

## **BAB 3**

### **KAITAN LAPANGAN**

#### 3.1 Pendahuluan

Bab ini membincangkan tentang cerapan lapangan bagi setiap pluton di dalam Jalur Tengah Semenanjung Malaysia. Ia meliputi aspek penjenisan batuan di lapangan, kaitan antara batuan serta hubungan usia secara relatif. Kesemua pluton yang mewakili Jalur Tengah Semenanjung Malaysia telah dilawati dan dibuat persampelan, namun begitu cerapan secara terperinci hanya melibatkan Kompleks Igneus Stong dan Kompleks Igneus Benom. Oleh itu, penulisan dalam subtopik pertama dan kedua adalah terhadap Kompleks Igneus Stong dan Kompleks Igneus Benom. Pluton-pluton yang lain dibincangkan secara umum di dalam subtopik ketiga. Dalam bahagian akhir bab ini, rumusan tentang perbandingan antara pluton dan pengelasan diutarakan berdasarkan kaitan lapangan.

#### 3.2 Kompleks Igneus Stong

Catatan terawal berkenaan batuan Gunung Stong dibuat oleh Savage (1925). Kajian seterusnya dilakukan oleh Alexander (1965) yang membuat pemetaan batuan seluruh Semenanjung Malaysia. Kajian yang lain dilakukan oleh MacDonald (1967), Hutchison (1969, 1973), Singh et al. (1984), Azman Abd. Ghani (1998a, 1998b, 2000), Mohd Rozi Umor & Hamzah Mohamad (2001a, 2001b, 2002a, 2002b), Tanot Unjah et al. (2001, 2002), dan Ibrahim Abdullah & Jatmika Setiawan (2003).

Kecelaruhan timbul bagi menentukan penjenisan sebenar batuan yang mewakili Kompleks Stong. Singh (1963) menyatakan bahawa ciri utama Kompleks Stong ialah teras granit yang sebahagiannya migmatit yang berasosiasi dengan zenolit batuan metasedimen yang besar. Zenolit ini mengandungi banyak mineral metamorf seperti garnet, silimanit, diopsid dan hornblend. Singh (1963) juga mendapati telah berlaku perubahan batuan akibat terma di dalam batuan keliling di sekitar Bertam yang terdiri daripada sedimen dan volkanoklastik. Rintisan daripada batuan keliling ke bahagian dalam jasad granit menunjukkan perubahan daripada syis mika kepada hornfel dan berubah kepada granit gneiss terhibrid (lit-par-lit gneiss), granit gneiss dan akhirnya granit. Beliau juga menjumpai batuan sedimen yang tidak termetamorf di bahagian selatan, timur dan utara Kompleks Stong yang dipercayai sama dengan strata batuan zenolit dijumpai di dalam granit.

MacDonald (1967) pula membezakan antara campuran sedimen dan volkanik yang berada di bahagian timur Kompleks Stong dengan zenolit sisipan batuan metamorf yang dijumpai di dalam granit. Elemen granit Kompleks Stong ditafsirkan sebagai berasal daripada terobosan Batolit Granit Banjaran Utama dengan menggunakan istilah Tusukan Kompleks.

Hutchison (1969, 1973) pula berpendapat Kompleks Stong terdiri daripada gneis asid dan batuan metamorf bergred tinggi. Beliau membuat anggapan sedemikian dengan menyatakan Kompleks Stong berasal daripada jujukan sedimen yang dominan dengan batu pasir arenit dengan sedikit argilit dan zon berkapur. Tabii batu pasir arenit dikatakan sesuai untuk peleburan penuh walaupun berskala besar. Ia berlaku semasa proses metamorf katazon. Hutchison (1973) menggunakan istilah Kompleks Migmatit Stong bagi menamakan batuan di sekitar Gunung Stong ini dan menyatakan elemen

granit Kompleks Stong bukan berasal daripada batolith granit Banjaran Utama tetapi hasil peleburan penuh sedimen yang sedia ada.

Singh et al. (1984) membahagikan Kompleks Stong kepada tiga komponen, iaitu Tonalit Berangkat, Leukogranit Kenerong dan Granit Noring. Di dalam kajian ini, penulis mendapati penggunaan nama tonalit dan leukogranit kurang bersesuaian kerana unit batuan ini terutamanya Tonalit Berangkat mempunyai variasi batuan daripada monzonit, monzonit kuarza, granodiorit dan tonalit serta enclave mikrodiorit. Oleh itu, penulis mencadangkan penggunaan pluton adalah lebih bersesuaian dengan mengekalkan nama tempat atau singkapan menjadikan ia sebagai Pluton Berangkat, Pluton Noring dan Pluton Kenerong.

### 3.2.1 Cerapan lapangan

Di dalam kerja lapangan, sebanyak 30 stesen cerapan dan persampelan bagi mewakili batuan Kompleks Igneus Stong telah dilakukan (Rajah 3.1). Ia melibatkan persampelan sebanyak 64 sampel batuan. Ringkasan nombor stesen, nama pluton, nama batuan dan bacaan GPS ditunjukkan di dalam Lampiran 1.

Berdasarkan perbezaan batuan di dalam setiap pluton, penulis membahagikan Pluton Berangkat kepada tiga unit, iaitu Tonalit Dabong, Granodiorit Bertam dan Granit Sg. Lah. Pluton Kenerong pula dibahagikan kepada Leukogranit Stong dan unit Kercau, sementara Pluton Noring dibahagikan kepada Granit Sg. Suda, Granit Sg. Long dan Mikrogranit Sg. Terang (Rajah 3.2).

#### a) Pluton Berangkat

Pluton Berangkat berada di bahagian selatan Kompleks Stong dan menempati hampir 20 % daripada keluasannya. Ia dinamakan bersempena Gunung Berangkat yang berketinggian 1297 m. Sempadan antara Tonalit Dabong, Granodiorit Bertam dan Granit Sg. Lah tidak dijumpai di lapangan disebabkan singkapan tidak berterusan. Kebanyakan kawasan dilitupi oleh hutan dengan lapisan tanah baki yang tebal.

Tonalit Dabong dijumpai sebagai jasad terasing dan tersingkap secara setempat. Ia berada di utara Pluton Berangkat dan terdiri daripada tonalit-granodiorit biotit-hornblend berbutir sederhana kasar, bertekstur sama saiz butiran, berwarna kelabu cerah dan menunjukkan pengaturatan atau foliasi yang baik (Rajah 3.3a). Ia mengandungi enclave mafik bersaiz 5 – 15 cm diameter, bentuk oval hingga lenticular dengan sempadan kurang jelas. Batuan ini diterobos oleh telarang pegmatit berwarna merah jambu dengan saiz kelebaran dari 10 cm hingga 50 cm (Rajah 3.3b). Singh et al. (1984) menamakan batuan ini sebagai tonalit berfoliasi, sementara MacDonald (1967) dan Hutchison (1973) menamakannya sebagai granitoid gneiss. Singkapan terbaik adalah di stesen T8 dan T9 yang merupakan potongan bukit bagi pembinaan jalan (Lampiran 1). Arah foliasi adalah berjurus antara  $2^{\circ}$  –  $10^{\circ}$ , iaitu hampir utara-selatan dengan kemiringan antara  $30^{\circ}$  –  $40^{\circ}$ . Ringkasan cirian batuan ditunjukkan di dalam Jadual 3.1.

Granodiorit Bertam merupakan batuan yang paling dominan di dalam Pluton Berangkat. Ia berwarna kelabu cerah hingga gelap, bertekstur porfiritik sederhana dan berbutir sederhana hingga kasar. Fenokrisnya terdiri daripada K-feldspar berjulat saiz 10 – 20 mm panjang dan 8 – 15 mm lebar. Fenokris mengisi 10% – 15% isipadu batuan. Ia tertabur mengikut foliasi jisim latar batuan. Matrik batuan terdiri daripada plagioklas,

kuarza dan biotit. Plagioklas meliputi 30 – 40 % isipadu batuan bersifat tabular euhedral dengan panjang purata 10 mm. Ia membuat pengaturannya dan bersambungan membentuk segregasi (Rajah 3.3c). Kuarza mengisi 15 – 20 % isipadu batuan bersaiz purata 2 mm dan kebanyakannya ujud secara individual. Batuan ini menunjukkan variasi yang ketara dari segi kandungan mineral, terutamanya K-feldspar dan plagioklas. Di sesetengah singkapan, ia menunjukkan pengayaan fenokris K-feldspar dan memberikan penamaan batuan kepada monzonit kuarza atau granit. Singkapan utama dijumpai di T4, iaitu potongan jalan raya dekat simpang tiga Bertam-Jelawang-Gua Musang. Daripada singkapan ini, satu km menghala ke Gua Musang dijumpai unit batuan keliling.

Di dalam singkapan ini, granodiorit didapati menerobos batuan yang lebih gelap, dinamakan di lapangan sebagai mikrodiorit. Ia berbutir halus hingga sederhana dan tidak mengandungi fenokris. Kandungan mineral terdiri daripada mineral mafik (~ 40 % daripada isipadu batuan), plagioklas bersaiz butiran kurang daripada 3 mm (~ 60% isipadu batuan), sementara itu, kuarza dan K-feldspar tidak dapat dicerap dalam sampel tangan (Rajah 3.3d). Jasad mikrodiorit yang besar dijumpai di utara singkapan (menghala ke Jelawang) dan sempadan antara batuan dijumpai adalah sempadan intrusif. Enclave mikrodiorit bersaiz 20 cm hingga 60 cm, berbentuk angular dengan sempadan jelas didapati tertabur di dalam granodiorit (Rajah 3.3e). Penulis yakin mikrodiorit berusia lebih tua berbanding granodiorit secara relatif. Di lapangan, tekstur menunjukkan berlaku percampuran magma antara mikrodiorit “MME” dan granodiorit “host rock”. Ini ditunjukkan oleh sempadan antara granodiorit dengan enclave mikrodiorit yang sudah tidak jelas dan tusukan K-feldspar ke dalam enclave mikrodiorit yang banyak diperhatikan (Rajah 3.3f).

Granit Sg. Lah berada di bahagian tengah Pluton Berangkat dan dikelilingi oleh Granodiorit Bertam. Unit ini berwarna kelabu gelap dengan megakris K-feldspar lebih besar berbanding Granodiorit Bertam, iaitu berjulat saiz 30 hingga 70 mm panjang dan 15 hingga 25 mm lebar (Rajah 3.4a). Di sesetengah tempat megakris fenokris ini adalah lebih padat dengan mencapai 50% daripada isipadu batuan dan membentuk pengaturann menunjukkan berlaku aliran magma semasa penghabluran. Mineral mafik terdiri daripada biotit dan hornblend mengisi hampir 15 % daripada isipadu batuan. Unit ini diterobos oleh telarang mikrogranit yang berasal daripada Pluton Kenerong seperti yang dinyatakan oleh Singh et al. (1984) (Rajah 3.4b). Sesetengah batuan menunjukkan kesan canggaan yang kuat mewujudkan pengaturann kepada mineral biotit dan hornblend. Namun begitu, megakris K-feldspar berpengaturann tidak begitu ketara (Rajah 3.4c). Kehadiran enclave dalam unit ini adalah kurang berbanding dengan Granodiorit Bertam. Enclave dijumpai berjulat saiz sekitar 2 cm hingga 5 cm diameter, relatif lebih kecil berbanding enclave dijumpai di dalam Granodiorit Bertam.

#### b) Pluton Noring

Pluton Noring merupakan jasad batuan yang paling dominan, menempati hampir 50% daripada keluasan Kompleks Stong. Gunung Noring yang berketinggian 1886 meter digunakan sebagai nama unit batuan ini.

Penulis membahagikan Pluton Noring kepada 3 unit batuan, iaitu (1) Granit Sg. Suda, (2) Granit Sg. Long dan (3) Mikrogranit Sg. Terang. Singh et al., (1984) menamakan batuan (1) sebagai Fasies Terang dan batuan (2) sebagai Fasies Belimbing. Perbezaan antara Granit Sg. Suda, Granit Sg. Long dan Mikrogranit Sg. Terang ditunjukkan di dalam Jadual 3.2

Granit Sg. Suda merupakan unit batuan yang paling dominan, yaitu meliputi hampir 60 % daripada singkapan batuan. Ia dijumpai di sepanjang Jalan Raya ke Stesen “Water Intake” Sg. Terang dan Jeram Lubuk Gajah (sepanjang Sg. Suda). Ia terdiri daripada granit biotit, berwarna kelabu cerah sehingga kelabu merah jambu, berbutir kasar sehingga sangat kasar dan berporfiri jelas. Fenokris terdiri daripada k-feldspar dengan pelbagai saiz, berjulat 20 mm – 50 mm panjang dan 10 mm – 40 mm lebar. Ia bersifat euhedral dan kebanyakan menunjukkan kembaran carlsbad dan pengezonan yang jelas pada sampel tangan. Ia menempati 30 % hingga 50 % daripada isipadu batuan. Matrik batuan dibentuk oleh kuarza (20 – 25%), plagioklas (10 – 15%) dan mineral mafik yang keseluruhan adalah biotit (10 – 15 %) (Rajah 3.5a). Ciri utama batuan adalah fenokris k-feldspar yang membuat pengaturan yang baik, berwarna merah jambu dan mengandungi hanya biotit sebagai mineral mafik. Pengaturan fenokris K-feldspar yang berwarna merah jambu adalah sangat jelas, terutamanya di kawasan yang mengalami pengelompokan K-feldspar. Di sesetengah tempat pengaturan K-feldspar menyebabkan biotit mengalami pengelompokan dan membentuk pengaturan yang dikenali sebagai “schlieren” (Rajah 3.5b).

Di Jeram Lubuk Gajah, pengaturan fenokris K-feldspar adalah selari dengan satah sesar dan kekar. Zenolit banyak dijumpai di dalam unit batuan ini dengan julat saiz 20 cm hingga 1 meter, berbentuk lenticular hingga menipis. Selain itu, terdapat juga telerang fasa lewat yang memotong granit dan zenolit (Rajah 3.5c). Jenis zenolit akan dibincangkan di dalam subtopik seterusnya.

Granit Sg. Long tersingkap di bahagian barat-laut Pluton Noring, iaitu di sepanjang Jalan Raya ke Stesen Water Intake Sg. Long dan Lebu Raya Timur-Barat.

Selain itu, batuan ini juga dijumpai di Kawasan Kolam Air Panas, Jeli. Granit Sg. Long terdiri daripada granit biotit-hornblend, berwarna kelabu gelap dengan fenokris K-feldspar yang berwarna merah jambu dan berbutir kasar hingga sangat kasar dengan tekstur porfiritik jelas. Ia mempunyai matrik yang dibentuk oleh plagioklas, kuarza, K-feldspar bersaiz kecil, biotit dan hornblend. Perbezaan yang jelas antara batuan Granit Sg. Suda dengan Granit Sg. Long adalah berdasarkan kepada julat saiz fenokris, peratusan kehadiran fenokris dan bentuk, kehadiran hornblend dan matrik batuan yang tidak berpengaturan.

Granit Sg. Long mempunyai fenokris K-feldspar yang lebih kecil berbanding Granit Sg. Suda dengan julat saiz 10 mm – 20 mm panjang dan 10 mm – 15 mm lebar dan menempati hanya 20 % hingga 30 % isipadu batuan (Rajah 3.5d). Bentuk fenokrisnya lebih bulat berbanding Granit Sg. Suda yang biasanya memanjang. Hornblend boleh dilihat pada sampel tangan bersifat euhedron dengan julat saiz 1 mm hingga 4 mm panjang. Ia hadir bersama-sama dengan biotit dengan nisbah hampir sama banyak. Mineral sfen juga boleh dikenal melalui sampel tangan dengan saiz antara 1 – 3 mm.

Mikrogranit Sg. Terang berada di dalam Granit Sg. Suda. Ia terdiri daripada granit biotit berbutir halus hingga sederhana, bertekstur sama saiz butiran dan berwarna kelabu cerah hingga kelabu gelap bergantung kepada kelimpahan biotit. Ia dijumpai di bahagian barat Sg. Terang dengan keluasan sekitar 30 meter panjang (Rajah 3.5e) dan dianggap sebagai singkapan utama mewakili batuan ini. Zenolit Granit Sg. Suda dijumpai di dalam Mikrogranit Sg. Terang, menunjukkan usia secara relatif batuan ini adalah lebih muda berbanding Granit Sg. Suda.



Mikrogranit Sg. Terang ini juga dijumpai di Kg. Lawar, iaitu di utara Kompleks Stong dekat Gunung Reng. Namun begitu, batuananya berwarna kelabu keputihan dan menunjukkan tekstur butiran sangat halus. Ia hampir tiada mengandungi mineral mafik. Di Kg. Lawar, mikrogranit ini didapati menerobos Granit Sg. Long dengan sempadan yang jelas. Oleh itu, ia ditafsirkan berusia lebih muda. Granit Sg. Long di kawasan ini mengandungi enclave yang berwarna gelap bersaiz besar, iaitu berjulat 50 cm hingga beberapa meter. Kebanyakan enclave ini telah dipotong oleh sesar dan kekar yang diisi oleh telerang mikrogranit. Selain menerobos Granit Sg. Long, mikrogranit juga menerobos zenolit batuan metasedimen yang terdapat di dalamnya secara berserenjang dengan arah foliasi metasedimen zenolit tersebut (Fotograf 3.5f). Berdasarkan kedudukan singkapan Kg. Lawar dan kehadiran zenolit metasedimen yang bersaiz besar (melebihi 3 meter) di dalam Granit Sg. Long, penulis percaya singkapan ini adalah dekat dengan sempadan rejahan granit dengan batuan keliling.

### c) Pluton Kenerong

Pluton Kenerong dinamakan bersempena dengan Sungai Kenerong yang dijumpai di bahagian tengah unit ini. Ia menempati hampir 30 % daripada keluasan Kompleks Stong dan berada di bahagian tengah jasad memisahkan Pluton Berangkat dan Pluton Noring. Penulis membahagikan Pluton Kenerong kepada Leukogranit Stong dan unit Kercau.

Leukogranit Stong terdiri daripada granit biotit berbutir sederhana, bertekstur sama saiz butiran, berwarna kelabu cerah hingga kelabu gelap bergantung kepada kelimpahan biotit (Rajah 3.6a). Unit kercau pula terdiri daripada selang lapis telerang mikrogranit dengan metasedimen dengan tekstur rencam dan mikrogranit kelabu gelap bergarnet (Rajah 3.6b). Selain itu, dijumpai juga batu kapur yang telah termetamorf

menjadi marmar di Sg. Batu. Penulis mentafsirkan bahawa unit dominan mewakili Pluton Kenerong adalah Leukogranit Sg. Stong. Unit ini diwakili oleh singkapan di Gunung Stong. Ia kurang mengandungi zenolit dan tiada dijumpai jujukan metasedimen di dalamnya.

Hutchison (1969) telah melawat Sg. Kenerong dan menjumpai silimanit dan korderit di dalam syis pelitik, serta diopsid dan phlogopit di dalam marmar. Berdasarkan singkapan di Sg. Kenerong, Hutchison (1969) menyatakan bahawa Kompleks Stong ini terdiri daripada batuan migmatit jenis venite dan agmatit dengan telerang granit berkeadaan terlipat rencam yang dipanggil 'ptygmatic'. Singh et al. (1984) pula menyatakan bahawa batuan utama adalah leukogranit atau granit biotit berbutir halus sehingga sederhana, pegmatit dan aplit. Ia menerobos batuan keliling yang terdiri daripada metasedimen jenis pelitik, marmar dan hornfel. Penulis bersetuju dengan pendapat Singh et al. (1984) berdasarkan jumpaan bukti lapangan yang menunjukkan unit granit menerobos batuan metasedimen dan terobosan ini menyusuk melalui satah-satah foliasi yang lemah.

Unit kercau boleh dijumpai di Sg. Kenerong dan Sg. Renyok. Perbezaan antara ketebalan telerang granit dan ketebalan metasedimen mewujudkan keadaan batuan yang agak berbeza. Telerang granit yang dominan dan lebih tebal menerobos metasedimen yang berketebalan kecil mewujudkan batuan granit yang berfoliasi seakan schlieren yang mempunyai lipatan kerdut dipanggil 'ptymatic' (Rajah 3.6c). Telerang dan metasedimen yang hampir sama tebal mewujudkan selang lapis yang hampir selari dan kurang mengandungi telerang 'ptymatic' (Rajah 3.6d). Sementara itu, metasedimen yang lebih tebal akan mewujudkan telerang 'ptymatic' yang lebih rencam (Rajah 3.6e). Di dalam telerang granit dan metasedimen banyak dijumpai garnet yang bersaiz

mencapai 5 mm, berwarna ungu dan berbentuk bulat (Rajah 3.6f). Kewujudan mineral garnet di dalam telerang granit boleh berlaku disebabkan dua alasan, iaitu (1) telerang granit ini merupakan leburan magma fasa paling akhir yang bersifat sangat asid yang membolehkan kehadiran garnet, dan (2) interaksi telerang granit separa pejal dengan metasedimen yang sememangnya telah termetamorf dan mengandungi garnet menyebabkan pemindahan garnet ke dalam telerang granit semasa terobosan.

Singkapan di Pusat Rekreasi Mini Hidro Sg. Renyok adalah cukup menarik. Ia terdiri daripada selang lapis jujukan metasedimen yang diterobosi oleh beberapa fasa telerang mikrogranit. Singh et al. (1984) menyatakan kehadiran telerang boleh mencapai tujuh generasi bergantung kepada singkapan. Telerang paling awal mengalami foliasi yang kuat dan dipotong oleh telerang yang kurang berfoliasi (dalam kes tertentu bersifat “boundinage”) dan telerang yang lebih muda tidak terfoliasi. Ibrahim Abdullah & Jatmika Setiawan (2003) menyatakan bahawa terdapat empat arah tegasan yang mempengaruhi kewujudan telerang di Sg. Renyok. Arah pertama adalah akibat tekanan rantau semasa Kapur Atas. Tegasan kedua dan ketiga merupakan tegasan mampatan yang membentuk sesar mendatar, ramping dan ampul, boundinage, lipatan seret dan lipatan kercau yang berskala kecil. Ia dikaitkan dengan terobosan granit. Tegasan keempat membentuk sesar normal dan dikaitkan dengan perlepasan tekanan selepas rejahan granit.

### 3.2.2 Pengaturan Mineral

Pengaturan mineral di dalam Kompleks Stong boleh dibahagikan kepada (1) pengaturan K-feldspar di dalam Pluton Noring dan Pluton Berangkat, (2) pengaturan plagioklas di

dalam Tonalit Dabong, Pluton Berangkat dan (3) pengaturan mineral felsik di dalam Leukogranit Sg. Stong.

Di dalam Pluton Noring terutamanya Granit Sg. Suda, pengaturan K-feldspar dicerap di dalam banyak singkapan batuan. Rintisan jalan intake Sg. Terang menunjukkan bacaan jurus kemiringan agak berbeza bagi pengaturan K-feldspar di bahagian dekat sempadan dengan singkapan di bahagian tengah jasad batuan (Rajah 3.7). Ia menunjukkan arah jurus dan kemiringan  $340^{\circ}/30^{\circ}$ ,  $248^{\circ}/36^{\circ}$  dicatatkan pada lokaliti L1 dan L9, tetapi berubah kepada  $110^{\circ}/18^{\circ}$  (L27) dan  $105^{\circ}/20^{\circ}$  (L30). Sementara itu, di Jeram Lubuk Gajah jurus kemiringan dicatatkan ialah  $7^{\circ}/36^{\circ}$ ,  $8^{\circ}/40^{\circ}$  dan  $356^{\circ}/38^{\circ}$ . Pengaturan K-feldspar di dalam Pluton Noring didapati berlaku secara rantau dan bacaan jurus dan kemiringan bagi pengaturan juga hampir seragam seperti dicatatkan di dalam rintisan Sg. Terang. Keadaan ini boleh berlaku hasil daripada aliran magma dekat dengan batuan keliling dalam keadaan magma separa pepejal. Ia diaktifkan lagi dengan tegasan rantau yang berlaku semasa pembentukan batuan. Daripada Rajah 3.7, penulis membuat kesimpulan berdasarkan jurus dan kemiringan pengaturan K-feldspar bahawa kemungkinan Pluton Noring membentuk satu struktur antiklin yang besar dengan paksi pada arah tenggara-baratlaut. Serentak dengan itu, ia memberi gambaran bahawa terobosan Pluton Noring adalah dalam bentuk kubah.

Di dalam Pluton Berangkat, pengaturan K-feldspar dicerap di Sg. Lah pada bongkah-bangkah batuan. Oleh itu, bacaan jurus kemiringan tidak diambil kerana tidak mewakili arah pengaturan sebenar mineral. Pengaturan K-feldspar diperhatikan terhasil daripada proses pengelompokkan dan pengayaan K-feldspar yang bersaiz kasar mencapai 6 – 7 cm panjang dan menempati sehingga 90% daripada isipadu batuan. Namun begitu, pengaturan ini berlaku setempat sahaja. Oleh itu, boleh ditafsirkan

bahawa pengaturan K-feldspar di dalam Pluton Berangkat berlaku akibat aliran magma semasa pembentukan batuan dalam keadaan separa pejal tetapi tegasan rantau tidak begitu memainkan peranan. Ini kerana olakan atau aliran biasanya berlaku secara setempat.

Di dalam Tonalit Dabong dan Granodiorit Bertam, mineral yang membuat pengaturan adalah plagioklas. Jurus dan kemiringan fenokris plagioklas yang dicatatkan ialah  $2^{\circ}/20^{\circ}$ ,  $10^{\circ}/35^{\circ}$  dan  $5^{\circ}/20^{\circ}$ , iaitu hampir utara-selatan. Pengaturan plagioklas yang jelas dicerap di dalam unit Tonalit Dabong, sementara di dalam Granodiorit Bertam, pengaturan plagioklas tidak begitu jelas dan dikaburi oleh kehadiran fenokris K-feldspar.

Pengaturan mineral felsik di dalam Leukogranit Sg. Stong boleh dicerap di bahagian timur singkapan Mini Hidro Sg. Renyok. Jurus kemiringan foliasi adalah  $328^{\circ}/20^{\circ}$ ,  $316^{\circ}/40^{\circ}$  dan  $340^{\circ}/58^{\circ}$ .

#### Perbincangan

Mengikut Paterson et al. (1989), foliasi di dalam batuan igneus boleh terbentuk oleh pelbagai mekanisme, iaitu oleh aliran magma, aliran sub-magma, canggaan fasa pepejal pada bersuhu tinggi dan canggaan fasa pepejal bersuhu sederhana hingga rendah.

Penulis berpendapat pengaturan K-feldspar di dalam Pluton Noring dan plagioklas Tonalit Dabong dan Granodiorit Bertam adalah terhasil daripada aliran magma separa pepejal di dalam tekanan rantau semasa proses penghabluran batuan. Ini berdasarkan ciri-ciri berikut yang dijumpai di lapangan, iaitu (a) keselarasan jurus

kemiringan foliasi mineral dengan perlapisan batuan keliling, (b) Bentuk mineral igneus yang euhedral, (c) Tusukan fenokris K-feldspar ke dalam zenolit, (d) Kehadiran zenolit dan bentuknya, (e) herotan pengaturan mineral dekat sempadan batuan induk dengan zenolit metasedimen, dan (f) Tekstur pengelompokkan mineral dan schlieren.

a) Keselarasan jurus dan kemiringan foliasi dengan perlapisan batuan keliling.

Jurus dan kemiringan pengaturan mineral adalah selari dengan sempadan antara jasad igneus dan batuan keliling. Ia juga hampir selari dengan jurus dan kemiringan perlapisan batuan keliling. Foliasi atau pengaturan akibat aliran magma biasanya selari dengan sempadan intrusif (Balk, 1937; Reesor, 1958; Bateman et al. 1963; Pitcher & Berger, 1972). Oleh itu, ia kadang kala digunakan untuk menentukan bentuk tiga dimensi pluton. Foliasi aliran magma ini semakin jelas apabila menghampiri sempadan pluton yang ditunjukkan oleh darjah pengaturan mineral atau bentuk zenolit yang lebih memanjang (Bateman et al. 1963; Pitcher & Berger, 1972; Castro, 1986; Marshall & Sparks, 1984; Vernon et al. 1988).

b) Bentuk K-feldspar yang euhedral

Ciri utama yang menunjukkan berlakunya proses aliran magma adalah pengaturan mineral igneus yang tidak menunjukkan canggaan plastik atau penghabluran semula, sama ada pada mineral yang berpengaturan atau mineral di antaranya (Berger & Pitcher, 1970; Bateman et al. 1983; Shelley, 1985; Vernon et al. 1988). Pluton Noring dan Pluton Berangkat mengandungi mineral igneus seperti K-feldspar, plagioklas yang bersifat euhedral, lengkap dan sempadan yang jelas (Rajah 3.8a). Ini mencirikan batuan tersebut adalah asalan igneus berdasarkan kenyataan bahawa feldspar tidak ujud secara

euedral di dalam batuan metamorf yang tidak terlebur (Vernon, 1976). Ciri-ciri mikroskopik seperti pengezonan, tiada patahan dan penghabluran semula dibincangkan dalam bab petrografi.

#### c) Tusukan K-feldspar di dalam enclave mikrogranitoid

Di dalam Pluton Noring, fenokris K-feldspar didapati menyusuk “enclave mikrogranitoid” yang bersaiz 15 cm panjang (Rajah 3.8b). Tusukan K-feldspar yang euedral boleh berlaku sekiranya enclave mikrogranitoid dalam keadaan separa pepejal dan berlaku pergerakan atau aliran semasa pembentukan batuan induk “host rock”. Ini selaras dengan kenyataan bahawa zenolit mikrogranitoid ditafsirkan sebagai globul magma yang tidak lengkap memejal yang akan menjadi petunjuk kepada proses aliran magma sekiranya ia tidak menunjukkan kesan canggaan plastik atau penghabluran semula (Pabst, 1928; Bateman et al. 1983; Vernon, 1983; Marshall & Sparks, 1984; Vernon et al. 1988)

#### d) Kehadiran zenolit dan bentuknya

Zenolit di dalam Pluton Noring dan Pluton Berangkat adalah berbeza dengan zenolit di dalam Pluton Kenerong (Perbincangan terperinci jenis-jenis zenolit di dalam subtopik seterusnya). Di dalam Pluton Noring, zenolit yang dicerap kebanyakan berbentuk elip atau lenticular terutamanya bagi enclave mafik mikrogranitoid “MME” (Rajah 3.8c). Sementara itu, zenolit batuan metasedimen yang dijumpai di Jeram Lubuk Gajah didapati bersifat sisipan. Bentuk sebegini mencadangkan berlakunya aliran magma semasa pembentukan batuan induk (Pabst, 1928, Marshall & Sparks, 1984; Vernon et

al. 1988). Darjah perubahan bentuk zenolit dari bulat kepada lenticular memanjang berkait dengan darjah orientasi.

Di dalam Pluton Berangkat, iaitu unit Tonalit Dabong didapati MME juga ujud secara lenticular dengan foliasi yang cukup jelas. Bentuk MME ini didapati mengikut arah pengaturan plagioklas batuan induk. Marshall & Sparks (1984) menyatakan bahawa orientasi mineral di dalam zenolit biasanya sama atau lebih kuat berbanding batuan keliling hasil aliran magma. Foliasi di dalam zenolit juga boleh dibentuk oleh aliran magma induk (Balk, 1937).

e) Herotan pengaturan mineral dekat sempadan batuan induk dengan zenolit metasedimen

Sempadan antara Pluton Noring dengan zenolit batuan keliling boleh dicerap di ulu Sg. Renyok. Di dalam sempadan ini, didapati terbentuk lipatan atau herotan yang ketara terhadap foliasi zenolit metasedimen. Batuan induk pula mengalami zon terkokol yang dicirikan oleh mineral yang berbutir halus dekat sempadan (Rajah 3.8d). Pitcher & Berger (1972) menyatakan bahawa sekiranya aliran magma bertambah kekuatannya menghampiri batuan keliling, ia boleh mengubah arah foliasi batuan keliling agar selari dengan sempadan batuan.

f) Tekstur pengelompokkan mineral “mineral banding” dan schlieren

Di dalam Pluton Berangkat dan Pluton Noring, pengelompokkan mineral K-feldspar banyak dicerap di dalam singkapan dan berlaku secara setempat. Contoh terbaik ialah di Sg. Lah bagi Pluton Berangkat dan di Jalan Intake Sg. Terang dan Hulu Sg. Renyok



bagi Pluton Noring. Di Sg. Lah, fenokris K-feldspar bersaiz 4 – 5 cm panjang dan 1.5 – 2.0 cm lebar mengalami pengelompokkan dan membuat pengaturannya yang baik (Rajah 3.8e). Kelimpahan K-feldspar ini mewujudkan warna batuan kelabu cerah. Ia sesuai diterangkan sebagai hasil proses aliran magma secara konvektif yang mengelompokkan K-feldspar di bahagian tertentu di dalam jasad magma.

Namun begitu, penulis mendapati di dalam Pluton Noring, pengelompokkan atau ‘banding’ K-feldspar berlaku berselang seli dengan pengelompokkan biotit, iaitu “schlieren” (Rajah 3.8f). Ia juga berlaku secara setempat dan tidak secara keseluruhan. Ciri sebegini boleh berlaku apabila leburan magma mengalami penyerakkan berganda ‘double diffusion’ (Clarke, 1992). Keadaan penyerakkan berganda boleh berlaku sekiranya leburan magma menghablur di dalam tekanan rantau. Schlieren adalah petunjuk utama proses aliran magma sekiranya tiada canggaan plastik dicerap pada mineral (Reid & Hamilton, 1987).

### 3.2.3 Enclave di dalam Kompleks Stong

Clark (1992) menyatakan terdapat empat jenis enclave berdasarkan asalnya, iaitu (1) autolith atau cognate enclave, (2) mafic mikrogranular enclave (MME), (3) restite atau surmicaceous enclave (baki batuan hasil peleburan separa) dan (4) xenolith atau pecahan batuan keliling. Enclave (1), (2) dan (3) banyak dikaji dengan pelbagai istilah yang digunakan, contohnya istilah “concretionary patches” (Phillips, 1974), “autoliths” (Pabst, 1928, Fershtater & Borodina, 1977), “mafic microgranular enclaves” (Didier, 1973), “microgranitoid” (Vernon, 1983), “microdiorite” (Holden et al., 1987) atau “magmatic” (Barbarin, 1988, 2005). Dalam kajian ini, penulis menggunakan istilah xenolit bagi menerangkan inklusi batuan keliling, iaitu batuan metasedimen di dalam

jasad pluton dan MME bagi inklusi batuan igneus yang berasal daripada batuan yang lebih mafik, berwarna lebih gelap berbanding batuan induk dan biasanya berbutir lebih halus.

Di dalam Kompleks Stong, zenolit dan MME boleh dijumpai di dalam semua pluton. Ia bersaiz daripada beberapa cm hingga mencapai 1 meter panjang dengan bentuk yang pelbagai daripada bentuk oval, lenticular sehingga membentuk sisipan di dalam batuan. Jenis-jenis zenolit dan MME yang dijumpai di dalam Pluton Berangkat, Pluton Noring dan Pluton Kenerong adalah berbeza dari segi saiz, bentuk, taburan dan ketumpatannya.

a) Enclave di dalam Pluton Berangkat

Di dalam Pluton Berangkat, enclave yang dijumpai adalah MME. Ia terdiri daripada mikrodiorit kelabu gelap, berbutir halus hingga sederhana dan tekstur sama saiz butiran. Penulis menamakannya di lapangan sebagai mikrodiorit. MME ini bersaiz 20 – 60 cm diameter, berbentuk angular dan di dalamnya terdapat kelompok mineral mafik “mafic clot” yang bersaiz antara 3 – 8 cm, berwarna gelap kehijauan dan menunjukkan sedikit foliasi (Rajah 3.9a). Hubungan MME ini dengan granodiorit menunjukkan berlaku “mingling” atau percampuran magma, mencirikan berlakunya interaksi antara satu sama lain. Berdasarkan sempadan antara MME dengan batuan induk, penulis percaya MME ini merupakan batuan yang lebih bes menghablur terlebih dahulu daripada granodiorit dan diterobos oleh granodiorit semasa rejahan. Ia bukan merupakan restite atau baki batuan bes yang mengalami peleburan separa. Zenolit batuan keliling jarang dijumpai di dalam Pluton Berangkat.

## b) Enclave di dalam Pluton Noring

Terdapat dua jenis enclave yang dikenalpasti dalam Pluton Noring, iaitu zenolit batuan keliling dan MME. Zenolit batuan keliling terdiri daripada metasedimen yang menunjukkan foliasi dan perlapisan yang jelas. Ia kebiasaannya bersaiz 20 – 30 cm, berbentuk lenticular dengan foliasi selari dengan arah pengaturatan K-feldspar di dalam Pluton Noring (Rajah 3.8c). Di sesetengah singkapan yang dekat dengan sempadan batuan keliling, zenolit berbentuk sisipan boleh mencapai saiz 1 meter panjang diperhatikan (Rajah 3.5c). Ia berwarna gelap dan berbutir halus. Zenolit metasedimen didapati di sesetengah singkapan telah mengalami peleburan hampir penuh meninggalkan baki mineral mafik dalam bentuk schileren. Ia ditunjukkan oleh singkapan dekat sempadan sentuhan pluton (Rajah 3.9b). Perbezaan antara zenolit metasedimen dan MME adalah jelas, iaitu MME kebanyakan menunjukkan sempadan yang tidak jelas akibat interaksi dengan magma semasa pembentukan batuan, sementara zenolit metasedimen bersempadan jelas sekiranya tersingkap dekat sempadan berubah kepada sisipan apabila diangkut oleh magma menjauhi sempadan dan terlebur sepenuhnya membentuk schileren apabila olakan magma aktif (Rajah 3.9c). Berdasarkan cirian zenolit metasedimen ini, penulis mentafsirkan bahawa semasa pembentukan Pluton Noring, proses asimilasi oleh batuan keliling memainkan peranan besar ke atas komposisi magma, terutamanya terhadap unit Granit Sg. Suda.

MME pula wujud berbentuk oval hingga lenticular. Ia bersaiz 20 – 40 cm diameter, dengan sempadan yang tidak jelas, dan di sesetengah singkapan ditusuki oleh K-feldspar. MME di dalam Granit Sg. Long didapati lebih besar dengan sempadan kurang jelas, berbanding MME di dalam Granit Sg. Suda yang relatif lebih kecil tetapi

sempadan lebih jelas dan berbutir lebih kasar, kemungkinan akibat penghabluran semula atau pengelompokkan mineral mafik (Rajah 3.9d).

Kehadiran zenolit metasedimen adalah lebih banyak berbanding MME di dalam Pluton Noring. Secara relatif, MME banyak dijumpai di dalam unit Granit Sg. Long yang kaya hornblend, sementara zenolit batuan keliling banyak dijumpai di dalam unit Granit Sg. Suda yang dekat dengan sempadan.

#### c) Enclave di dalam Pluton Kenerong

Di dalam unit Leukogranit Stong bagi Pluton Kenerong, enclave jarang dijumpai. Ia bersaiz kurang daripada 4 cm, tertabur rawak dan dibentuk oleh mineral mafik. Namun begitu, di dalam unit kercau pula, zenolit metasedimen dijumpai dengan banyak. Ia tertabur secara setempat dan agak sukar untuk membezakan antara enclave dengan selang lapis metasedimen.

#### 3.2.4 Batuan Keliling

Kompleks Stong menerobos batuan berusia Perm Tengah hingga Trias Atas yang dinamakan sebagai batuan Formasi Gua Musang (Rajah & Yin, 1980). Batuan Formasi Gua Musang boleh dicerap di bahagian utara, timur dan selatan pluton. Di bahagian barat pula, Kompleks Stong bersempadan dengan Granit Banjaran Utama dan dipisahkan oleh sesar.

Formasi Gua Musang dinamakan oleh Yin (dalam Kobayashi dan Hamada, 1970) bersempena dengan pekan Gua Musang. Ia meliputi kawasan yang luas

menganjur sejauh 193 km dari Gua Musang ke arah selatan hingga ke Kuala Lipis, Temerloh dan Maran, iaitu menempati bahagian tengah Negeri Pahang. Di bahagian utara Gua Musang pula, ia menganjur sejauh 32 km dan menempati bahagian timur dan utara Kompleks Stong yang menunjukkan sifat lebih bermetamorfisme. Di kawasan Dabong dijumpai batuan jenis filit dan metavulkanik, dan metasedimen separa berkapur pula dijumpai di sekitar Kg. Belimbing berdekatan dengan sempadan Thailand (Hutchison, 1973).

Formasi Gua Musang terdiri daripada batuan argilit yang dominan berwarna hitam dan berlaminasi. Ia berselang lapis dengan unit arenit yang minor, serta bahan vulkanik. Selain itu, batu kapur juga merupakan satu komponen utama di dalam Formasi Gua Musang. Di kawasan Gua Musang-Merapoh, batu kapur meliputi 80 % keluasannya dan membentuk perbukitan cerun tegak dengan ketinggian mencapai 455 m. Bergerak ke arah utara dan selatan daripada kawasan Gua Musang-Merapoh, batu kapur semakin berkurang dan didominasi oleh batuan argilit.

a) Sempadan sentuhan antara Kompleks Stong dan Batuan Keliling

Sempadan sentuhan antara Kompleks Stong dan batuan keliling tidak dijumpai di lapangan. Namun begitu, singkapan batuan keliling yang paling hampir dengan Kompleks Stong di jumpai di T4, iaitu 5 meter dari singkapan Pluton Berangkat. Singkapan batuan keliling ini terdiri daripada batu pasir sederhana kasar berketebalan 1.0 – 2.0 m berbentuk kekanta dengan jurus kemiringan antara  $40^{\circ}/32^{\circ}$  hingga  $45^{\circ}/35^{\circ}$  (Rajah 3.10a). Ia mengandungi batuan vulkanik berbentuk lensa yang berketebalan purata 0.5 m. Foliasi jelas dicerap selaras dengan jurus perlapisan (Rajah 3.10b). Singh et al.(1984) telah membuat rintisan di sepanjang Sg. Galas, Sg. Nenggiri dan Sg. Tool di

selatan Kompleks Stong. Mereka mendapati di Kemubu, dijumpai filit asalan vulkanik yang terlipat rencam. Batuan ini berubah kepada filit dengan porfiroblas biotit di hulu Sg. Tool (menghala ke arah pluton), menunjukkan kesan terma. Dekat dengan pluton, batuan semakin kasar dan batuan dominan terdiri daripada syis grafit berwarna kelabu gelap. Porfiroblas garnet, staurolit dan andalusit boleh dijumpai di Sg. Tool dan Sg. Bertam. Singh et al. (1984) menyatakan kehadiran garnet, staurolit dan andalusit menunjukkan penghabluran semula batuan keliling berlaku di dalam tekanan rendah dan suhu sederhana kuat.

Berdasarkan cerapan ini, penulis mencadangkan kemungkinan terobosan Pluton Berangkat berlaku secara “mantle plume” yang bergerak ke atas secara perlahan-lahan. Kadar yang perlahan akan membolehkan haba daripada magma menghasilkan metamorfisme secara rantau dan memberi kesan kepada batuan keliling secara pengezonan, iaitu kawasan dekat sentuhan lebih kuat termetamorfisme dan semakin rendah apabila menjauhi magma.

Di bahagian timur Kompleks Stong, singkapan batuan keliling dijumpai di Kg. Tuanku Abdul Rahman dekat potongan bukit pembinaan balai bomba. Hutchison (1973) menyatakan Kompleks Stong dipisahkan dengan Syis Taku oleh satu jalur batuan fasies syis hijau terdiri daripada syal, filit, marmar dan metavulkanik. Singkapan batuan di Kg. Tuanku Abdul Rahman terdiri daripada selang lapis argilit dan batu pasir bertuf (Rajah 3.10c). Perlapisan jujukan batuan diukur jurus kemiringan; iaitu  $332^{\circ}/46^{\circ}$ ,  $346^{\circ}/46^{\circ}$ ,  $354^{\circ}/50^{\circ}$ ,  $352^{\circ}/40^{\circ}$  dan  $358^{\circ}/20^{\circ}$ . Taburan dan kaitan antara batuan di dalam Pluton Kenerong menggambarkan terobosan terhadap batuan keliling adalah secara proses assimilasi batuan keliling, peleburan separa dan peleburan berzon “zone melting”. Kehadiran batuan metamorf di dalam zon kercau menunjukkan interaksi dan assimilasi

yang cukup ketara antara magma dan batuan keliling semasa penghabluran Pluton Kenerong.

Sementara itu, singkapan batuan keliling di bahagian utara Kompleks Stong dijumpai di sepanjang Lebuhraya Timur Barat. Ia terdiri daripada jujukan batu pasir ketebalan 1 – 3 m dengan argilit berketebalan 10 – 50 cm yang menunjukkan kesan termetamorf. Jurus kemiringan adalah  $282^{\circ}/22^{\circ}$ ,  $278^{\circ}/24^{\circ}$  dan  $280^{\circ}/20^{\circ}$ . Batuan keliling ini bersempadan dengan Pluton Noring. Berdasarkan ciri-ciri batuan, zenolit dan kehadiran “ghost stratigraphy” di dalam Pluton Noring, terobosan dicadangkan berlaku secara mantle plume atau dome dan “stopping”.

Pluton Noring berkemungkinan menerobos batuan keliling secara “dome” dengan saiz magma yang besar. Saiz yang besar menyebabkan berlaku olakan dan konvektif magma secara berterusan semasa penghabluran batuan. Ini mewujudkan pengaturanan K-feldspar di dalam Pluton Noring di sesetengah lokaliti. Dalam masa yang sama berlaku terobosan secara stopping. Terobosan secara “stopping” ini berlaku kerana magma tidak dapat bergerak ke atas akibat disekat oleh batuan keliling ataupun magma berada pada kedalaman yang cetek, iaitu mesozon. Ini menyebabkan magma menerobos secara tusukan ‘injection’ ke dalam batuan keliling dan merobohkan sebahagian batuan keliling yang berada dekat sempadan sentuhan. Pepejal runtunan batuan keliling ini memasuki magma dan kekal sebagai zenolit semasa penghabluran. Singkapan di Lata Sg. Renyok ditafsirkan sebagai “ghost stratigraphy” kerana ia mempunyai peralihan yang sama jurus dan kemiringan dengan arah pengaturanan K-feldspar di dalam Pluton Noring dan juga peralihan batuan keliling (Rajah 3.10d). Ini membuktikan berlakunya terobosan secara “stopping”. Singh et al. (1984) juga menyatakan zenolit bersaiz mencapai 1 km boleh dijumpai di dalam Kompleks Stong, namun tidak dinyatakan

lokasi. Ia terdiri daripada fasies amfibolit atas, berbeza dengan batuan keliling yang terdiri daripada fasies amfibolit bawah.

#### b) Sisa Kubah

Penulis menjumpai singkapan batuan metamorf yang bersaiz 1.5 km di puncak bukit semasa merintis jalan Sg. Terang, iaitu lokaliti 10 dan lokaliti 11 mengikut Nur Huda Mohd Jamin (2001). Ia berada di dalam Granit Sg. Suda dan terdiri daripada selang lapis metaargilit dan syal berkapur. Batuan ini mengalami struktur rencam dengan foliasi yang jelas (Rajah 3.10e). Penulis percaya ia adalah sisa kubah yang merupakan baki batuan Formasi Gua Musang yang terpisah daripada unit besar hasil hakisan dan luluhawa selepas penerobosan Kompleks Stong. Ini berdasarkan jurus kemiringan yang hampir mendatar. Batuan ini agak berbeza dengan zenolit yang dijumpai di dalam Pluton Noring.

#### 3.2.5 Kaitan Antara Pluton

Kaitan antara pluton-pluton di dalam Kompleks Stong berdasarkan konsep potong memotong di lapangan. Pluton Kenerong dijumpai menerobos Pluton Berangkat dan Pluton Noring. Terobosan Pluton Kenerong terhadap Pluton Berangkat dijumpai di Sg. Lah. Ia membentuk telarang yang tidak berfoliasi memotong Granit Sg. Lah yang berfoliasi. Penulis mendapati Pluton Kenerong juga menerobos Pluton Noring berdasarkan singkapan di Sg. Renyok dan Kuari Kembang Maju. Penentuan usia mutlak batuan telah mendapati Pluton Noring adalah lebih tua berbanding Pluton Kenerong (Mohd Rozi Umor & Hamzah Mohamad, 2002).



### 3.2.6 Jujukan Pembentukan Batuan

Di dalam Pluton Berangkat, penulis berpendapat batuan terawal mengahablur ialah mikrodiorit. Ia diterobos oleh Granodiorit Bertam. Sempadan antara Granodiorit Bertam, Granit Sg. Lah dan Tonalit Dabong tidak dapat ditentukan di lapangan. Secara umum Tonalit Dabong adalah unit luar pluton yang bersempadan dengan batuan keliling. Ia mengalami pengaturan atau foliasi yang baik. Sementara Granodiorit Bertam dan Granit Sg. Lah merupakan batuan bahagian tengah magma pluton. Berdasarkan tekstur batuan, Granit Sg. Lah yang terdiri granit biotit-hornblend bermegakris K-feldspar, penulis berpendapat ia mengahablur dengan perlahan berbanding Granodiorit Bertam yang kurang fenokris. Namun begitu, kehadiran hornblend di dalam Granit Sg. Lah menunjukkan ia merupakan batuan lebih bersifat bes berbanding Granodiorit Bertam dan mencadangkan ia unit lebih teras.

Di dalam Pluton Noring pula, arah evolusi batuan ditafsirkan daripada Granit Sg. Long kepada Granit Sg. Suda dan Mikrogranit Sg. Terang. Sempadan antara Granit Sg. Suda dan Granit Sg. Long tidak dapat ditentukan kerana ia berubah secara 'gradational'. Sementara itu, Pluton Kenerong menunjukkan Leukogranit Stong adalah batuan yang dominan dan menerobos metasedimen.

### 3.3 Kompleks Igneus Benom

Kajian terawal terhadap Kompleks Igneus Benom dilakukan oleh Scrivenor (1911) yang membuat pemetaan geologi kawasan sekitar Ulu Pahang. Kajian beliau lebih tertumpu kepada pencarian emas dan bijih timah, dan cuma sebahagian Kompleks Igneus Benom sahaja yang termasuk di dalam kajian ini. Scrivenor (1931) telah mencatatkan kehadiran

batuan igneus kaya hornblend di bahagian tengah dan barat kaki bukit Gunung Benom dan bersifat lebih bes berbanding banjaran pergunungan di barat (batuan igneus Jalur Barat).

Kajian seterusnya oleh Wilbourn (1930) telah menyatakan kewujudan granit hornblend, sienit dan sienit augit yang dianggap sebagai batuan hibrid menganjur dari utara ke selatan di bahagian barat kaki bukit Gunung Benom. Richardson (1939), kemudiannya membuat pemetaan kawasan Gunung Benom, tetapi tidak mengkaji aspek petrogenesis batuan. Kajian yang lebih ekstensif dilakukan oleh Hutchison (1971) terhadap singkapan di Jeram Besu dan bekas kuari Jabatan Kerja Raya, Benta (JKR) yang melibatkan pentafsiran petrogenesis batuan. Namun demikian, tafsiran kajian ini telah menjadi persoalan kepada pengkaji lain seperti Syed Sheikh Almashoor (1994) dan Mohd Rozi Umor (1999). Kajian lebih terperinci dan khusus terhadap petrogenesis Kompleks Igneus Benom dilakukan oleh Jaafar Ahmad (1979). Beliau mengelaskan batuan kompleks ini kepada dua siri batuan dikenali sebagai siri alkali dan siri kalk-alkali. Pengkaji-pengkaji lain yang membuat kajian secara umum dan meliputi sebahagian daripada Kompleks Igneus Benom ialah Khoo (1968, 1976), Ahmad Sabri Razak (1991), Yong (1998), Ramesh (1999), Mohd Rozi Umor & Syed Sheikh Almashoor (2000a, 200b), Mohd Rozi Umor (2001), Azman Abd Ghani & Mustaffa Kamal (2002), Mustaffa Kamal & Azman Abd. Ghani (2003).

### 3.3.1 Cerapan Lapangan dan Pembahagian Batuan

Sebanyak 50 stesen cerapan telah dilakukan bagi mengenal batuan, melihat hubungan antara batuan dan persampelan dengan berpandukan peta taburan batuan yang telah

dilakukan Jaafar Ahmad (1979). Kedudukan stesen cerapan ditandakan sebagai S1 hingga S50 (Rajah 3.11).

Berdasarkan mineralogi dan geokimia, Jaafar Ahmad (1979) mengelaskan batuan Kompleks Igneus Benom kepada dua siri, iaitu siri alkali dan siri kalk-alkali. Batuan siri alkali terdiri daripada lima jenis batuan, iaitu (1) sienit hingga sienit augit, (2) monzonit hingga monzonit kuarza, (3) diorit hingga diorit kuarza, (4) gabro hingga gabro alkali, dan (5) piroksenit. Batuan siri kalk-alkali pula, terdiri daripada lima jenis batuan, iaitu (1) granit biotit berbutir kasar, (2) granit biotit berbutir halus hingga sederhana, (3) granodiorit hornblend-biotit, (4) granit hornblend-biotit dan (5) granit berporfiri dan kuarza. Taburan batuan ditunjukkan di dalam Rajah 3.12.

Singkapan terbaik bagi menunjukkan hubungan antara batuan di dalam siri alkali ialah di Jeram Besu dan bekas kuari JKR, Benta yang terletak di bahagian barat laut Gunung Benom. Ia mengandungi sienit, monzonit dan diorit serta batuan migmatit jenis psamitt (Mohd Rozi Umor, 1999). Sementara itu, singkapan yang baik dan luas bagi mencerap batuan siri kalk-alkali adalah di Lata Jarum (S10) dan Sg. Chalit (S33) yang mewakili granit biotit berbutir kasar dan granit biotit berbutir halus hingga sederhana.

### 3.3.2 Batuan siri alkali

Secara umumnya batuan siri alkali adalah bersifat bes hingga pertengahan. Ia berwarna kelabu, kelabu kehijauan hingga kelabu gelap dan sesetengahnya berwarna merah jambu yang disumbangkan oleh K-feldspar, terutamanya di Jeram Besu. Ia mempunyai kandungan mineral kuarza yang sedikit peratusannya. Batuan siri alkali tersingkap di

bahagian barat kaki Gunung Benom dengan tren menganjur utara selatan. Ia merangkumi hampir 30 % daripada keluasan singkapan Kompleks Igneus Benom.

a) Gabro dan Gabro Alkali

Penulis menjumpai singkapan gabro yang besar di Bukit Lebak dan Bukit Keluang yang berada di bahagian barat daya Gunung Benom. Lokaliti ditandakan sebagai S2, S3, S4, S5, S6, S32 dan S41 (Rajah 3.11). Berdasarkan tekstur, gabro boleh dibahagikan kepada (1) gabro berbutir sederhana kasar tekstur sama saiz butiran dan (2) gabro berbutir halus hingga sederhana kasar berfoliasi.

Gabro (1) berwarna kelabu gelap kehijauan, bersaiz butiran antara 3 mm hingga 5 mm dan tidak berfoliasi (Rajah 3.13a). Jaafar Ahmad (1979) menamakan gabro ini sebagai gabro bertekstur granular-kasar panidiomorphik. Ia tersingkap di S3 dan S4. Sementara itu, gabro (2) pula dijumpai di S6 dan S32 yang dicirikan oleh warna kelabu gelap, bersaiz butiran halus hingga sederhana dan mengandungi bintikkan plagioklas (bersaiz 1 – 2mm) yang jelas membuat foliasi bersama-sama mineral mafik.

Gabro (1) tidak bersempadan dengan batuan lain dan berbeza dengan gabro (2) yang menunjukkan sempadan yang jelas dengan sienit dan diorit (Rajah 3.13b). Sempadan sentuhan membentuk keadaan terhibrid (Rajah 3.13c). Oleh itu, ditafsirkan bahawa gabro (1) mewakili gabro yang berada di bahagian tengah jasad, sementara gabro berfoliasi (2) merupakan dekat dengan sempadan antara batuan.

Selain itu, perubahan komposisi mineral di dalam gabro dengan penambahan fenokris K-feldspar memberikan pengelasan kepada gabro alkali. Ia dijumpai di lokaliti

S6, iaitu dekat Bukit Lebak di dalam kebun koko (Rajah 3.13d). Ia dikenal di lapangan berdasarkan fenokris K-feldspar yang tertabur rawak di dalam jisim latar berbutir halus dan berwarna gelap. K-feldspar didapati berubah kepada warna ungu di sesetengah lokaliti. Berdasarkan sempadan antara sienit dan gabro alkali didapati sienit telah menerobos gabro alkali dengan kesan tusukan boleh dicerap di singkapan batuan.

b) Piroksenit

Piroksenit dikenal di lapangan berdasarkan warna kehijauan hasil daripada kandungan piroksen yang tinggi dan berbutir sederhana hingga kasar. Kandungan mineral felsik hampir tiada (Rajah 3.13e). Piroksenit diterobos oleh telentang gabro yang berketebalan 10 cm hingga 20 cm secara berselirat. Di S32, singkapan dominan dengan piroksenit yang mengandungi telentang-telentang pegmatit fasa lewat. Ia mengisi rekahan kekar yang terdapat di dalam piroksenit (Rajah 3.13f).

c) Diorit dan diorit kuarza

Diorit berwarna kelabu hingga kelabu gelap, bersaiz butiran halus hingga sederhana, iaitu antara 1 mm hingga 3 mm. Kandungan mineral terdiri daripada K-feldspar (10%), plagioklas (55%), biotit dan hornblend (35%), sementara kuarza mengisi celah antara butiran (<5%) (Rajah 3.14a). Kelimpahan plagioklas menyebabkan warna diorit lebih cerah. Plagioklas dikenal berdasarkan bentuk memanjang, berwarna putih kapas dan lebih senang terluluhawa berbanding K-feldspar. Kehadiran mineral mafik yang banyak di sesetengah singkapan menyebabkan batuan bersifat melanokratik dan agak sukar untuk dibezakan dengan gabro (Rajah 3.14b). Pencemaran diorit oleh sienit berlaku di singkapan tertentu menyebabkan diorit berubah kepada sienotdiorit atau monzodiorit

(Rajah 3.14c). Namun begitu, di kebanyakan singkapan diorit menunjukkan sempadan yang tajam dengan sienit dan monzonit. Oleh itu, dipercayai proses asimilasi dan penghibridan adalah bersifat setempat dan berkeluasan kecil.

d) Sienit hingga sienit kuarza

Sienit dicerap di stesen cerapan S1, S2, S3, S5, S6, S14, S31, S32, S33, S42, S45, S46 dan S50 (Rajah 3.11). Sienit dan sienit kuarza merupakan batuan paling dominan bagi siri alkali. Ia mengelilingi kesemua batuan siri alkali, iaitu piroksenit, gabro, diorit dan monzonit.

Jaafar Ahmad (1979) mengenal tiga jenis tekstur yang ditunjukkan oleh sienit kuarza, iaitu (1) sienit bertekstur aliran (fluxion), (2) sienit bersifat gneiss (gneissic) yang merupakan tekstur paling dominan, dan (3) sienit berporfiri tanpa sebarang pengaturaturan fenokris K-feldspar. Sienit jenis gneiss terbentuk daripada sienit aliran yang mengalami ricihan atau tegasan.

Penulis menjumpai sienit jenis aliran dan jenis gneiss di S1, S2, S3, S5, S6, S14, S32, S33, S42, S45 dan S46. Sienit jenis berporfiri pula dijumpai di S31 dan S50. Sienit aliran berbutir sederhana hingga kasar berporfiri dengan fenokris yang dibentuk K-feldspar, berwarna kelabu cerah hingga kelabu gelap bergantung kepada kehadiran fenokris. Sekiranya fenokris K-feldspar banyak dan padat melebihi 70 % isipadu, ia berwarna kelabu cerah (bersifat leukokrat) dan sebaliknya. Fenokris K-feldspar bersifat tabular memanjang dengan julat saiz 10 - 20 mm panjang dan 3 - 10 mm lebar (Rajah 3.14d). Sienit jenis gneiss adalah berkait dengan kehadiran sesar. Ia menunjukkan

tekstur percantuman K-feldspar dengan sesetengah tempat berlaku pengelompokkan fenokris mikroklin dan ortoklas (Rajah 3.14e).

Sienit berporfiri tidak menunjukkan pengaturan fenokris K-feldspar. Kehadiran fenokris K-feldspar juga dalam peratusan yang rendah sekitar 10 % - 25 % daripada isipadu batuan. Namun begitu, secara relatifnya saiz fenokrisnya lebih kasar berbanding sienit jenis aliran dan jenis gneiss. Jaafar Ahmad (1979) menyatakan sienit jenis aliran dan sienit gneiss adalah mencirikan batuan pre-tektonik dan sienit bersifat porfiritik adalah pos-tektonik.

Di dalam sienit banyak ditemui telarang kecil yang berselirat dengan purata ketebalan 1 cm hingga 3 cm. Ia juga ditemui menjadi satah kepada sesar-sesar kecil yang diisi oleh klorit atau epidot yang berwarna hijau. Sesar-sesar kecil ini berasal daripada telarang yang lebih besar, iaitu telarang yang bersaiz 10 hingga 30 cm tebal. Ia memotong dan menganjak zenolit diorit di dalam sienit.

e) Monzonit dan monzonit kuarza

Di dalam Kompleks Igneus Benom, terdapat tiga singkapan yang besar dan baik boleh dijumpai monzonit, iaitu di Jeram Besu, di stesen S16 (belakang Pusat Kesihatan Benta) dan jalan pintasan Benta yang ditandakan sebagai stesen S45, S46 dan S50. Di kawasan lain, monzonit wujud sebagai singkapan kecil di dalam sienit.

Monzonit dan monzonit kuarza berwarna kelabu cerah, berbutir kasar dan porfiritik jelas. Fenokris terdiri daripada K-feldspar yang berjulat saiz 2 – 4 cm panjang dan 1 – 2 cm lebar, berwarna kelabu dan tertabur secara rawak di dalam batuan. Ia menempati 30 % hingga 50 % isipadu batuan. Fenokris K-feldspar menunjukkan

kembaran Carlsbad yang baik dan kadang kala menunjukkan pengezonan dengan inklusi debu vulkanik. Matrik batuan terdiri daripada plagioklas ( $\approx 15\%$ ), biotit dan hornblend ( $\approx 20\%$ ) dan juga K-feldspar yang berbutiran sederhana ( $\approx 10\%$ ). Kuarza mengisi kurang daripada  $5\%$  isipadu batuan, tetapi di sesetengah singkapan ia meningkat kepada  $10\%$  menjadikan penamaan batuan monzonit kuarza. Matrik mengisi celah-celah fenokris K-feldspar dan tidak menunjukkan pengaturan (Rajah 3.15a).

Cirian utama yang membezakan monzonit dengan sienit ialah saiz butiran fenokris K-feldspar dan pengaturannya. Fenokris K-feldspar di dalam monzonit bersaiz lebih besar, bentuk dari sub-bulat hingga memanjang dan tidak menunjukkan pengaturan yang baik berbanding dengan sienit. Perbezaan yang jelas diperhatikan di sempadan antara dua batuan ini yang boleh dicerap di Jeram Besu (Rajah 3.15b).

Monzonit mengandungi banyak zenolit yang terdiri daripada gabro dan diorit. Ia wujud dalam pelbagai saiz daripada beberapa cm hingga 2 meter dengan bentuk kebanyakan bersegi dan sempadan yang jelas hingga tidak jelas (Rajah 3.15c). Keadaan ini boleh dicerap di bekas kuari J.K.R, Benta, Jalan pintasan Benta dan stesen S16. Pemerhatian secara menyeluruh mendapati monzonit telah menerobos gabro dan diorit, walaupun sesetengah singkapan menunjukkan monzonit telah bercampur dengan zenolit yang melebur separa mewujudkan keadaan terhibrid antara kedua-dua batuan. Ia menonjolkan fenokris K-feldspar di dalam matrik berbutir halus dan gelap (Rajah 3.15d).

Kebanyakan singkapan monzonit dipotong oleh kekar-kekar yang bersistem. Di sesetengah tempat didapati K-feldspar di dalam monzonit berwarna merah jambu. Ini adalah hasil luluhawa yang diaktifkan oleh kehadiran kekar dan sesar. Di jalan pintasan



Benta, tersingkap telentang pegmatit yang panjang memotong batuan monzonit. Telentang ini terdiri daripada K-feldspar berwarna merah jambu, berkemungkinan mempunyai hubungan genetik dengan monzonit (Rajah 3.15 e & f).

### 3.2.3 Batuan siri kalk-alkali

Batuan siri kalk-alkali dikelaskan oleh Jaafar Ahmad (1979) berdasarkan geokimia mengikut Tilley (1950) dan Kuno (1965). Siri batuan ini terdiri daripada batuan yang berkomposisi granit dan bersifat asidik. Keseluruhan batuan berwarna kelabu cerah dengan butiran bersaiz sederhana hingga kasar, bersifat isogranular sehingga berporfiri dan tidak menunjukkan kesan pengaturan mineral. Jaafar Ahmad (1979) mengelaskan siri batuan ini berdasarkan kandungan mineral dan tekstur kepada lima kumpulan batuan, iaitu (1) granodiorit hornblend-biotit-muskovit, (2) granit biotit-hornblend, (3) granit biotit berbutir kasar, (4) granit biotit bebutir halus hingga sederhana kasar bersifat leukokratik, dan (5) granit berporfiri kuarza.

#### a) Granodiorit hornblend-biotit-muskovit

Granodiorit berada di bahagian barat kaki Gunung Benom dan menempati 0.7 % daripada keluasan Kompleks Benom. Terdapat enam jasad granodiorit yang tersingkap di lapangan (Jaafar Ahmad, 1979). Penulis menjumpai granodiorit di jalan pintasan dari Ulu Dong dan Budu ke Benta di stesen S11 dan S12 (Rajah 3.12). Selain itu, granodiorit juga tersingkap di S8 berdekatan dengan Bukit Gelang Gading.

Di lapangan, granodiorit berwarna kelabu cerah, berbutir sederhana dengan purata saiz mineral antara 3 mm – 5 mm dan bersifat isogranular (sama butiran). Kuarza

mengisi sekitar 50 % hingga 60 % isipadu batuan, sementara plagioklas sekitar 30 % hingga 40% isipadu batuan. Peratusan K-feldspar adalah separuh daripada peratusan plagioklas, iaitu antara 15 % hingga 20 %. Mineral mafik adalah kurang daripada 5 % isipadu batuan (Rajah 3.16a). Penulis mendapati granodiorit adalah unit batuan yang bersempadan dengan batuan siri alkali. Ia dijumpai di stesen S12 (Rajah 3.16b). Keadaan sentuhan jelas dilihat di S11, yang mempamerkan granodiorit yang mengandungi zenolit gabro dan diorit (Rajah 3.16c).

b) Granit biotit-hornblend

Granit biotit-hornblend tersingkap di stesen S33, S34 dan S36 (Rajah 3.12). Jaafar Ahmad (1979) menyatakan kehadiran hornblend di dalam granit menyebabkan pengkaji terdahulu mempercayai bahawa granit ini mempunyai hubungan genetik dengan siri batuan alkali yang kaya amfibol. Namun begitu, beliau mendapati granit biotit-hornblend ujud sebagai mantel atau lapisan atas granit biotit yang dominan. Jaafar Ahmad (1979) mencerap singkapan granit biotit-hornblend di kawasan yang tinggi, iaitu di puncak Gunung Benom dan Gunung Pallas, dan juga kawasan yang bersempadan dengan metasedimen. Disokong dengan data geokimia, Jaafar Ahmad (1979) mentafsirkan granit biotit-hornblend adalah terhasil daripada perubahan granit biotit akibat assimilasi batuan sedimen berkapur semasa penerobosan.

Penulis cuba mendapatkan singkapan in-situ mewakili granit biotit-hornblend di S33, tetapi kebanyakan didapati ujud sebagai bongkah angkutan daripada hulu sungai. Kajian mendapati granit biotit-hornblend tersingkap di S33 terdiri daripada granit hornblend-biotit berbutir kasar dan menunjukkan sifat porfiritik lemah. Di dalam batuan

ini didapati mineral mafik tertabur rawak dan mengisi sekitar 10 % hingga 15 % isipadu batuan (Rajah 3.16d).

Singkapan S34 dipercayai singkapan in-situ. Ia dijumpai di tebing bukit menghala ke Lata Berembun dan berada pada altitud yang tinggi. Sementara granit biotit-hornblend di S36 pula adalah daripada bongkah angkutan hulu sungai. Oleh itu, penulis percaya teori Jaafar Ahmad (1979) yang menyatakan granit biotit-hornblend ujud sebagai lapisan mantel luar jasad granit biotit adalah bersesuaian dengan cerapan lapangan. Ini disokong oleh kehadiran zenolit yang agak banyak di dalam granit biotit-hornblend, berkemungkinan berasal daripada siri batuan keliling. Zenolit ini bersaiz antara 10 hingga 15 cm diameter (Rajah 3.16 e).

c) Granit biotit berbutir kasar

Jaafar Ahmad (1979) menyatakan granit biotit berbutir kasar merupakan unit batuan paling dominan membentuk Kompleks Igneus Gunung Benom. Ia meliputi 50 % daripada keluasan singkapan batuan.

Penulis mendapati singkapan terbaik yang dominan dengan granit biotit berbutir kasar boleh dijumpai di S10, iaitu Lata Jarum, dekat Ulu Dong. Lata Jarum merupakan singkapan sungai yang mengandungi jeram-jeram yang cantik dan dijadikan tapak perkelahan serta taman rekreasi. Keluasan singkapan melebihi 1 km. Kebanyakan batuan telah mengalami luluhawa hasil tindakan air dan berubah kepada warna merah jambu. Warna merah jambu ini disumbangkan oleh K-feldspar (Rajah 3.17a). Walaupun singkapan adalah luas, tetapi penulis sukar melakukan persampelan disebabkan kekerasan batuan dan tahap luluhawa yang tinggi.

Secara umumnya, penulis dapat membezakan dua jenis granit berdasarkan tekstur batuan, iaitu granit biotit berbutir kasar sehingga sangat kasar berporfiritik lemah dan granit biotit berbutir kasar bersifat hampir sama butiran (isogranular). Batuan pertama merupakan batuan yang dominan di Lata Jarum. Ia banyak tersingkap di hulu dan hilir sungai, sementara batuan kedua dijumpai sebagai bongkah-bongkah bersaiz melebihi 2 meter yang tertabur di hilir sungai. Oleh itu, penulis percaya unit batuan kedua boleh dijumpai sekiranya kajian merintis ke hulu sungai mendaki jeram-jeram, iaitu berkemungkinan berada di bahagian atas bukit mewakili granit bahagian luar pluton sepertimana granit biotit-hornblend.

Pecahan batuan yang segar mewakili granit biotit berbutir kasar sehingga sangat kasar berporfiri dijumpai di hulu sungai. Ia bersaiz butiran antara 5 mm hingga 15 mm bagi kuarza dan plagioklas, sementara K-feldspar bersaiz lebih besar mencapai saiz 25 mm panjang. Ia menunjukkan sifat porfiritik lemah yang mana fenokris terdiri daripada K-feldspar (Rajah 3.17b). Kandungan mineral terdiri daripada kuarza ( $\pm 40\%$ ), K-feldspar ( $\pm 35\%$ ) dan plagioklas ( $\pm 15\%$ ), sementara biotit ( $\pm 10\%$ ).

Granit biotit berbutir kasar dan bersifat sama butiran didapati bersifat lebih leukokratik. Secara purata julat saiz butiran adalah 5 mm hingga 10 mm. Ia berwarna kelabu cerah dan didapati lebih tahan terhadap luluhawa (Rajah 3.17c). Kandungan mineral secara anggaran di lapangan menunjukkan kuarza adalah mineral melimpah, iaitu  $\pm 60\%$  isipadu batuan, K-feldspar ( $\pm 15\%$ ) dan plagioklas ( $\pm 10\%$ ) serta biotit kurang daripada 5% isipadu batuan.

d) Granit biotit bebutir halus hingga sederhana kasar bersifat leukokratik

Unit batuan ini hanya dijumpai di S33 dan hanya ujud sebagai bongkah-bongkah angkutan dari hulu sungai. Penulis tidak menjumpai unit batuan ini di kawasan lain. Namun begitu, Jaafar Ahmad (1979) yang menjalankan kerja lapangan yang lebih terperinci menyatakan unit ini ujud sebagai jasad yang jarang dijumpai di dalam granit biotit berbutir kasar yang tersingkap di Sg. Tepam.

Di Sg. Chalit, bongkah unit batuan ini bersaiz 1 meter hingga 3 meter diameter ditemui di sepanjang sungai. Ia berwarna kelabu kemerahan di permukaan yang terluluhawa, tetapi di sebelah dalam menunjukkan warna kelabu cerah dengan butiran bersaiz halus sehingga sederhana kasar (Rajah 3.17d). Kandungan mineral unit ini lebih kurang sama dengan granit biotit berbutir kasar. Perbezaan jelas adalah dari segi saiz butiran yang halus dan kehadiran biotit yang makin berkurangan (Rajah 3.17e). Jaafar Ahmad (1979) menyatakan kekurangan biotit digantikan dengan kehadiran muskovit yang menjadikan batuan bersifat leukokratik. Oleh itu, beliau mentafsirkan unit batuan ini sebagai batuan intrusif fasa lewat dari magma yang sama dengan granit biotit berbutir kasar.

e) Granit berporfiri kuarza.

Granit berporfiri kuarza membentuk jasad terasing di timurlaut dan barat batolith Gunung Benom (Rajah 3.12). Singkapan utama ialah di Sungai Cheka yang berada 2 km ke selatan daripada Kg. Batu Balai (Jaafar Ahmad, 1979).

Penulis tidak menjumpai singkapan yang mewakili batuan ini semasa menjalankan kerja lapangan. Namun begitu, satu sampel bongkah angkutan dijumpai di S36 (Ulu Sg. Pertang) menunjukkan cirian granit porfiri kuarza. Sampel ini telah dianalisis dan digunakan bersama dengan data geokimia daripada Jaafar Ahmad (1979) dalam olahan dan tafsiran di dalam bab 5.

#### 3.2.4 Batuan Keliling

Batuan keliling yang diterobosi oleh Kompleks Igneus Benom adalah batuan Formasi Semantan. Ia adalah salah satu formasi di dalam Kumpulan Raub. Penamaan awal batuan ini dilakukan oleh Scrivenor (1911) yang menamakannya sebagai Siri Raub dan kemudian diubah kepada Formasi Berkapur oleh Richardson (1939). Namun Richardson (1950) menamakan semula sebagai Siri Berkapur. Penamaan sebagai Kumpulan Raub dibuat oleh Alexander (1959) yang kemudian diikuti oleh Burton (1973) yang menamakannya sebagai Formasi Kerdau. Hutchison (1973) telah mencadangkan batuan sekitar Gunung Benom terdiri daripada Formasi Gua Musang, Formasi Kerdau dan Formasi Jelai yang kesemuanya merupakan batuan berusia Mesozoik. Tetapi, beliau tidak mengumpulkan kesemua formasi ini di dalam Kumpulan Raub. Penamaan terbaru dilakukan oleh Jaafar Ahmad (1976) yang membahagikan Kumpulan Raub kepada Formasi Semantan dan Formasi Kaling. Kompleks Igneus Benom dikelilingi oleh Formasi Semantan, sedangkan Formasi Kaling berada agak jauh dan tidak dibincangkan di dalam kajian. Selain Formasi Semantan, terdapat juga batuan migmatit dan batuan metamorf seperti hornfels dan syis amfibolit dijumpai di sekitar rejahan Gunung Benom. Perbincangan batuan keliling adalah melibatkan batuan Formasi Semantan yang berada di bahagian (1) barat, (2) barat laut, (3) utara, (4) timur laut, (5) timur dan tenggara, dan (6) selatan Gunung Benom.

a) Formasi Semantan

Formasi Semantan terdiri daripada syal berkapur yang dominan berselang lapis dengan tuf riolit. Sedikit kekanta batu pasir, batu kapur dan lava riolit boleh dijumpai di dalam formasi ini. Lokaliti tip Formasi Semantan ialah di sepanjang jalan antara Karak-Temerloh yang selari dengan Sungai Semantan (Jaafar Ahmad, 1976). Formasi ini ditafsirkan berusia Trias Tengah hingga Trias Atas berdasarkan penemuan fosil lamellibranch (*Doenella*, *Posidonia* dan *Ammonoid*) di dalam syal dan tuf. Berdasarkan himpunan fosil yang dijumpai, Formasi Semantan dicadangkan terbentuk di sekitaran air cetek yang berlaku aktiviti vulkanik (Kobayashi, 1963).

Di sekitar Gunung Benom, batuan jenis bertuf banyak dijumpai di bahagian utara Gunung Benom dan semakin berkurang ke arah selatan. Oleh itu, taburan ini menunjukkan sumber bahan bertuf berasal daripada bahagian utara Gunung Benom (Jaafar Ahmad, 1979). Ini disokong oleh penemuan aliran riolit berselang lapis dengan syal dan tuf di Sungai Terlang yang berada ke utara Kompleks Igneus Benom.

Mohd Rozi Umor (1999) telah membuat tinjauan di bahagian barat laut Kompleks Igneus Benom, iaitu di sekitar Kg. Kuala Atok, Kg. Jerkoh Melayu dan Kg. Benta. Kesemua singkapan ini terdiri daripada selang lapis batu pasir berfoliasi, syal dan batu pasir bertuf. Jurus dan kemiringan perlapisan ialah  $218^{\circ}/82^{\circ}$  dan  $172^{\circ}/65^{\circ}$ .

Batuan keliling di bahagian barat Gunung Benom tersingkap di S27, S28, S29 dan S30. Stesen S27 merupakan singkapan tepi jalan dalam bentuk “pinnacle” batu kapur bersyal. Ia berwarna kelabu kehitaman dengan butiran yang sangat halus. Ia membuat pecahan sumbing dan sangat keras. Di belakang bangunan dekat pekan Raub

dijumpai batu pasir yang tebal dan telah terluluhawa dan teroksidasi membentuk konkresi. Ia ditandakan sebagai S28. Singkapan yang terbaik memperlihatkan syal dengan satah foliasi yang jelas dicerap di stesen S29, iaitu 3 km keluar dari Pekan Raub ke Kuala Lipis. Ia merupakan singkapan potongan bukit hasil pembinaan jalan raya yang baru. Singkapan ini berkeluasan hampir 500 meter panjang. Jurus dan kemiringan satah foliasi dan peralihan ialah  $52^{\circ}/60^{\circ}$  dan  $60^{\circ}/80^{\circ}$ .

Berdekatan dengan Sg. Goh dijumpai tiga mogot atau bukit batu kapur yang besar. Ia dikenali sebagai Bukit Serdam, Gua Kecil dan Gua Panas. Bukit Serdam yang merupakan bukit yang paling besar telah diusahakan sebagai kuari yang dinamakan sebagai Kuari Datuk Wan Ahmad Sdn. Bhd. Ia ditandakan sebagai S30. Penulis mendapati batu kapur yang dijumpai telah berubah kepada marmar yang berwarna putih, putih merah jambu hingga putih kelabu. Terdapat juga batu kapur yang berwarna putih dengan jaluran syal kelabu hasil asimilasi. Ia mengandungi kekar dan retakan yang banyak.

Di bahagian utara Gunung Benom tidak dijumpai banyak singkapan yang mewakili batuan keliling. Penulis menjumpai batu kapur di Kg. Batu Balai dalam bentuk "pinnacle" yang kecil sekitar 2 hingga 3 meter tinggi.

Di bahagian timur laut Gunung Benom dijumpai singkapan kuari yang terdiri daripada batuan vulkanik yang dinamakan sebagai Vulkanik Jerantut. Kuari ini berada lebih kurang 40 km daripada Kg. Damak menghala ke bandar Jerantut, iaitu di Kg. Baharu, Jalan Benta dan dinamakan sebagai S17. Nama kuari ini ialah Kuari Kerjasama Jerantut (Rajah 3.18a). Terdapat dua jenis batuan yang dikenal di lapangan, iaitu riolit tuf dan andesit. Riolit tuf bertuf berwarna kelabu kehitaman, berbutir halus dan



mempunyai bintikan bahan bertuf. Ia mengandungi telerang halus berketebalan purata 1 cm, berkemungkinan telerang kalsit (Rajah 3.18b). Andesit boleh dibezakan berdasarkan warna dan kandungan fenokris kepada dua jenis, iaitu andesit berwarna merah jambu dengan fenokris mineral mafik yang bersaiz purata 1 cm diameter tertabur rawak (Rajah 3.18c). Andesit yang kedua pula berwarna kelabu kehijauan, berbutir lebih halus dan kurang mengandungi fenokris, tetapi ketumpatan kekar dan retakan yang tinggi (Rajah 3.18d).

Batuan keliling di bahagian timur dan tenggara Gunung Benom pula terdiri daripada syal bertuf, tuf hingga tuf riolit dan aliran riolit. Ia diwakili oleh singkapan S19, S20, S21 dan S22. Singkapan S19 berada di dalam ladang kelapa sawit yang merupakan singkapan potongan jalan raya yang kecil bersaiz 5 meter panjang dan dominan dengan syal bertuf. S20 pula merupakan singkapan keratan bukit pembinaan jalan raya dekat Masjid Ulu Cheka (Rajah 3.19a). Ia mengandungi bongkah-bongkah baki luluhawa yang dikenal sebagai riolit. Tanah baki luluhawa batuan vulkanik ini berbeza dengan tanah baki granit. Ia berwarna kemerahan yang lebih pekat berbanding tanah baki granit dan kurang mengandungi butiran kuarza. Riolit ini berwarna kelabu, berbutir halus dengan sedikit pecahan batuan (Rajah 3.19b).

Di Tenggara Gunung Benom, penulis menjumpai singkapan S22 yang merupakan singkapan teres bukit berdekatan dengan sungai. Ia dijadikan kebun oleh orang asli (Rajah 3.19c). Ia terdiri daripada batuan vulkanik jenis aliran riolit dan tuf riolit. Aliran riolit didapati mengandungkan bongkah batuan yang membulat yang menunjukkan arah aliran yang jelas (Rajah 3.19d). Namun begitu, arah ini tidak dipertimbangkan kerana bongkah-bongkah tersebut telah terubah dengan memberikan bacaan jurus dan kemiringan yang berbeza-beza. Selain itu, dijumpai juga batuan tuf

riolit yang berwarna kelabu kemerahan, jisim latar terdiri daripada debu vulkanik yang halus, dipercayai bahan tuf, pecahan batuan didapati bersegi-segi dengan saiz sekitar 4 hingga 6 cm diameter (Rajah 3.19e). Aliran riolit telah mengalami hakisan yang teruk. Sesetengah bongkah batuan telah tertanggal dan meninggalkan kesan lekukan yang jelas (Rajah 3.19f).

Kajian batuan keliling di bahagian selatan dilakukan oleh Jaafar Ahmad (1980) yang melakukan pemetaan di sekitar Sg. Teris, Pahang. Beliau merintis Sg. Gapis dan Sg. Anak Lompat dan menjumpai batuan Formasi Semantan yang terdiri daripada syal berkarbon berselang lapis dengan tuf riolit. Di sempadan sentuhan dengan jasad granit Gunung Benom dijumpai batuan hornfels.

### 3.2.5 Kesan metamorfisme dan asimilasi batuan keliling

Jasad granit Kompleks Igneus Benom adalah besar. Oleh itu, ia memberi kesan metamorfisme yang kuat terhadap batuan keliling. Jaafar Ahmad (1979) menyatakan bahawa terdapat dua episod proses perlipatan yang berlaku di sekitar Gunung Benom. Episod pertama melibatkan perlipatan batuan sedimen yang melapisi bahagian bawah sedimen Palaeozoik Bawah. Perlipatan ini berlaku apabila sedimen berkapur berubah kepada para-amfibolit. Pergerakan ini membenarkan berlakunya rejahan granit Kompleks Igneus Benom yang berlaku semasa episod perlipatan yang kedua pada masa Trias.

Jaafar Ahmad (1979) menyatakan bahawa batuan siri alkali dipercayai menerobos semasa akhir proses perlipatan episod kedua yang mewujudkan keadaan tekstur aliran dan gneiss. Ia dikatakan menerobos semasa sin-tektonik. Di bahagian

yang lebih dalam, batuan keliling yang termetamorf mengalami peleburan dan berassimilasi dengan magma gabro. Ini menghasilkan batuan migmatit dan hornfels yang wujud sebagai zenolit di dalam batuan siri alkali. Ia dipercayai adalah baki kepada batuan keliling yang melebur. Oleh itu, proses assimilasi batuan keliling boleh berlaku terhadap batuan siri alkali. Beliau juga menyatakan bahawa batuan siri kalk-alkali pula terbentuk semasa fasa akhir atau pos-orogeni dan tidak mengalami kesan tekanan dan tegasan. Oleh itu, ia tidak menunjukkan tekstur aliran. Namun begitu, proses assimilasi batuan keliling terhadap batuan siri kalk-alkali masih boleh berlaku.

Penulis tidak bersetuju dengan tafsiran Jaafar Ahmad (1979). Ini kerana berdasarkan kajian terbaru contohnya Mohd Rozi Umor & Syed Sheikh Almashoor (2000) dan Cobbing et al.(1992) menunjukkan (1) usia radiometri K-Ar batuan siri alkali lebih muda (Kapur Tengah) berbanding usia batuan siri kalk-alkali yang lebih tua (Trias Tengah), (2) julat batuan yang besar antara siri alkali kepada batuan siri kalk-alkali tidak memungkinkan hasil pembezaan batuan, dan (3) ciri kimia dan pengelasan granit antara dua siri yang berbeza mencerminkan proses pembentukan batuan yang berbeza.

Penulis berpendapat batuan siri kalk-alkali terbentuk pada masa Trias Tengah (Jaafar Ahmad, 1979; Cobbing et al., 1992) adalah hasil rejahan plume (dome). Ia merejah pada sekitaran lautan berdasarkan kenyataan Hutchison (1977) yang menyatakan bahawa Jalur Tengah adalah sekitaran lautan semasa Trias dan berubah menjadi daratan semasa Trias Akhir hingga Jura. Bukti rejahan secara plume adalah berdasarkan kesan metamorfisme rantau terhadap batuan Formasi Semantan yang boleh diceraip secara meluas di sekitar Gunung Benom. Ia mengubah batuan tuf, batu lumpur dan batu kapur kepada batuan tuf berlapis, syal, filit dan marmar. Selain kesan secara

rantau, kesan haba terhadap batuan sedimen yang bersempadan dengan terobosan granit juga berlaku. Di lapangan, penulis menjumpai dua jenis batuan yang terhasil daripada kesan metamorfisme ini, iaitu syis amfibolit dan psamit migmatit.

a) Syis amfibolit

Jaafar Ahmad (1979) menandakan keujudan syis amfibolit di dalam peta tetapi tidak menghuraikannya di dalam teks. Mohd Rozi Umor (1999) telah menamakan unit ini sebagai batu pasir berfoliasi warna kehijauan yang mewakili Formasi Semantan yang mengalami proses metamorf. Ia tersingkap di Jambatan dekat Sg. Kuala Atok. Dalam kajian ini, penulis menyedari bahawa batuan tersebut merupakan syis amfibolit. Ini disokong dengan kajian petrografi yang akan dibincangkan dalam bab seterusnya. Singkapan syis amfibolit yang tebal dan dominan dijumpai di S14, iaitu singkapan potongan bukit hasil pembinaan jalan raya dekat Jeram Besu (Rajah 3.20a). Di lapangan syis amfibolit ini berselang lapis dengan syal dan diterobos oleh telerang fasa lewat (Rajah 3.20b). Ketebalan telerang ini dicerap sekitar 30 cm tebal dan ujud selari dengan perlapisan atau foliasi batuan. Namun begitu, dijumpai juga telerang kecil yang berserenjang dengan perlapisan dan berkemungkinan telerang kalsit dengan ketebalan beberapa cm sahaja.

b) Psamit migmatit

Hutchison (1971) menamakan batuan ini sebagai batuan migmatit iaitu psamitik. Ia tersingkap dengan baik di Jeram Besu dan bekas Kuari J.K.R. Benta. Di Jeram Besu, psamit migmatit berada di bahagian barat dan barat daya Jeram Besu (Rajah 3.20c). Batuan ini bersempadan dengan monzonit dan dijumpai juga ujud sebagai zenolit yang

besar di dalam diorit. Sementara di bekas Kuari J.K.R. Benta, psamit dijumpai sebagai zenolit di dalam monzonit di bahagian selatan kuari (Rajah 3.20d) dan juga sebagai zenolit di dalam diorit di utara kuari. Ia tidak dijumpai di dalam sienit.

Psamit migmatit berbutir halus, berwarna kelabu kehijauan hingga kelabu pudar dan menunjukkan foliasi yang baik. Foliasi dibentuk oleh pengaturan kuarza dan biotit. Foliasi dijumpai kebanyakan bersifat kerdut dengan membentuk lipatan isoklin yang tajam. Jurus dan kemiringan foliasi di Jeram Besu ialah  $117^{\circ}/70^{\circ}$ . Sempadan antara psamit dan monzonit adalah sempadan sesar. Jaafar Ahmad (1979) menyatakan bahawa jenis migmatit yang dijumpai di bekas kuari J.K.R., Benta ialah venite.

### 3.2.6 Pencampuran magma dan penghibridan batuan siri alkali

Kompleks Igneus Benom mempunyai dua siri batuan yang berbeza dari segi fizikal dan komposisi kimia. Menurut Jaafar Ahmad (1979), batuan siri alkali terbentuk terlebih dahulu sebelum batuan siri kalk-alkali. Oleh itu, semasa penghabluran batuan siri alkali, magma mengalami proses assimilasi oleh batuan keliling sahaja, tetapi berbeza keadaannya semasa penghabluran batuan kalk-alkali, dua atau tiga proses berkemungkinan berlaku, iaitu (1) assimilasi oleh batuan sedimen keliling, (2) penghibridan dengan batuan siri alkali, dan (3) pencampuran dengan magma leburan batuan siri alkali. Terobosan magma siri kalk-alkali terhadap batuan keliling menyebabkan assimilasi, sementara terobosan terhadap batuan alkali menyebabkan magma terhibrid. Sekiranya magma batuan siri alkali melebur semula akibat pemanasan oleh magma siri kalk-alkali yang lebih besar isipadunya, maka boleh berlaku proses pencampuran dua magma.

Proses ini telah dibincangkan oleh Jaafar Ahmad (1979). Beliau menyatakan bahawa Joplin (1959) yang mengkaji kewujudan jasad bes berasosiasi dengan batolith asid menyimpulkan bahawa batuan pertengahan adalah hasil daripada proses penghibridan batuan bes yang awal dengan magma lewat yang berkompposisi granodiorit. Berdasarkan pandangan ini, Richardson (1939) yang memetakan bahagian barat kaki bukit Gunung Benom menyatakan batuan pertengahan di kawasan ini, iaitu diorit dan monzonit adalah hasil daripada proses penggranitan terhadap batuan bes. Oleh itu, beliau mengelaskan batuan berdasarkan penambahan bahan granit kepada tiga siri batuan, iaitu (1) Siri alkali terhibrid, (2) Siri monzonit terhibrid, dan (3) Siri kalk-alkali terhibrid. Begitu juga dengan Hutchison (1964) yang mengkaji asosiasi norit-granodiorit di Singapura menyatakan batuan pertengahan komposisi diorit adalah hasil daripada penghibridan norit oleh granodiorit yang lebih muda.

Jaafar Ahmad (1979) menyimpulkan bahawa di dalam petrogenesis Kompleks Igneus Benom proses penghibridan batuan bes oleh magma asid adalah bersifat setempat. Ia tidak berlaku secara meluas dalam skala yang besar dan tidak mempengaruhi komposisi kimia magma. Proses penghibridan ini tidak mengubah batuan bes menjadi batuan pertengahan seperti diorit, sienit dan monzonit seperti yang dicadangkan oleh Richardson (1950). Jaafar Ahmad (1979) mencadangkan bahawa proses pembezaan secara pengfraksian mineral magma asalan gabro memainkan peranan penting dalam evolusi batuan alkali atau batuan pertengahan di dalam Kompleks Igneus Benom.

Penulis tidak bersetuju dengan teori penghibridan oleh Richardson (1950) dan Joplin (1959) bagi menerangkan proses pembentukan batuan siri alkali Kompleks Benom. Ini kerana usia radiometri antara siri alkali dan siri kalk-alkali tidak menyokong

proses penghibridan magma asid terhadap batuan bes yang telah terbentuk. Penulis percaya proses percampuran magma berlaku, tetapi bukan di antara siri batuan alkali dan siri batuan kalk-alkali. Percampuran berlaku di dalam siri batuan alkali itu sendiri di mana semasa pembentukan batuan terdapat magma asid dan magma mafik yang bercampur membentuk batuan alkali secara sin-plutonik. Magma asid kebanyakan membentuk monzonit, sementara itu magma mafik membentuk gabro. Percampuran dua magma ini mewujudkan sempadan yang jelas di kebanyakan tempat, enclave gabro yang pelbagai saiz di dalam monzonit, interaksi dan perpindahan K-feldspar ke dalam gabro yang ketara dan kewujudan terobosan monzonit ke dalam gabro. Cerapan ini jelas menyokong pendapat bahawa batuan siri alkali adalah asalan igneus (Mohd Rozi Umor & Syed Sheikh Almshoor, 2000; Yong et al., 2004) dan bukannya asalan metamorfik (Hutchison, 1971). Berdasarkan cerapan ini juga Azman Abd Ghani (2006) menyatakan keujudan batuan siri alkali ini adalah hasil terobosan magma asid dan magma mafik ke dalam set kekar dalam masa yang sama dan penghabluran berlaku hampir serentak. Oleh itu, ia lebih sesuai untuk diterangkan menggunakan konsep tusukan bahan mantel akibat patahan kepingan subduksi atau “slab breakoff” seperti yang dicadangkan oleh Artherton & Ghani (2002) terhadap genesis Jalur Orogenik Caledonian.

### 3.2.7 Jujukan pembentukan batuan

Dua siri batuan di dalam Kompleks Benom didapati terbentuk daripada dua magma yang berbeza. Oleh itu, dipercayai proses yang terlibat di dalam pembentukan dan jujukan pembezaan batuan juga berbeza. Penulis mendapati evolusi magma bagi pembentukan siri batuan alkali melibatkan proses peleburan separa, proses pencampuran baki batuan dengan magma hasil leburan dan pengfraksian mineral. Ia berlaku dalam sistem terbuka di mana berlaku interaksi antara magma hasil leburan

separa dengan batuan baki, dan diaktifkan oleh aliran magma yang mengalir melalui retakan atau sesar. Keadaan ini dibuktikan oleh keadaan terhibrid antara batuan, serta pengaturan k-feldspar yang cukup sempurna di dalam sienit. Batuan siri kalk-alkali pula ditafsirkan berlaku secara pembezaan batuan berterusan.

Kaitan antara batuan di dalam siri alkali boleh dicerap dengan baik di Jeram Besu (Rajah 3.21) dan bekas kuari J.K.R, Benta (Rajah 3.22). Jujukan pembezaan batuan ditasirkan daripada piroksenit kepada gabro, diorit, sienit dan monzonit (Mohd Rozi Umor, 1999). Berdasarkan taburan siri alkali, didapati gabro dan piroksenit banyak dijumpai di bahagian barat daya Kompleks Benom. Oleh itu, penulis percaya terobosan batuan siri alkali bermula daripada kawasan ini dan menganjur ke barat laut dalam orientasi utara selatan.

Jaafar Ahmad (1979) mencadangkan jujukan batuan beserta usia dan kejadian orogeni adalah seperti berikut (1) Gabro berfoliasi – Trias Tengah atau lebih tua – Geosinklin, (2) Diorit, monzonit dan sienit – Trias Tengah hingga Trias Atas – Sin-orogeni, (3) granodiorit berbutir kasar, granit dan sienit berporfiritik – Trias Atas – Akhir-orogeni, (4) Pegmatit dan mikrodiorit daik – Jura Tengah – Pos-orogeni, (5) Granit berbutir halus bersifat leukokratik, granit porfiri kuarza dan daik mikrogranit – Kapur Tengah – Pos-orogeni, (6) Pegmatit, apilit dan telerang kuarza dan epidot – Pos-Kapur Tengah – Pos-orogeni. Cadangan ini agak komprehensif tetapi tidak menunjukkan secara terperinci jujukan batuan siri alkali.



### 3.4 Pluton-pluton Jalur Tengah yang lain

Selain daripada Kompleks Igneus Stong dan Kompleks Igneus Benom, terdapat 13 pluton lain yang mewakili jasad terobosan igneus di dalam Jalur Tengah Semenanjung. Namun begitu, hanya 9 pluton sahaja yang dapat dijalankan cerapan dan persampelan, iaitu 1) Granit Kemahang, 2) Pluton Senting, 3) Granit Bukit Tujuh-Bukit Mangi, 4) Kompleks Igneus Lanchar, 5) Granit Bukit Damar, 6) Pluton Palong, 7) Granit Batang Melaka, 8) Pluton Gunung Ledang dan 9) Granit Bukit Mor. Pluton yang lain sukar dirintis kerana tiada jalan, berhutan tebal dan singkapan tidak diperolehi. Penamaan sebagai granit atau pluton bergantung kepada saiz jasad tersebut.

#### 3.4.1 Granit Kemahang

Kedudukan Granit Kemahang dan Pluton Senting ditunjukkan oleh Rajah 3.23. Granit Kemahang berada di bahagian paling utara di dalam Jalur Tengah Semenanjung Malaysia, iaitu bersempadan dengan Thailand. Puncak tertinggi ialah Bukit Kemahang (876 m) dan digunakan sebagai nama jasad granit ini. Keluasannya adalah sekitar 20 km x 15 km. Ia berbentuk lebar di bahagian utara sekitar 20 km dan mengecil ke arah selatan sekitar 5 km.

Ia terdiri daripada pelbagai jenis granit tetapi granit yang dominan ialah granit berbutir sederhana hingga kasar, berwarna kelabu, mengandungi fenokris K-feldspar, kaya biotit dan terdapat pengaturan fenokris K-feldspar di sesetengah lokaliti. Batuan yang dominan ialah granodiorit. Sienit dijumpai di beberapa lokaliti dengan mikrogranodiorit ujud sebagai bongkah dan telerang.

Hutchison (1973) telah mengelaskan Granit Kemahang sebagai jenis katazon bersama-sama dengan Syis Taku dan Kompleks Stong. Ini kerana, Granit Kemahang adalah bersentuhan dengan Syis Taku di bahagian barat dan menunjukkan struktur yang hampir sama. Namun begitu, Khoo dan Tan (1983) menolak pendapat Hutchison (1973) dan menyatakan Granit Kemahang terbentuk pada kedalaman yang cetek dengan menyatakan ia terhablur selepas pembentukan Syis Taku.

Penulis telah membuat tinjauan di Kuari Sebarang Bina yang berada di utara kaki Bukit Kemahang mewakili singkapan Granit Kemahang. Ia mempunyai singkapan yang luas sekitar 1 km panjang dengan 2 teres dinding kuari. Dua jenis batuan dibezakan di lapangan, iaitu granit berbutir sederhana hingga kasar berfenokris (Rajah 3.24a) dan granit berbutir sederhana sama butiran yang membentuk telerang (Rajah 3.24b). Namun begitu, granit berfenokris merupakan unit batuan yang dominan. Empat sampel diambil untuk analisis petrografi dan geokimia yang ditandakan sebagai QS1, QS2, QS3 dan QS4.

#### 3.4.2 Pluton Senting

Pluton Senting dinamakan sebelumnya oleh Richardson (1950) sebagai Kompleks Bukit Berentin berada di sempadan antara Kelantan dan Pahang. Beliau telah mengkaji kawasan sekitar Chegar Perah dan Merapoh, dan menyatakan keujudan jasad Pluton Senting, Granit Bukit Tujuh-Bukit Mangi dan Granit Bukit Damar-Bukit Ranjut di dalam kawasan ini. Penulis menamakan Pluton Senting bagi mewakili jasad granit yang dijumpai di bahagian barat laut Gua Musang (Rajah 3.23).

Pluton ini terdiri daripada porfiri kuarza, granit porfiri dan granit berasosiasi (Richardson, 1950). Beliau mengelaskan batuan pluton ini kepada beberapa kumpulan berdasarkan kepada enam cirian, iaitu tekstur, saiz butiran, nisbah fenokris kuarza dengan fenokris feldspar (ortoklas dan plagioklas), nisbah K-feldspar dan plagioklas, kehadiran mineral aksesori seperti turmalin, muskovit, biotit dan epidot serta berlaku kewujudan sifat kesyisan atau tidak.

Berdasarkan huraian Richardson (1950) yang mengatakan keseluruhan batuan berfoliasi elok dan menunjukkan keselarasan serantau dengan batuan keliling, Hutchison (1973) berpendapat batuan di dalam pluton ini adalah dominan dengan batuan metamorf. Pembentukan Kompleks Bukit Berentim adalah hasil perlipatan rantau diikuti oleh metamorfisme terma-dinamik yang selaras dengan batuan keliling. Tekstur batuan berbutir halus, berporfiri dan fenokris bersegi mencadangkan batuan asal adalah batuan vulkanik jenis metariolit dan metariolit bertuf (Hutchison, 1973).

Penulis melakukan rintisan mewakili bahagian utara Pluton Senting bermula daripada simpang empat Gua Musang – Kuala Betis hingga ke Pos Selim. Terdapat 6 singkapan mewakili pluton ini dan singkapan batuan keliling yang ditandakan sebagai ST1 hingga ST6 (Lampiran 1).

Ia terdiri daripada granit biotit berbutir kasar berporfiritik, dengan fenokris tertabur rawak, berwarna kelabu cerah dan mengandungi zenolit metasedimen dan juga MME bersaiz 50 cm hingga 1 meter dengan bentuk angular hingga sub-angular (Rajah 3.24a). Terdapat sedikit variasi granit bergantung kepada kandungan K-feldspar yang boleh mencapai 50 % daripada isipadu batuan dan ujud secara bersambungan dengan sempadan tidak begitu jelas. Sempadan zenolit metasedimen dan MME dengan granit

adalah tajam dan jelas menunjukkan percampuran atau asimilasi oleh batuan keliling tidak begitu ketara (Rajah 3.24b).

### 3.4.3 Granit Bukit Tujuh-Bukit Mangi

Granit Bukit Tujuh-Bukit Mangi berada di tenggara Pluton Senting. Ia berkeluasan sekitar 18 km persegi. Richardson (1950) yang membuat cerapan di bahagian barat kaki Bukit Tujuh menyatakan bahawa secara umum Granit Bukit Tujuh-Bukit Mangi terdiri daripada granit biotit yang mengandungi kuarza, ortoklas, mikroklin mikropertit, plagioklas asid (albit sehingga albit-oligoklas) dan biotit. Mineral aksesori yang lazim dijumpai ialah ilmenit, magnetit, apatit, zircon dan epidot, sementara turmalin, pirit, sfen dan zoisit kurang dijumpai. Granit hornblend hanya dijumpai di Sg. Rawa dan Sg. Kepong sebagai zenolit di dalam mikrogranit.

Mohd Rozi Umor et al, (2003) pula membuat kajian di bahagian timur kaki Bukit Tujuh. Terdapat tiga singkapan tepi jalan dari Kuala Lipis ke Gua Musang yang mewakili batuan Granit Bukit Tujuh. Singkapan pertama merupakan singkapan utama yang berkeluasan hampir 30 m lebar dan 20 m tinggi. Singkapan kedua berada 5 km menghala ke Gua Musang dan singkapan ketiga sekitar 1 km daripada singkapan kedua (Rajah 3.25a).

Penulis mendapati Granit Bukit Tujuh terdiri daripada granit biotit berbutir sederhana hingga kasar dengan sifat porfiritik kuat. Fenokris dibentuk oleh K-feldspar dengan saiz pelbagai, iaitu purata 35 mm panjang dan 15 mm lebar dengan maksimum 75 mm panjang dan 45 mm lebar (Rajah 3.25b). Di sesetengah tempat, berlaku pengelompokkan fenokris K-feldspar dan pengaturan mineral mafik membentuk tekstur

schieleren. Selain itu, dijumpai juga granit berbutir sederhana dengan sifat isogranular di singkapan ketiga. Ia berwarna sedikit merah jambu (Rajah 3.25c). Di dalam batuan ini, dijumpai telarang mikrogranit (aplit) yang berketebalan 10 hingga 15 cm.

#### 3.4.4 Kompleks Igneus Lanchar

Kompleks Igneus Lanchar berada di selatan Kompleks Igneus Benom. Ia adalah lanjutan daripada Kompleks Igneus Benom tetapi mempunyai topografi yang lebih rendah. Kompleks ini dinamakan bersempena Bukit Lanchar (396 m) dan berorientasi baratlaut-tenggara. Ia menganjur sepanjang 26 km panjang dengan purata kelebaran 4 km (Rajah 3.26a).

Kompleks ini terdiri daripada dua suit batuan, (1) berkomposisi asid yang terdiri daripada granit hingga ke granodiorit dan (2) berkomposisi pertengahan yang terdiri daripada sienit, monzonit dan diorit (Jaafar Ahmad, 1980). Namun begitu, suit batuan pertengahan adalah lebih dominan dan kebanyakannya adalah sienit. Dalam sesetengah tempat sienit terged menjadi monzonit. Jaafar Ahmad (1980) telah mengkaji secara terperinci taburan batuan kompleks ini dan mendapati sienit dan monzonit dijumpai di bahagian baratlaut jasad ini dengan diorit ujud sebagai jasad di dalam monzonit. Batuan berkomposisi asid terdiri daripada granit berbutir kasar berporfiri hingga granodiorit dijumpai di bahagian selatan jasad ini.

Terdapat singkapan baru hasil daripada pembinaan Lebuhraya Karak Kuantan di Km 100.5 ke Kuala Lumpur yang telah dikaji oleh penulis ditandakan sebagai S24 (Rajah 3.26b). Ia terdiri daripada diorit. Selain itu, diorit juga dijumpai di Kg. Paya Laman, iaitu TR3, TR4 dan TR5. Ia berwarna kelabu gelap dengan indeks warna

melanokratik, berbutir sederhana dan mengandungi biotit dan hornblend yang boleh dikenal melalui sampel tangan (Rajah 3.26c).

#### 3.4.5 Granit Bukit Damar

Selain daripada Kompleks Igneus Lanchar, dijumpai singkapan batuan mewakili rejahan kecil dikenali sebagai Granit Bukit Damar oleh Jaafar Ahmad (1980). Ia berada di bahagian barat hujung Kompleks Igneus Lanchar (Rajah 3.26a) dengan keluasan sekitar 2 km x 3 km persegi. Ia dinamakan bersempena Bukit Damar berketinggian 270 meter. Jaafar Ahmad (1980) menyatakan Granit Damar dominan dengan mikrogranodiorit bersifat leukokratik dengan sedikit mikrogranit leukokratik. Kekanta dan telerang granit porfiri dijumpai di tenggara kaki Bukit Damar dekat Sg. Senut. Granit Damar dipercayai sebagai satu rejahan fasa lewat Kompleks Igneus Lanchar.

Penulis telah mencerap satu singkapan baru yang merupakan potongan bukit bahagian kaki bukit selatan Granit Damar di KM 98.5 menghala ke Kuala Lumpur. Di singkapan ini dijumpai telerang yang berketebalan 1.5 meter menerobos mikrogranodiorit dalam kedudukan hampir tegak dengan tren utara selatan (Rajah 3.27a). Ia terdiri daripada mikrogranodiorit yang bersifat leukokrat, berbutir halus dengan hampir tiada dijumpai mineral mafik (Rajah 3.27b).

#### 3.4.6 Pluton Palong

Pluton Palong menganjur hampir utara-selatan, terletak di sempadan Negeri Sembilan dan Pahang. Ia dinamakan bersempena dengan Bukit Palong yang berada di bahagian selatan pluton dengan ketinggian 645 meter. Askury (1993) mengelaskan Pluton Palong

kepada tiga jenis granit yang utama, iaitu Granit Serting, Granit Lui dan Granit Kemayan (Rajah 3.28).

a) Granit Serting

Singkapan yang mewakili Granit Serting ialah di sebelah barat kaki Bukit Palong yang berada di Hutan Rizab Pasoh (Rajah 3.29a). Singkapan adalah tinggalan kuari bagi perusahaan batu dimensi yang terbengkalai (Rajah 3.29b). Penulis mendapati Granit Serting terdiri daripada granit biotit berbutir sederhana dengan saiz butiran secara purata 3 mm diameter. Ia bersifat isogranular dengan indeks warna leukokratik (Rajah 3.29c). Mineral mafik kurang daripada 5 % isipadu batuan, disamping itu dijumpai juga pirit bersifat euhedron tertabur rawak dalam batuan, tetapi bersaiz kecil sekitar 1 mm. Secara anggaran di lapangan, penulis mendapati mineral utama ialah kuarza (30%), K-feldspar (25%), plagioklas (25%), oksida besi dan pirit (<5%) dan biotit (<5%). Di sesetengah tempat kuarza didapati bertindak sebagai fenokris bersaiz 5 mm. Zenolit jarang dijumpai dan biasanya bersaiz kecil, iaitu kurang daripada 10 cm diameter (Rajah 3.29d). Lima sampel batuan diambil untuk analisis petrografi dan geokimia. Ia ditandakan sebagai P6A, P6B, P6C, P6D dan P6E.

b) Granit Lui

Granit Lui boleh dijumpai sebagai bongkah-bongkah batuan di dalam Ladang Kelapa Sawit Sg. Lui (Rajah 3.30a). Ia terdiri daripada granit biotit berbutir sederhana dan dibezakan dengan Granit Serting berdasarkan kelimpahan biotit yang tinggi mencapai hampir 10 % isipadu batuan (Rajah 3.30b). Batuan ini berwarna kelabu keputihan hingga sedikit kemerahan akibat luluhawa. Ia mengandungi mineral kuarza (25%), K-

feldspar (30%), plagioklas (25%) dan biotit (10%) secara anggaran. Ia bersifat isogranular dengan saiz butiran berjulat 2 mm hingga 5 mm diameter.

c) Granit Kemayan

Granit Kemayan boleh dijumpai di Kuari T.K.M di Bukit Mendi, Triang dan Kuari Angkasa (Rajah 3.30c) merupakan unit batuan yang jelas berbeza dengan Granit Serting dan Granit Lui dari segi kandungan mineral dan tekstur batuan. Berdasarkan warna dan saiz fenokris, serta matrik batuan, penulis mengenal pasti dua variasi batuan, iaitu (1) granit berbutir kasar porfiritik kelabu cerah (Rajah 3.30d), (2) granit berbutir kasar berporfiritik kuat, fenokris K-feldspar merah jambu dan matrik halus warna hijau (Rajah 3.30e). Perbezaan ketara antara kedua batuan ini ialah batuan (1) mengandungi zenolit yang bersaiz 5 – 6 cm panjang, berbentuk oval dan secara relatif mengandungi fenokris K-feldspar lebih kecil.

#### 3.4.7 Pluton Gunung Ledang

Kedudukan Pluton Gunung Ledang, Granit Batang Melaka dan Granit Banjaran Utama beserta lokaliti cerapan dan persampelan ditunjukkan oleh Rajah 3.31 (a). Pluton Gunung Ledang terdiri daripada dua unit batuan dikenali sebagai jenis Ledang dan jenis Bekok (Askury, 1986). Jenis Ledang ialah granit biotit berbutir sederhana, sama butiran dan berwarna merah jambu, sementara jenis Bekok ialah mikrogranit yang wujud sebagai jasad-jasad kecil bergaris pusat daripada beberapa meter hingga 100 m, berbentuk bulat dan lonjong “oval” serta terkepung di dalam jenis Ledang.



Di barat kaki bukit Gunung Ledang dijumpai batuan hornfel kalk-silika dan metatuf. Ia menganjur ke selatan dan memisahkan batuan granit kepada dua singkapan. Di dalam batuan hornfel kalk-silika dan metatuf ini banyak dicerap sesar-sesar dalam arah utara-selatan. Di utara kaki bukit pula dijumpai singkapan mewakili syis Jelebu yang terdiri daripada syis kuarza-mika dan gneis amfibol (Ong, 2001).

Penulis menjumpai tiga singkapan mewakili pluton ini yang ditandakan sebagai GL1, GL2 dan GL3 (Rajah 3.31a). Singkapan GL1 terdiri daripada batuan hornfels yang memperlihatkan foliasi yang baik. GL2 pula merupakan Kuari Ophir. Batuan terdiri daripada granit biotit berbutir sederhana dengan tekstur isogranular. Ia berwarna kelabu cerah hingga kelabu merah jambu dengan bintikan biotit tertabur rawak sekitar 5 % hingga 10 % isipadu batuan. Selain itu, tekstur schlieren juga boleh ditemui. Bintikan pirit hasil luluhawa batuan banyak dijumpai tertabur rawak dalam batuan (Rajah 3.31b). Singkapan ini banyak dipotong oleh kekar dan sesar yang saling berselirat menyebabkan batuan mudah terpecah (Rajah 3.31c). Di Kuari Sagil, iaitu singkapan GL3 juga terdiri daripada batuan yang sama.

Kedua-dua singkapan kuari adalah unit Ledang mengikut Askury (1986). Penulis cuba untuk mencari unit Bekok yang dinyatakan oleh Askury (1986) tetapi tidak menjumpainya. Secara keseluruhan, 10 sampel mewakili batuan Pluton Gunung Ledang diambil untuk analisis makmal.

#### 3.4.8 Granit Batang Melaka

Kajian terawal oleh Hutchison (1973) tidak dapat mencari hubungan lapangan antara Granit Batang Melaka dengan Granit Banjaran Utama kerana kekurangan singkapan.

Beliau mencadangkan Granit Batang Melaka dikategorikan bersama dengan Granit Gunung Ophir (Gunung Ledang) dan Granit Bukit Senggeh sebagai granit tahap kedalaman cetek berusia Kapur Atas hingga Tertier Bawah. Kumpulan ini berkait secara genetik dengan lava kapur “potassic lavas” yang tersingkap 40 km ke timur Granit Batang Melaka, iaitu di Segamat, Johor. Hutchison (1973) mengelaskan kumpulan ini sebagai granit jenis epizon bersama-sama dengan Granit Gunung Pulai, Johor.

Terdapat 4 singkapan yang mewakili Granit Batang Melaka ditandakan sebagai BM1, BM2, BM3 dan BM4 (Rajah 3.31a). Singkapan utama adalah di kuari Golden Plus dekat Mantai, Negeri Sembilan (Rajah 3.32a).

Granit Batang Melaka berwarna merah jambu disebabkan oleh kehadiran K-feldspar. Ia berbutir sederhana hingga kasar dan kebanyakan bersifat isogranular (Rajah 3.32b). Namun begitu, di sesetengah tempat granit ini menunjukkan tekstur porfiritik lemah dengan fenokris dibentuk oleh K-feldspar bersaiz 1 hingga 2 cm panjang. Kandungan mineral terdiri daripada kuarza (40%), plagioklas (20%), K-feldspar (30%) dan mineral mafik (10%) secara anggaran. Kehadiran mineral mafik terutama biotit boleh bertambah akibat pengelompokan di sesetengah tempat seperti sempadan antara granit dengan telerang aplit (Rajah 3.32c). Di sempadan ini juga, keadaan zon terpanggang dan terkokol atau “chill margin” boleh dicerap dengan jelas. Terobosan telerang aplit ini boleh menyebabkan biotit mengalami pengelompokan dan seretan mewujudkan tekstur schlieren yang cukup cantik (Rajah 3.32d). telerang ini pula dipotong oleh sesar. Lapan sampel granit dan tiga sampel telerang aplit telah diambil untuk analisis makmal.

#### 3.4.9 Pluton Bukit Mor

Pluton ini berada di antara Muar dan Pagoh. Ia dinamakan bersempena dengan Bukit Mor yang berada di bahagian selatan pluton (Rajah 3.33a). Ia membentuk jasad yang hampir memanjang utara-selatan tetapi mengecil di bahagian tengah. Keluasan pluton dianggarkan sekitar 120 km persegi.

Askury (1992) telah mencadangkan dua unit batuan utama membentuk pluton Bukit Mor sebagai (1) granit biotit berbutir sederhana hingga kasar, tidak berporfiri hingga sedikit sifat porfiritik dan (2) granit biotit berbutir sederhana bersifat profiritik. Unit (1) terdapat di bahagian utara pluton di sekitar Bukit Pengkalan dan unit (2) berada di bahagian tengah pluton dan menganjur ke selatan hingga Bukit Mor.

Singkapan utama adalah di Kuari Pagoh dan Kuari KCC jalan antara Bandar Muar ke Pagoh. Tiga singkapan mewakili Pluton Bukit Mor dinamakan sebagai MOR 1, MOR 2 dan MOR 3 (Lampiran 1). Ia terdiri daripada unit (1) sahaja, iaitu granit berbutir sederhana hingga kasar yang tidak menunjukkan sifat porfiritik. Ia berwarna kelabu sehingga kelabu merah jambu. Granit berbutir sederhana menunjukkan warna kelabu dengan kandungan biotit sedikit, iaitu sekitar 5% (Rajah 3.33b). Granit berbutir kasar mengandungi biotit lebih banyak sekitar 10 % isipadu batuan. Namun begitu, komposisi mineral hampir sama. Ia mengandungi kuarza (50%), plagioklas (20%), K-feldspar (20%) dan biotit (5 % - 10%). Di samping itu, ujud juga mineral sekunder hasil luluhawa yang dipercayai pirit yang membentuk bintikan keperangan tertabur rawak di dalam batuan (Rajah 3.33c). Keadaan ini hampir sama dengan Pluton Gunung Ledang.

### 3.5 Perbincangan

Setiap pluton di dalam Kompleks Stong menunjukkan jenis-jenis batuan, ragam kewujudan batuan, taburan zenolit dan kaitan dengan batuan keliling yang berbeza-beza dan mencerminkan rejahan magma semasa proses pembentukan dan penghabluran batuan yang juga berbeza. Mengikut Paterson et al.(1989), terdapat enam jenis rejahan granit yang boleh berlaku semasa pembentukan batuan (Rajah 3.34a). Kriteria ini digunakan bagi mentafsir rejahan Kompleks Stong dan Kompleks Benom. Selain itu, penjenisan granit mengikut kedalaman mengikut Buddington (1959) mungkin boleh digunakan bagi menjelaskan canggaaan dialami oleh pluton (Rajah 3.34b).

Magma yang membentuk Pluton Berangkat dipercayai merejah secara rejahan plume (dome) atau 'diapiric intrusion' pada kedalaman yang tinggi berkemungkinan katazon mengikut pengelasan Buddington (1959). Ia dibuktikan berdasarkan (1) kehadiran foliasi terhadap batuan Pluton Berangkat yang bersempadan dengan batuan keliling diwakili oleh unit Tonalit Dabong, (2) keselarasan arah jurus dan kemiringan foliasi Tonalit Dabong dengan peralihan batuan keliling, (3) kehadiran metamorfisme terma seperti yang dinyatakan oleh Singh et al.(1984) di dalam rintisan Sg. Tool di selatan Pluton Berangkat, yang mencadangkan batuan keliling mengalami metamorfisme tekanan rendah dan suhu sederhana kuat. Ini bersesuaian apabila kedalaman rejahan yang tinggi mewujudkan tekanan kepada batuan keliling yang rendah, (4) wujudnya dua ragam batuan yang bersaiz kasar berporfiritik di bahagian teras, diwakili unit Granit Sg. Lah dan Granodiorit Bertam, dan batuan berfoliasi dekat dengan sempadan batuan keliling (5) Assimilasi batuan keliling didapati berlaku di dalam unit Tonalit Dabong berdasarkan pertambahan kepekatan  $K_2O$  di dalam unit ini berbanding unit batuan yang lain, (6) tekstur aliran dan pengelompokkan mineral di

sesetengah singkapan batuan. Ia ditafsirkan terbentuk pada kedalaman katazon kerana pluton itu sendiri membentuk pengaturan mineral yang selari dengan peralapisan batuan keliling, dan mengalami canggaan yang kuat bersama-sama batuan keliling di sesetengah singkapan.

Pluton Noring pula didapati terbentuk hasil rejahan plume (dome) atau ‘diapiric intrusion’ di dalam tegasan rantau berserta “stopping”. Ia ditafsirkan sebagai rejahan mesozon berdasarkan hubungan jasad pluton yang memotong dan menerobos peralapisan batuan keliling. Unit Granit Sg. Suda (tiada hornblend), yang kebanyakan menunjukkan pengaturan mineral K-feldspar ditafsirkan sebagai unit luar atau dekat dengan sempadan batuan keliling. Ia dibuktikan dengan (1) kehadiran zenolit yang lebih banyak terutamanya zenolit batuan keliling berbanding MME, sesetengah singkapan menunjukkan zenolit sisipan, (2) di dalam unit ini dijumpai zenolit bersaiz besar “ghost stratigraphy” mencapai 1 – 2 km, iaitu di Mini Hidro Sg. Renyok yang mencirikan berlaku rejahan secara “stopping”. Unit teras pula adalah Granit Sg. Long yang berada di bahagian barat Pluton Noring. Penulis percaya ia adalah teras bagi satu antiklin yang besar mewakili Pluton Noring dengan sayap barat telah terhakis atau masih tertimbus akibat berlaku sesar yang hampir selari dengan Sg. Long. Assimilasi batuan keliling memainkan peranan yang besar terutamanya di dalam pembentukan batuan unit Granit Sg. Suda. Mikrogranit Sg. Terang berkemungkinan berasal daripada Pluton Kenerong yang menerobos Pluton Noring.

Magma bagi pembentukan Pluton Kenerong dipercayai hasil daripada peleburan separa metasedimen yang menghasilkan magma felsik. Magma ini berinteraksi dengan batuan keliling menghasilkan tekstur yang rencam akibat suhu magma yang rendah di mana magma felsik tidak dapat melebur sepenuhnya batuan keliling yang diterobos.

Peleburan separa yang berlaku adalah secara berzon “zone melting” menyebabkan sesetengah singkapan kaya bahan leburan magma dan sesetengah singkapan kaya dengan selang lapis batuan keliling. Ini menyebabkan berlakunya tekstur rencam seperti yang dibincangkan sebelumnya.

Batuan siri kalk-alkali Kompleks Benom yang membentuk dome yang besar di Gunung Benom dipercayai terhasil daripada rejahan plume (dome). Ia adalah berdasarkan bentuk pluton seperti kubah yang menggambarkan bentuk rejahan.

Siri alkali Kompleks Benom pula sesuai diterangkan sebagai hasil injeksi bahan litosfera/mantel akibat patahan kerak subduksi seperti diutarakan Azman & Mustaffa (2002) dan Mustaffa & Azman (2003). Ia berlaku selepas orogeni apabila gerakan subduksi terhenti dan berlaku sesar ke kanan (Zaiton Harun, 1990). Zon sesar membolehkan bahan mantel yang bersifat alkali (bes) menerobos ke bahagian atas melalui rekahan dan berinteraksi dengan pluton batuan siri kalk-alkali yang sedia ada. Disebabkan terobosan siri alkali mengikut sesar, maka singkapan batuan alkali didapati menganjur utara selatan hampir mengikut orientasi sesar yang selari dengan Sg. Raub. Alasan ini juga membuktikan kaitan antara siri alkali dengan kalk-alkali yang berinteraksi hanya secara setempat, iaitu pada singkapan tertentu sahaja. Ia adalah selaras dengan cerapan oleh Jaafar Ahmad (1979). Penulis percaya proses pembezaan batuan memainkan peranan utama dalam pembentukan batuan siri alkali, bukannya hasil penghibridan. Pembentukan batuan pertengahan seperti monzonit, sienit dan diorit dipercayai hasil proses peleburan separa batuan awal di dalam sistem terbuka, iaitu leburan boleh berinteraksi dan dipengaruhi oleh baki batuan mewujudkan keadaan percampuran magma dan “mingling”.

### 3.6 Kesimpulan

Kerja lapangan berjaya memenuhi sebahagian daripada objektif pertama kajian ini, iaitu menyediakan data-data lapangan seperti penentuan jenis-jenis batuan yang mewakili setiap pluton, kedudukan singkapan termasuklah penemuan singkapan baru dan membuat persampelan batuan segar.

Kaitan antara batuan di dalam Kompleks Stong menunjukkan bukti-bukti lapangan yang jelas bagi mentafsirkan beberapa perkara seperti berikut;

1. Kompleks Stong boleh dibahagikan kepada Pluton Berangkat, Pluton Noring dan Pluton Kenerong.
2. Pengaturan mineral di dalam Pluton Berangkat dan Pluton Noring ditafsirkan berlaku akibat aliran magma semasa pembentukan batuan dalam keadaan separa pepejal dan diaktifkan juga oleh tegasan rantau. Pengaturan mineral bukan terhasil daripada proses metamorfisme.
3. Berdasarkan hubungan Kompleks Stong dengan batuan keliling, ditafsirkan terobosan berlaku secara “mantle plume”. Kesan terma dan sisa kubah adalah petunjuk proses ini.
4. Pembezaan dan jujukan pembentukan batuan ditafsirkan bermula daripada Pluton Berangkat kepada Pluton Noring dan akhir sekali adalah Pluton Kenerong.

Kompleks Benom pula menunjukkan ciri-ciri lapangan yang mencerminkan tafsiran seperti berikut, iaitu;

1. Kompleks Benom boleh dibahagikan kepada dua siri batuan, iaitu Siri alkali dan Siri kalk-alkali yang boleh dibezakan dengan jelas di lapangan.

2. Batuan siri alkali ditafsirkan terhasil daripada proses percampuran magma asid dan magma bes secara sin-plutonik. Percampuran magma ini ditunjukkan oleh kehadiran enclave gabro yang pelbagai saiz di dalam monzonit, perpindahan K-feldspar yang ketara ke dalam gabro dan terobosan monzonit ke dalam gabro.
3. Namun begitu, batuan siri kalk-alkali tidak menunjukkan interaksi atau sentuhan yang jelas dengan batuan siri alkali.

Secara keseluruhan, penulis membuat kesimpulan bahawa pluton-pluton Jalur Tengah, Semenanjung Malaysia boleh dibahagikan kepada dua kumpulan berdasarkan saiz dan orientasi, ragam kewujudan batuan, jenis-jenis batuan dan usia. Kumpulan pertama ialah terdiri daripada pluton-pluton di bahagian utara dan tengah Semenanjung Malaysia, iaitu Granit Kemahang, Kompleks Igneus Stong, Granit Bukit Tujuh-Bukit Mangi, Kompleks Igneus Benom, Kompleks Igneus Lanchar dan Pluton Palong. Kumpulan kedua pula adalah pluton-pluton yang berada di bahagian selatan Jalur Tengah, iaitu terdiri daripada Pluton Batang Melaka, Pluton Gunung Ledang dan Granit Bukit Mor.

Kumpulan pertama bersaiz keluasan lebih besar dengan orientasi memanjang hampir utara-selatan. Jenis batuan adalah dari bes pertengahan hingga asid, iaitu daripada piroksenit, gabro, diorit, sienit hingga granit bersifat leukokrat. Granit dijumpai terdiri daripada granit biotit dan granit hornblend. Keadaan singkapan batuan adalah lebih kompleks, iaitu mempunyai kaitan antara batuan yang agak rencam terutamanya Kompleks Igneus Stong dan Kompleks Igneus Benom. Ragam kewujudan batuan menunjukkan berlaku interaksi magma dengan batuan keliling dan batuan yang lebih awal. Ini berdasarkan kewujudan banyak zenolit di dalam sesetengah batuan. Ia juga



mempunyai usia radiometri yang lebih tua, iaitu berusia Trias Akhir hingga Kapur Awal.

Kumpulan kedua bersaiz lebih kecil dengan orientasi agak berbeza, iaitu pada arah timurlaut-baratdaya. Kebanyakan batuan kurang mengandungi zenolit, dan dipercayai kurang berlaku interaksi dengan batuan keliling. Terobosan pluton hanya mewujudkan hornfels berdekatan sempadan. Jenis batuan adalah terhad kepada jenis granit sahaja dan kebanyakan menunjukkan granit sederhana sama butiran yang mengandungi sedikit biotit. Usia batuan adalah lebih muda iaitu dikatakan berusia Kapur Akhir.