeluaran timah dunia semenjak tahun 1800 (Lehmann, 1990).

Mitchell (1977) membahagikan regim granit Asia Tenggara berdasarkan kandungan mineral ekonomi kepada tiga jalur, iaitu Jalur Timur, Jalur Tengah dan Jalur Barat. Jalur Timur tertumpu di bahagian timur Semenanjung Malaysia yang berusia Karbon Atas hingga Perm atau Trias Bawah. Sambungan Jalur Timur ini ditemui di Chantaburi, tenggara Bangkok. Ia mengandungi sedikit pemineralan timah dan molibdenum. Jalur Tengah pula terdiri daripada bahagian Barat Semenanjung Malaysia dan Kepulauan Indonesia yang dikatakan berusia Trias Atas, tetapi dijumpai juga granit berusia Kapur. Ia kaya dengan permineralan timah dan tungsten. Granit Jalur Barat pula dikatakan berada di Negeri Shan ke Tenasserim hingga ke Pulau Phuket. Ia kaya dengan pemineralan tungsten dan wolfran.

Pembahagian regim tektonik berdasarkan stratigrafi dan struktur pula dibahagikan kepada empat zon. Zon 1 meliputi negeri Shan menganjur ke utara Thailand, Semenanjung Burma dan Thailand serta bahagian Barat Semenanjung Malaysia dan sebahagian Sumatra. Zon 2 dikenali sebagai Kaki Bukit Timur (the Eastern Foothills) yang merupakan zon jalur kecil di bahagian timur Granit Banjaran Utama Semenanjung Malaysia menganjur sehingga ke Melaka dan Kepulauan Sumatra. Zon 3 pula dipanggil Malaya Tengah dan Utara Thailand Tengah (Medial Malaya and north central Thailand) dan Zon 4 pula dikenali sebagai Malaya Timur-Timur Thailand Tengah. Pembahagian zon ini adalah berdasarkan korelasi stratigrafi yang mencadangkan di dalam setiap zon ini berlaku kejadian geologi yang sama pada masa

yang sama semasa Paleozoik hingga Mesozoik. Ia tidak dikaitkan dengan proses penerobosan magma pada masa Ordovisi Awal.

Cobbing et al. (1986) membahagikan regim tektonik Asia Tenggara berdasarkan wilayah granit kepada empat jalur iaitu Granit Jalur Barat, Granit Jalur Banjaran Utama, Granit Utara Thailand dan Granit Jalur Timur. Granit Jalur Barat berada di Burma menganjur ke selatan melalui Piloc hingga ke Pulau Phuket. Ia dikatakan terdiri daripada campuran granit jenis I dan jenis S. Granit Jalur Banjaran Utama pula mewakili banjaran granit bahagian Barat Semenanjung Malaysia yang dinyatakan sebagai granit jenis S. Jalur Granit Banjaran Utama ini bersambungan ke Bangkok, Ban Rai dan Chiang Rai di Utara Thailand yang membentuk wilayah granit yang disebut sebagai Granit Utara Thailand. Ia dikatakan granit jenis S dan dijumpai juga jasad yang membentuk Kompleks Migmatit. Granit Jalur Timur meliputi bahagian timur Thailand (Tak dan Chantaburi) menganjur hingga ke bahagian timur Semenanjung Malaysia hingga Johor dan Singapura. Ia ditafsirkan sebagai granit jenis I.

Agak berbeza dengan Cobbing et al. (1986), Hutchison (1989) mengelaskan wilayah granit berdasarkan tahap pengangkatan granit dan usia. Ia menamakan wilayah granit Asia Tenggara sebagai Granit Jalur Sundaland yang terdiri daripada lima iaitu Granit Jalur Barat, Granit Utara Thailand, Granit Banjaran Utama, Granit Jalur Tengah dan Granit Jalur Timur. Hutchison (1989) membincangkan regim tektonik ini secara menyeluruh dari segi pengelasan granit, jenis batuan dan usia mutlak.

8.3.2 Sejarah evolusi tektonik Semenanjung Malaysia

Sejarah tektonik Semenanjung Malaysia telah dibincangkan oleh ramai pengkaji, iaitu Hutchison (1977, 1978, 1989), Mitchell (1977), Khoo & Tan (1984), Chakraborty (1990), Cobbing et al. (1992), Tjia (1996), Metcalfe (2000) dan Mustaffa Kamal dan Azman A. Ghani (2003). Namun begitu, kesemua kajian ini boleh dikelompokkan kepada empat model yang agak berbeza antara satu sama lain.

a) Model Basin Marginal (Hutchison, 1977, 1978 & 1989).

Dalam model ini, pemuaian “rifting” membentuk lembangan memainkan peranan penting dalam evolusi batuan. Kepingan Sibumasu dikatakan berada di dalam Kepingan Besar Gondwana pada masa Karbon. Kemudian berlaku pemuaian arka belakang “back-arc rifting” yang memisahkan Kepingan Sibumasu daripada Gondwana pada masa Perm Bawah hingga Perm Tengah (Rajah 8.4 (i) & (ii)). Pada masa ini berlaku subduksi kerak lautan di bahagian timur membentuk Granit Jalur Pantai Timur dan Granit Banjaran Sempadan. Pemuaian yang berterusan membentuk lembangan lautan. Oleh itu, Kepingan Sibumasu ini dicirikan oleh diamiktit glaciomarin, fauna air sejuk dan fosil berusia Karbon Atas hingga Perm Bawah dan boleh dikorelasikan dengan Kepingan Gondwana di Barat-laut Australia (Metcalfe, 1988; Schwartz et al, 1995). Asalan kepingan Malaya Timur belum jelas diketahui. Ia dikatakan terpisah daripadan Kepingan Besar Gondwana bersama-sama dengan Kepingan Indochina pada masa Karbon Bawah. Kepingan Indochina pula telah mengalami percantuman dengan Kepingan China Selatan pada masa Karbon Bawah. Oleh itu, dianggap Kepingan Malaya Timur, Indochina dan China Selatan telah membentuk satu kepingan tersendiri dan bertindak sebagai kepingan tektonik pada masa Karbon Tengah (Rajah 8.4 (iii)).

Percantuman Kepingan Sibumasu dengan Kepingan Malaya Timur-Indochina dikatakan berlaku pada masa Trias Akhir (200 – 140 juta tahun) (Mitchell, 1981; Metcalfe, 1988; Hutchison, 1989). Ia melibatkan subduksi kerak benua, iaitu Kepingan Sibumasu di Barat menyusup ke bawah Kepingan Malaya Timur yang berada di timur. Proses subduksi ini membentuk Granit Jalur Barat. Hutchison (1989) menyatakan aktiviti tektonik lengkap dengan berakhirnya proses subduksi pada Trias Atas hingga Jura Bawah di Sutura Bentong-Raub (Rajah 8.4 (iv)). Huraian secara terperinci dan menyeluruh dilakukan oleh Hutchison (1989) bagi menyokong model ini ditunjukkan di dalam Rajah 8.5.

b) Model Zon Pelanggaran (Mitchell, 1977)

Mitchell (1977) mencadangkan pembentukan Granit Jalur Barat dan Granit Jalur Timur adalah hasil subduksi kerak lautan Lembangan Teluk Bengal (Rajah 8.6). Ia mengaitkan proses subduksi sebagai penyebab kepada geologi rantau dan taburan longgokan timah di Semenanjung Malaysia.

Selain itu, Metcalfe (2000) juga mengutarakan proses subduksi yang berlaku pada masa Perm Awal hasil tusukan kerak lautan Paleo-Tethys ke bawah Kepingan Indochina menghasilkan Kompleks Prisma Tokokan adalah proses utama bagi pembentukan batuan di Semenanjung Malaysia (Rajah 8.7).

c) Model Pemuaian Terhenti “aborted rift” (Tan, 1976 & 1981)

Dalam model ini, keadaan geologi di Semenanjung Malaysia dihuraikan dalam bentuk zon pemuaian yang terhenti di mana Jalur Tengah adalah pusat pemuaian tersebut.

Namun begitu, model ini hanya menumpukan proses pembentukan granit Jalur Tengah. Keratan rentas sejarah tektonik bagi model ini ditunjukkan oleh Rajah 8.8.

d) Model Subduksi dan Sesar ke kanan (Tjia, 1999)

Model ini adalah lebih menyeluruh dan merangkumi banyak proses bermula daripada pemuaihan, subduksi, ekstensi kerak, jatuhnya graben dan pengaruh sesar sepanjang evolusi batuan. Tjia (1999) meringkaskan evolusi Semenanjung Malaysia kepada 5 peringkat tektonik yang ditunjukkan di dalam Rajah 8.9.

8.4 Sejarah pembentukan Jalur Tengah dan kedudukan Kompleks Stong dan Kompleks Benom di dalam sejarah tektonik Semenanjung Malaysia

Penulis mendapati kesemua model yang diutarakan oleh pengkaji terdahulu adalah saling sokong menyokong antara satu sama lain. Oleh itu, perbincangan Jalur Tengah dan kedudukan Kompleks Stong dan Kompleks Benom di dalam sejarah tektonik Semenanjung yang dikemukakan ini adalah tambahan daripada model-model terdahulu dengan tumpuan bagi meletakkan model pembentukan Kompleks Igneus Benom dan Kompleks Igneus Stong di dalam jujukan sejarah tektonik yang sesuai.

Hutchison (1988) mengatakan pada masa Perm Lewat, berlaku subduksi kerak lautan Paleotethys di bahagian Barat menyusup ke bawah Kepingan Malaya Timur. Ini menyebabkan berlaku penebalan kerak di Kepingan Malaya Timur dan pembentukan gunung berapi. Proses subduksi ini menyebabkan berlaku intrusi Granit Pantai Timur dan Granit Permatang Sempadan. Penyusupan lautan Paleotethys yang berterusan menyebabkan lautan tertutup dan diganti oleh Kepingan Sibumasu yang berasal

daripada Gondwana. Ini berlaku pada masa Trias Atas hingga Jura Bawah. Pada masa ini, pembentukan Granit Jalur Tengah berlaku bersama-sama dengan Granit Permatang Sempadan. Subduksi yang berterusan telah menyebabkan berlaku perlipatan dan canggaaan di dalam Formasi Semantan. Proses orogeni ini membentuk Zon Ofiolit Bentong-Raub Sutura, Genting Thrust dan Kisap thrust. Kepingan Sibumasu yang mengalami penebalan kerak telah menghasilkan Granit Banjaran Utama di dalam zon Allocthonous (Hutchison, 1977, 1978 & 1989).

Namun begitu, Tjia (1984) menyatakan selain proses subduksi yang berlaku di dalam percantuman ini, terdapat aktiviti tektonik pergerakan sesar mendatar ke kiri dan ke kanan yang dicerap di zon Sutura Bentong-Raub. Proses pergerakan sesar ini dikatakan terhasil daripada proses pergerakan dan perlanggaran Kepingan India dan Eurasia yang membentuk Banjaran Himalaya seperti yang dinyatakan oleh Tapponier et al. (1982).

Menurut Tapponier et al. (1982), perlanggaran Kepingan India dan Eurasia memberi kesan kepada tiga kepingan yang dikenali (1) kepingan China Selatan, (2) Kepingan Indochina dan (3) Kepingan Mergui-Sumatra. Apabila Kepingan India bergerak ke utara, berlanggar dengan Kepingan Eurasia, maka Kepingan China Selatan dan Kepingan Indochina dikatakan mengalami pergerakan ke arah Tenggara, sementara Kepingan Mergui-Sumatra bergerak bertentangan, iaitu ke arah Barat-laut. Tjia (1999) mengaitkan pergerakan ini dengan pembentukan sesar mendatar ke kanan yang dialami oleh Sutura Bentong-Raub dan menganggap proses ini merupakan peristiwa tektonik terakhir yang dialami oleh Sutura Bentong-Raub. Kepingan Sibumasu di bahagian Barat telah mengalami perlanggaran dengan Kepingan Burma Barat antara Jura Atas dan Kapur Atas (Mitchell, 1986; Hutchison, 1988). Anjakan

mendatar pada masa Cenozoik Atas di sepanjang Sesar Sagaing menyebabkan Kepingan Burma Barat bergerak sejauh 450 km ke utara daripada Kepingan Sibumasu. Perlanggaran Kepingan India dengan Kepingan Burma Barat berlaku pada masa Eosen dan berterusan sehingga Pleistosen (Mitchell, 1981).

Agak berbeza cadangan yang dikemukakan oleh Tjia (1999). Beliau mengatakan pada masa Palaeozoik Bawah, batuan protolit banjaran Barat di Kepingan Gondwana telah mengalami penebalan kerak akibat penyusupan kerak lautan ke bawah Kepingan Malaya Timur. Ia telah menyebabkan berlaku aktiviti volcanik pada masa Palaeozoik yang membentuk batuan Kumpulan Baling dan Formasi sekitar Sungai Siput dekat Ipoh (Tjia, 1999). Kedua-dua batuan ini merupakan endapan laut dalam.

Penyusupan kerak lautan ke bawah kepingan Gondwana kemudiannya telah berhenti dan kerak lautan bergerak ke timur dan seterusnya menyusup ke bawah kepingan Cathaysia. Prisma tokokan yang berlaku di antara kepingan lautan dengan kepingan Gondwana telah membentuk Sutura Bentong-Raub. Sementara penyusupan kepingan lautan di timur ke bawah kepingan Cathaysia telah membentuk sesar Lebir atau Zone Tektonik Timur (ETZ) (Tjia 1999). Semasa pembentukan ETZ, arah angkutan prisma tokokan adalah ke Barat. Kedua-dua kepingan Barat (Gondwana) dan timur (Cathaysia) berterusan menumpu. Kedua-dua model ini mempunyai bukti tersendiri. Namun begitu, penulis mendapati model dikemukakan oleh Tjia (1999) lebih memperincikan proses pembentukan Jalur Tengah Semenanjung Malaysia.

Penulis percaya pembentukan Jalur Tengah berdasarkan teori sesar mendatar (Zaiton Harun 1990) dan regangan ekstensi (Tjia 1984) adalah lebih menyakinkan. Zaiton Harun (1990) menyatakan bahawa semasa perlanggaran antara dua blok berlaku,

kedua-dua sesar utama, iaitu Sutura Bentong-Raub dan Zon Tektonik Timur (ETZ) telah sampai pada tahap yang dikenali sebagai langkah ke kanan. Pergerakan mendatar antara kedua-dua blok telah menyebabkan berlakunya keadaan mencapah (ekstensi) ataupun mengalami transtensi. Keadaan ekstensi ini dikatakan berlaku secara tempatan serong terhadap tegasan rantau dan lembangan “pull-apart” mula membuka (Zaiton Harun 1990). Pembukaan lembangan “pull-apart” berlaku dari utara menghala ke selatan. Oleh itu, pembentukkan Jalur Tengah sebagai satu unit dikatakan menghala ke selatan (Tjia, 1999) dan ia disokong oleh proses gelinciran jatuhan graben di sepanjang Sutura Bentong-Raub dan Zon Tektonik Timur.

Penurunan lembangan ini berlaku semasa Trias Tengah hingga Trias Atas (Tjia, 1999). Penulis percaya penurunan graben ini juga adalah dibantu oleh proses peleburan RLM yang terlarut ke dalam aliran astenosfera mewujudkan ruang lemah di bawah kerak benua akibat proses “slab breakoff” apabila subduksi telah tamat. Penurunan graben ini telah menyebabkan pembentukan gunung berapi yang menjadi pembekal sedimen kepada batuan sedimen berusia Trias, iaitu Formasi Semantan. Batuan sedimen Formasi Semantan didapati tidak termetamorf (Gobbett & Hutchison 1973). Dalam masa yang sama, berlaku peleburan separa metabasalt pada kerak bawah bercampur dengan leburan separa metagrewak yang menerobos secara “plume” membentuk batuan siri kalk-alkali Kompleks Benom yang telah ditentukan usia berusia Trias. Rejahan ini menunjukkan sekitaran tektonik transisi (perantaraan) antara orogenik (subduksi) dan anorogenik (granit dalam kepingan). Tafsiran oleh Mitchell (1977) bahawa Granit Gunung Benom dikatakan terbentuk hasil subduksi kerak lautan adalah tidak begitu tepat. Batuan siri alkali pula ditafsirkan berlaku hasil pencampuran magma bes dengan magma granitik di sepanjang garis lemah zon sutura Raub-Bentong pada masa Jura Akhir hingga Kapur Awal. Ia diperkaya oleh bahan mantel. Ini kerana pada

akhir proses ekstensi kerak, iaitu Jura Tengah hingga Kapur Bawah, batuan siri alkali terbentuk hasil daripada peregangan kerak dan aliran haba yang tinggi (Mohd Rozi Umor, 1999). Ini kerana ekstensi kerak ini dikatakan terhenti pada masa Trias Atas – Jura Bawah (Tjia, 1999), iaitu apabila berlaku pengangkatan orogeni Banjaran Granit Titiwangsa.

Hutchison (1977) tidak menyatakan dengan jelas proses pembentukan Jalur Tengah. Beliau cuma menyatakan bahawa pembentukan Jalur Tengah adalah akibat subduksi kerak lautan yang sama-sama membentuk Jalur timur. Jalur Tengah diwakili oleh Gunung Benom yang membentuk dom ke arah utara dan Gunung Stong (Hutchison 1973). Ia mencadangkan bahawa granit Jalur Tengah adalah terbentuk daripada tahap tinggi (kedalaman cetek) ataupun epizona. Batuan tertua di Jalur Tengah pula dikatakan berusia Devonian yang dilapisi oleh sedimen Trias. Jalur Tengah adalah sekitaran lautan semasa Trias dan berubah menjadi daratan semasa Trias Akhir hingga Jura (Hutchison 1977).

Pembukaan lembangan ini juga berlaku akibat capahan kedua-dua kepingan Jalur Barat dan Jalur timur. Di bahagian utara Jalur Tengah ini, batu kapur berusia Trias Tengah – Trias Atas terbentuk dalam sekitaran laut cetek, sementara di bahagian selatan, iaitu diwakili oleh enapan Semantan-Gemas turbidit, ia menunjukkan sekitaran lautan yang lebih dalam (Tjia, 1999). Ekstensi kepingan ini juga boleh menerangkan kewujudan olistostrom dan serpentinit. Contohnya ialah olistostrom yang dihuraikan sebagai “breksia” di dalam Zon Sesar Lepar (Tjia 1976). Singkapan lain adalah di utara Segamat yang ditemui oleh Metcalfe dan Chakraborty (1988). Selain itu, Syis Taku di Kelantan (MacDonald 1967) dan batuan di kuari Bukit Ibam dekat Muadzam Shah

(Murthy 1976) juga dianggap sebagai olistostrom yang terhasil daripada proses ekstensi Jalur Tengah.

Semasa lembangan Tengah ini mencapah, aktiviti vulkanik berlaku dengan meluas di Semenanjung Malaysia. Ini berdasarkan kenyataan bahawa di Jalur Tengah ini berlaku peregangan kerak dan ekstensi litosfera secara tempatan yang menghasilkan aliran haba yang tinggi dan aktiviti vulkano (Mann et al. 1983). Ini disokong pula oleh kehadiran singkapan kelompok sil dan daik igneus di dalam Formasi Semantan (Law 1985).

Di bahagian utara Jalur Tengah, penulis percaya terobosan magma mafik atau bahan astenosfera tidak sampai ke permukaan. Ia hanya meleburkan batuan kerak bawah benua yang terdiri daripada batuan metabasalt. Namun begitu, terdapat pengayaan bahan mantel di dalam magma yang membentuk Pluton Berangkat pada masa Kapur Atas. Ia mengalami pengangkatan secara “Plume” intrusif dan peleburan separa Pluton Berangkat membentuk Pluton Noring yang berusia Kapur Atas. Ini adalah selaras dengan kenyataan bahawa semasa Kapur Atas hingga Bawah Paleogen berlaku sekali lagi rejahan granit di Semenanjung Malaysia (Bignell & Snelling 1977; Santokh Singh 1985). Harbury et al. (1990) mengatakan rejahan ini telah menyebabkan canggaan yang membentuk lembangan luar pantai Semenanjung pada masa sekarang.

Semasa pembentukan Pluton Kenerong, penulis percaya terobosan berlaku pada kedalaman yang cetek dekat dengan permukaan. Kesan canggaan yang terhibrid di dalam Pluton Kenerong disebabkan semasa terobosan berlaku tegasan dan mampatan rantau. Ini berdasarkan kenyataan bahawa pada masa Kapur sehingga Miosen Tengah berlaku mampatan rantau yang menyebabkan batuan sedimen berusia Trias terlipat

(Tjia, 1999). Pada masa ini juga berlaku transperasi di Jalur Tengah, ricihan dekstral di Sutura Bentong-Raub dan ricihan sinistral di Sesar Lebir. Tetapi, Harbury et al. (1990) membuat kesimpulan daripada kajiannya terhadap batuan Paleozoik Atas dan Mesozoik bahawa tiada tanda-tanda mampatan orogeni semasa Trias atau Jura di Semenanjung. Bertentangan dengan Tjia (1989) yang menyatakan bahawa mampatan rantau yang kuat berlaku selepas Trias berdasarkan sedimen yang selalunya terbalik dan terdapat penyusunan sonsang. Kehadiran penjajaran feldspar alkali di dalam Pluton Noring ini menguatkan lagi hujah bahawa berlaku mampatan rantau selepas Trias.

Pada awal Tertier, mampatan rantau yang sederhana berlaku menyebabkan cuma pengaktifan semula sesar-sesar major. Di sepanjang sempadan Jalur Tengah, pada masa mampatan rantau ini didapati Sesar Lebir bergerak mendatar ke kiri dan sesar di utara Sutura Bentong-Raub bergerak mendatar ke kanan. Pada masa Eosen Tengah pula, Semenanjung Malaysia dikatakan telah stabil sepenuhnya dan cuma terdapat sedikit pergerakan tegak kerak yang berlaku akibat penyesuaian isostasi kerak (Tjia, 1999).