

BAB 7

PETROGENESIS

7.1 Pendahuluan

Bab ini membincangkan berkenaan proses petrogenesis yang berlaku semasa pembentukan Kompleks Igneus Stong dan Kompleks Igneus Benom secara khusus, dan mengaitkannya dengan teori atau model pembentukannya.

7.2 Kompleks Igneus Stong

Ketiga-tiga pluton di dalam Kompleks Stong mempunyai banyak kesamaan antara satu sama lain. Ia menunjukkan kandungan mineral dan geokimia yang hampir sama, terutamanya plotan penormalan Gambar Rajah Labah-labah. Oleh itu, kesemua pluton boleh dianggap mempunyai hubungan co-genetik dan tren utama Gambar Rajah Harker dipercayai terhasil daripada proses pembezaan batuan punca.

7.2.1 Asalan Magma

Berdasarkan pengelasan Chappel dan white (1974), penulis mendapati Pluton Berangkat dan Pluton Noring terkelas sebagai granit jenis-I. Ini bermakna magma bagi pembentukan pluton ditafsirkan berasal daripada peleburan batuan igneus ataupun daripada mantel. Pencirian granit sebagai jenis-I juga ditunjukkan oleh nisbah LILE/HFSE yang tinggi, nilai Rb, Ba, Th, U yang sederhana, kehadiran hornblend dan magnetit. Sementara itu, Pluton Kenerong dikelaskan sebagai perantaraan granit jenis-S dan jenis-I. Namun begitu, apabila diplotkan Fe_2O_3/MgO melawan $Zr + Nb + Ce + Y$

mengikuti pengelasan Whalen et al. (1987), didapati ketiga-tiga pluton di dalam Kompleks Stong terkelas sebagai granit jenis-A (Rajah 7.1). Ia disokong oleh nilai Fe_2O_3 , dan jumlah alkali yang tinggi serta CaO yang rendah (Eby, 1990). Perbandingan antara granit jenis-I dan jenis-A telah dilakukan oleh King et al. (1997) dengan berdasarkan plotan Zr dan Ce melawan SiO_2 . Secara umumnya granit jenis-A tinggi kandungan Zr dan Ce, dan menunjukkan tren negatif dengan pertambahan SiO_2 . Namun begitu, granit jenis-I adalah rendah kandungan Zr dan Ce dengan tren yang hampir mendatar dengan pertambahan SiO_2 . Plotan perbandingan ini menunjukkan bahawa Pluton Noring dan Pluton Kenerong jelas mencirikan tren granit jenis-A (Rajah 7.2). Mengikuti Ilbeyli et al. (2004) granit jenis-A tidak mempunyai perbezaan dengan granit jenis-I jika berdasarkan kepada sekitaran tektonik. Granit jenis-A boleh terhasil daripada pengfraksian lanjutan dengan pencemaran daripada magma induk berpunca daripada mantel. Granit jenis-I juga boleh berasal daripada pengfraksian akibat penghabluran bergabung dengan pencemaran daripada magma induk berpunca daripada mantel.

Pluton Berangkat terkelas sebagai siri shoshonit, manakala Pluton Noring dan Pluton Kenerong terkelas sebagai siri kalk-alkali kaya K. Ini menunjukkan bahawa punca batuan bagi pluton-pluton ini adalah agak berbeza. Punca magma boleh dilihat berdasarkan tren Gambar Rajah Labah-labah. Berdasarkan plotan ini didapati kesemua pluton Kompleks Stong menunjukkan anomali negatif bagi unsur-unsur Nb-Ta-Ti dan nilai positif pada unsur Pb. Ia berbeza dengan basalt jenis kelautan [Ocean Island Basalt (IOB) dan Mid-ocean Ridge Basalt (MORB)] yang menunjukkan anomali positif yang tipikal bagi unsur-unsur Nb-Ta-Ti dan anomali negatif unsur Pb di dalam gambar rajah penormalan mantel primitif (Cth. Hofmann, 1986, 1997). Ini mencadangkan bahawa Kompleks Stong tidak terhasil daripada punca mantel normal MORB atau OIB. Namun

begitu, kehadiran unsur tidak stabil “incompatible” yang tinggi seperti Rb, Ba, Th, U, dan Sr serta nisbah LREE/HREE yang tinggi dalam kesemua pluton menunjukkan berlakunya pengkayaan bahan mantel bagi pembentukan batuan Kompleks Stong (cth Guo et al., 2006).

Kajian peleburan separa secara makmal (cth, Wolf dan Wyllie, 1994; Gardien et al., 1995; Patino Douce dan Beard, 1995; Singh dan Johannes, 1996) menunjukkan magma granit boleh dihasilkan daripada kepelbagaian jenis batuan. Komposisi leburan hasil peleburan separa batuan punca yang berbeza boleh ditunjukkan dengan plotan molar $\text{CaO}/(\text{MgO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)$ melawan molar $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{MgO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)$ (Altherr et al., 2000). Daripada plotan ini didapati punca Pluton Berangkat dan Pluton Noring boleh terhasil daripada peleburan separa batuan metabasalt hingga metagranit (Rajah 7.3). Namun begitu, Pluton Kenerong didapati tertabur secara berselerak dan penulis berpendapat pengelasan ini tidak dapat diguna bagi menentukan punca asalan bagi Pluton Kenerong. Nilai Nb dan Ti yang beranomali negatif yang jelas di dalam Gambar Rajah Labah-labah Pluton Kenerong (Rajah 5.15) menunjukkan berlaku pencemaran batuan keliling yang menjadi punca yang mengapa pengelasan plotan ini tidak dapat digunakan. Disebabkan Pluton Berangkat adalah siri shoshonit, penulis berpendapat selain peleburan separa metabasalt, kemungkinan berlaku percampuran dengan leburan mantel membentuk leburan magma induk bagi Pluton Berangkat yang kemudian mengalami pengfraksian secara penghabluran batuan. Pluton Berangkat mengalami peleburan semula dan hasil leburan ini membentuk Pluton Noring yang mengalami tegasan rantau.

7.2.2 Petrogenesis

Di dalam evolusi magma terdapat banyak proses yang boleh mengawal komposisi kimia batuan bermula daripada punca magma kepada proses-proses yang berlaku di dalam magma semasa penerobosan hingga selepas pembentukan batuan. Proses-proses pembezaan batuan ini ialah pengfraksian mineral, peleburan separa dan peleburan penuh, pencampuran magma dan asimilasi.

a) Pengfraksian mineral dan peleburan separa

Di dalam Pluton Berangkat, proses yang memainkan peranan penting di dalam evolusi batuan ialah proses pengfraksian mineral. Proses peleburan separa kurang memainkan peranan, sementara itu kesan asimilasi batuan keliling berlaku secara setempat dekat sempadan batuan keliling.

Ketiadaan sempadan intrusif antara unit granit dalam Pluton Berangkat dan perubahan yang berlaku secara “gradational” serta himpunan mineral yang hampir sama teksturnya mencadangkan bahawa ia hanya boleh ditafsirkan sebagai hasil proses pengfraksian mineral. Tren negatif yang baik di dalam Gambar Rajah Harker unsur Al_2O_3 , CaO dan MgO mencadangkan berlakunya pengfraksian mineral feromagnesium dan plagioklas daripada magma punca (Rajah 5.13).

Selain itu, plotan antara unsur “Compatible” seperti Ni, Co, V dan Sr melawan unsur “incompatible” iaitu Rb dan Ba di dalam graf log juga mencadangkan kepentingan proses pengfraksian mineral di dalam pembentukan Pluton Berangkat (Rajah 7.4). Pembezaan magma dihasilkan oleh peleburan separa akan menunjukkan

tren mendatar, sedangkan tren pembezaan secara pengfraksian mineral adalah hampir menegak (Cocheric, 1986; Martin, 1987, 1994). Didapati bahawa proses pengfraksian mineral menunjukkan tren daripada “enclave” mikrodiorit kepada Pluton Dabong, Granit Sg. Lah dan akhir sekali Granodiorit Bertam.

Berbeza dengan Pluton Noring yang menunjukkan tren yang hampir mendatar daripada granit hornblend kepada granit biotit dan mikrogranit bagi plotan Rb melawan Sr dan Rb melawan Co (Rajah 7.5). Ini boleh disimpulkan bahawa proses pembezaan batuan yang utama di dalam Pluton Noring ialah proses peleburan separa.

Pengfraksian mineral juga boleh ditunjukkan oleh unsur-unsur surih. Unsur Potasium, Rb dan Ba didapati banyak di dalam biotit, dan K dan Ba di dalam feldspar alkali. Plotan Rb/Sr di dalam leburan akan bertambah dengan kehadiran plagioklas, sedikit dengan kehadiran feldspar alkali dan berkurang dengan biotit. Daripada plotan ini didapati berlakunya pengfraksian dan pengelompokkan plagioklas di dalam Pluton Berangkat dan semakin berkurangan di dalam Pluton Noring dan Pluton Kenerong. Pengurangan nisbah Rb/Sr di dalam Pluton Noring juga boleh disebabkan oleh kehadiran biotit yang tinggi (Rajah 7.6). Berbeza dengan plotan Sr/Ba terhadap SiO_2 yang menunjukkan nilai rendah dengan kelimpahan plagioklas dan tinggi dengan kehadiran biotit. Plotan ini menunjukkan Pluton Berangkat mengalami pengfraksian dan kaya dengan plagioklas, sementara Pluton Noring kaya dengan biotit (Rajah 7.7).

Plotan nisbah K/Ba pula dipengaruhi oleh feldspar alkali. Didapati nilainya bertambah daripada Pluton Berangkat kepada Pluton Noring, tetapi berkurangan di dalam Pluton Kenerong (Rajah 7.8). Nilai K/Rb pula boleh dipengaruhi oleh hornblend. Kehadiran hornblend akan menyebabkan nilai K/Rb berkurangan. Daripada plot ini,

jelas menunjukkan Pluton Noring terbahagi kepada dua unit, iaitu kaya hornblend yang rendah nisbah K/Rb dan kaya biotit yang tinggi nisbah K/Rb (Rajah 7.9).

Oleh itu, secara keseluruhan dapat disimpulkan bahawa di dalam Kompleks Stong didapati pengfraksian melibatkan plagioklas, biotit, hornblend dan feldspar alkali. Di dalam Pluton Berangkat pengfraksian plagioklas adalah jelas, sementara itu di dalam Pluton Noring pengfraksian biotit, feldspar alkali dan hornblend berperanan besar. Proses petrogenesis yang lain seperti pengelompokkan mineral dan asimilasi batuan keliling telah dibincangkan di dalam Bab 3, iaitu kerja lapangan.

7.2.3 Model Pembentukan Kompleks Stong

Seperti yang ditunjukkan di dalam Bab 5 (Geokimia) dan Bab 6 (Pengelasan Pluton), Kompleks Igneus Stong adalah granit jenis-I, metalumina, kalk-alkali kaya K hingga shonsonit. Platan Rajah Labah-labah menunjukkan ia sama dengan granit arka magmatic dengan cirian kaya LILE dan LREE dengan anomali negatif Nb dan Ti (Pearce et al., 1984; Pimentel et al., 1996; Pe-Piper et al., 2002). Namun begitu, tidak seperti granit arka magmatik yang lain, Kompleks Stong menunjukkan anomali negatif pada Sr dan unsur Y dan Th yang beranomali positif. Ketiga-tiga pluton menunjukkan pengelasan sekitaran selepas orogenik atau anorogenik.

Jujukan usia batuan berdasarkan kepada keadaan struktur dan kaitan batuan di lapangan, tren geokimia, indeks pembezaan batuan dan usia mutlak batuan menunjukkan Pluton Berangkat terbentuk paling awal. Ia diikuti oleh Pluton Noring dan Pluton Kenerong. Pluton Berangkat menunjukkan canggaan yang lebih kuat berbanding Pluton Noring dan Pluton Kenerong. Canggaan kuat di dalam Pluton Berangkat boleh dicerap

di lapangan berdasarkan fenokris feldspar alkali yang terorientasi mengikut arah orientasi mineral mafik yang membentuk matrik batuan.

Sempadan antara Pluton Berangkat dan Pluton Noring serta Pluton Kenerong tidak dijumpai di lapangan. Namun begitu, berdasarkan kehadiran telerg mikrogranit memotong monzonit kuarza dan monzogranit hornblend-biotit di Sg. Lah, penulis membuat kesimpulan bahawa Pluton Kenerong adalah lebih muda berbanding Pluton Berangkat. Telerg mikrogranit juga dijumpai memotong batuan Pluton Noring dan zenolit yang dikandunginya. Ini menunjukkan Pluton Noring lebih tua berbanding Pluton Kenerong.

Berdasarkan punca batuan, sekitaran tektonik, proses petrogenesis dan usia batuan, penulis mencadangkan bahawa Kompleks Stong yang berusia Kapur terhasil pada sekitaran selepas pelanggaran, iaitu selepas subduksi yang berlaku pada Sutura Bentong-Raub lengkap pada usia Trias mengikut Hutchison (1977). Tjia (1999) dan Zaiton Harun (1990) menyatakan proses yang berlaku selepas subduksi adalah proses penurunan graben. Penurunan graben ini menyebabkan berlakunya tekanan dan menghasilkan punca haba yang menjanakan peleburan batuan metabasalt yang terdapat di dalam kerak bawah. Dalam masa yang sama berlaku pengayaan bahan mantel menyebabkan leburan terhasil bukan secara keseluruhan berasal daripada peleburan separa. Leburan ini menerobos secara “plume” dan mengalami pengfraksian mineral membentuk Pluton Berangkat. Pluton Berangkat kemudian mengalami peleburan separa membentuk Pluton Noring. Baki leburan pengabluran Pluton Noring yang lebih bersifat asidik kemudian membentuk Pluton Kenerong. Terobosan Pluton Kenerong didapati berlaku dekat dengan sempadan batuan keliling Formasi Gua Musang jenis metaargilit. Disebabkan suhu lebur antara leburan Pluton Kenerong dan batuan keliling

yang hampir sama, maka terobosan tidak dapat meleburkan batuan keliling secara keseluruhan dan ini menyebabkan berlakunya keadaan terhibrid dan berkecamuk, seolah-olah leburan granitik Pluton Kenerong berselang lapis dengan batuan metasedimen batuan keliling (Rajah 7.10).

7.3 Kompleks Igneus Benom

Di dalam pembentukan batuan Kompleks Igneus Benom, dapat dirumuskan bahawa banyak kajian menyatakan bahawa siri batuan alkali yang berada di barat kompleks adalah asalan igneus dengan pelbagai tafsiran, seperti hasil penggranitan ultrabes oleh magma asid (Richardson, 1939), hasil pembezaan magma (Jaafar Ahmad, 1979), hasil asalan igneus pada tegasan rantau (Khoo dan Tan, 1983; Tan dan Khoo, 1993; Shafari Muda, 1992; Yong, 1998; Ramesh, 1999), hasil peleburan eklogit mantel (Mohd Rozi Umor dan Syed Sheikh Almashoor, 2000), hasilan pengayaan bahan mantel (Azman Ghani et al., 2002).

Kesemua kajian ini menunjukkan bahawa pendapat Hutchison (1971) yang mengelaskan batuan siri alkali sebagai asalan metamorf adalah meragukan dan kurang tepat.

7.3.1 Asalan Magma

a) Batuan Siri Alkali

Batuan siri alkali Kompleks Benom adalah kaya-K, shoshonitik dengan cirian granit jenis-I. Ia mempunyai kandungan LILE yang tinggi terutamanya Ba dan Sr, dan rendah

HFSE. Kajian eksperimen (Brenan et al, 1995; Keppler, 1996) dan kajian geokimia (Gill, 1981; Pearce, 1982; Pearce & Parkinson, 1993; Pearce & Peate, 1994; Hawkesworth et al., 1993, 1997; Turner, 2002; Turner et al., 2003) menunjukkan bahawa arka kepulauan dan sempadan aktif benua yang mengandungi magma mafik, secara petrogenetik dikaitkan dengan subduksi kerak lautan dicirikan dengan pengayaan unsur-unsur LILE berbanding HFSE, dengan anomali negatif yang kuat pada unsur-unsur Nb-Ta-Ti dan anomali positif Pb di dalam penormalan primitif mantel. Tren sebegini jelas ditunjukkan di dalam Gambar Rajah Labah-labah batuan siri alkali Kompleks Igneus Benom (Rajah 5.19). Batuan siri alkali dikelaskan sebagai siri shoshonit dan dicirikan oleh jumlah alkali yang tinggi, LREE dan LILE serta nisbah K_2O/Na_2O dan rendah TiO_2 . Ini adalah selaras dengan siri shoshonit mengikut Jiang et al. (2002).

Namun begitu, ciri yang ketara adalah kandungan Ba dan Sr yang tinggi di dalam batuan siri alkali dengan anomali positif. Pengayaan Ba dan Sr kemungkinan boleh dikaitkan dengan perpindahan cecair magma (dalam bentuk cecair?) daripada mantel ke bahagian kerak bawah dan berupaya meleburkan batuan untuk membentuk granit (Stephen dan Halliday, 1984). Ia juga boleh dikaitkan dengan terobosan “plume” mantel (cth. Hill et al. 1992). Cecair mantel yang kaya dengan Ba dan Sr boleh dihasilkan daripada peleburan separa peridotit tanpa plagioklas yang ujud dalam fasa stabil dan diikuti oleh tekanan tinggi semasa pengfraksian (Halliday dan Stephen, 1984). Oleh itu, punca batuan adalah bersesuaian dengan peleburan separa eklogit mantel mengikut Mohd Rozi Umor dan Syed Sheikh Almashoor (2000).

Berdasarkan kenyataan ini, penulis percaya bahawa batuan siri alkali dihasilkan daripada penerobosan bahan mantel terhadap kerak litosfera akibat berlakunya patahan

kepingan “slab break-off” selepas proses subduksi lengkap adalah sesuai dan boleh menjelaskan proses yang berlaku semasa pembentukan batuan siri alkali seperti yang diutarakan oleh Azman et al. (2002). Terobosan ini dibantu oleh kehadiran Zon Sutura Raub-Bentong yang menyediakan satah sesar yang lemah dan senang diterobosi. Oleh itu, didapati keujudan batuan siri alkali ini mengikut orientasi Zon Sutura Raub-Bentong secara memanjang pada arah utara selatan.

b) Batuan Siri Kalk-alkali

Batuan siri kalk-alkali dicirikan oleh batuan peralumina, siri kalk-alkali kaya K dan percampuran granit jenis I dan jenis S. Pengelasan mengikut Barbarin (2000) mengelaskan ia sebagai granit jenis KCG (Granit kalk-alkali kaya K) yang terdiri daripada punca campuran bahan sedimen dan igneus. Ia ditafsirkan terbentuk pada sekitaran transisi antara subduksi dan anorogenik. Apabila diplotkan graf molar $\text{CaO}/(\text{MgO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)$ melawan molar $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{MgO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)$ mengikut Altherr et al. (2000), didapati punca batuan siri kalk-alkali adalah pelbagai, iaitu hasil daripada peleburan separa metabasalt hingga metagreiwak dan metafilit (Rajah 7.11).

Usia batuan siri kalk-alkali adalah Trias, iaitu lebih tua berbanding batuan siri alkali yang berusia Jura. Oleh itu, ia ditafsirkan tidak mempunyai kaitan genetik dengan batuan siri alkali Kompleks Benom. Penulis percaya batuan siri kalk-alkali terbentuk semasa transisi antara sekitaran subduksi dan anorogenik. Punca bagi batuan siri kalk-alkali adalah hasil peleburan separa pelbagai jenis batuan, iaitu metabasalt, metagreiwak dan metafilit. Ini menyebabkan pengelasan granit menunjukkan pencampuran antara granit jenis I dan jenis S. Namun begitu, penulis percaya secara umum batuan siri kalk-alkali boleh dikelaskan sebagai granit jenis I.

7.3.2 Petrogenesis

a) Batuan Siri Alkali

Kaitan batuan di lapangan, petrografi dan geokimia batuan siri alkali menunjukkan bahawa terdapat dua proses petrogenesis yang penting dalam pembentukan batuan, iaitu proses pencampuran magma dan proses pengfraksian mineral. Namun begitu, penulis percaya proses pencampuran magma memainkan peranan yang lebih penting berbanding pengfraksian mineral.

Bukti lapangan menunjukkan dengan jelas berlaku percampuran magma antara magma mafik dan magma granitik semasa pembentukan batuan siri alkali. Cerapan lapangan yang menunjukkan proses pencampuran magma dihuraikan terperinci di dalam Bab 3 (Kaitan Lapangan). Proses percampuran magma ini telah dikenalpasti banyak berlaku di dalam sekitaran pembentukan pluton dan vulkanik (cth, Poli et al., 1996).

Walaupun proses pencampuran magma ini boleh dilihat jelas di lapangan, namun begitu, banyak bukti plotan geokimia dikaburi oleh tren pengfraksian mineral. Penurunan tren dari positif kepada negatif pada plotan unsur-unsur Ba, Sr dan Zn melawan SiO_2 (Rajah 5.18) pada nilai SiO_2 sekitar 58 wt% menunjukkan berlaku pertindihan antara proses pencampuran magma dengan proses penghabluran berperingkat.

Plotan Rb/Sr dan Sr/Ba melawan SiO_2 menunjukkan nilai yang malar bagi batuan siri alkali. Ini menunjukkan bahawa proses pengfraksian mineral di dalam

pembentukan piroksenit, gabro, diorit, sienit dan monzonit adalah tidak begitu ketara (Rajah 7.12).

Oleh itu, ia menyakinkan penulis bahawa pencampuran magma adalah proses yang utama di dalam pembentukan batuan siri alkali. Ini menunjukkan bahawa semasa pembentukan batuan siri alkali terdapat dua magma, iaitu magma bes dan magma granitik yang menerobos pada masa yang sama. Magma bes diwakili oleh gabro dan magma granitik diwakili oleh monzonit dan pencampuran magma kedua-dua magma ini membentuk batuan lain seperti diorit dan sienit. Disebabkan kedua-dua magma ini mengablur pada masa yang hampir sama, maka ia mewujudkan keadaan terhibrid dan sin-plutonik.

b) Batuan Siri Kalk-alkali

Di dalam batuan siri kalk-alkali didapati pengfraksian mineral daripada leburan magma hasil peleburan separa metabasalt dan metagrewak adalah proses petrogenesis yang utama. Plotan Rb/Sr dan Sr/Ba melawan SiO_2 menunjukkan dengan jelas bahawa berlaku pengfraksian mineral plagioklas, feldspar alkali dan biotit daripada granodiorit, granit berbutir kasar dan granit berbutir halus hingga sederhana (Rajah 7.12).

7.3.3 Model Pembentukan Kompleks Benom

Bignell dan Snelling (1977) menyatakan batuan siri kalk-alkali adalah Trias, sementara itu kajian oleh Mohd Rozi Umor dan Syed Sheikh Almashoor (2000) menunjukkan batuan siri alkali adalah Jura hingga Kapur Bawah. Ini menunjukkan batuan siri kalk-alkali terbentuk dahulu sebelum batuan siri alkali.

Berdasarkan pengelasan dan geokimia, batuan alkali adalah jenis shoshonitik, penulis percaya proses penerobosan bahan mantel terhadap kerak litosfera akibat berlakunya patahan kepingan “slab break-off” adalah paling sesuai bagi menerangkan teori pembentukan Kompleks Igneus Benom. Pada masa Trias Awal didapati subduksi telah lengkap membentuk zon sutura Raub-Benteng. Penulis percaya hasil subduksi menyebabkan berlaku penebalan kerak dan peleburan metabasalt dan metagreiwak yang membentuk batuan siri kalk-alkali pada masa Trias.

Semasa Trias Tengah, dikatakan berlaku regangan atau ekstensi (Tjia, 1996). Selain ekstensi, Tjia (1999) juga menyatakan berlaku sesar mendatar ke kanan di zon sutura Raub-Benteng dan sesar mendatar ke kiri di zon ETZ dekat sesar Lebir. Dalam masa yang sama, apabila subduksi lengkap sedangkan aliran mantel bawah masih berterusan, maka ia menyebabkan berlakunya “slab break-off” yang mematahkan kepingan kerak benua dan mewujudkan tingkap atau ruang yang membolehkan berlakunya aliran magma pada asthenosfera secara berterusan (Rajah 7.13).

Dalam masa yang sama berlaku peleburan kerak dan litosfera mantel kerjaan semula “Refractory Litospheric Mantle” (RLM) yang bersentuhan dengan aliran magma astenosfera. Kerak terhidrat bersama RLM yang telah melebur akan terangkut ke dalam aliran astenosfera menyebabkan penipisan bahagian bawah kerak. Ini menyebabkan Jalur Tengah mengalami penurunan graben semasa Trias Tengah hingga Trias Akhir (Rajah 7.13). Ia dibantu oleh zon lemah Sutura Raub-Benteng di barat dan Sesar Lebir di timur Semenanjung. Zon lemah Sutura Raub-Benteng memudahkan RLM menerobos lebih jauh dekat dengan permukaan dan membentuk batuan siri alkali. Oleh itu, didapati kewujudan batuan siri alkali ini hampir selari dengan jalur Sutura Raub-Benteng.

Model ini boleh menerangkan dengan jelas keujudan batuan siri alkali dan siri kalk-alkali di dalam Kompleks Igneus Benom. Flower et al. (1998) telah mencadangkan model ini yang diubahsuai daripada Davies dan von von Blanckenburg (1995).