

BAB 4

PETROGRAFI

4.1 Pendahuluan

Bab ini membincangkan petrografi dan petrologi Kompleks Igneus Stong, Kompleks Igneus Benom dan pluton-pluton batuan igneus Jalur Tengah Semenanjung Malaysia. Ia melibatkan pengiraan mod peratusan mineral untuk penamaan batuan secara bersistem dan huraian kandungan mineral dan tekstur.

4.2 Keratan Nipis Batuan dan Pengiraan Mod

Secara keseluruhan, sebanyak 171 keratan nipis batuan dibuat, iaitu Kompleks Igneus Stong (56), Kompleks Igneus Benom (58), Granit Kemahang (3), Pluton Senting (3), Granit Bukit Tujuh (3), Granit Tapah (2), Kompleks Igneus Lanchar (2), Granit Bukit Damar (1), Pluton Palong (9), Pluton Gunung Ledang (5), Granit Batang Melaka (3), Granit Ma'okil (1) dan Granit Bukit Mor (3). Selain daripada batuan granit, batuan keliling Kompleks Igneus Stong dan Kompleks Igneus Benom juga dilakukan keratan nipis batuan melibatkan batuan Formasi Gua Musang (10) dan Formasi Semantan (8) serta batuan vulkanik (14).

Kaedah pengiraan peratusan mod batuan dilakukan berdasarkan saiz butiran batuan. Batuan berbutir kasar dan berporfiri akan melalui dua peringkat pembilangan, iaitu pembilangan di permukaan keratan batuan yang melibatkan proses mewarna “stanning” bagi mengira mineral bersaiz lebih besar daripada 3 mm, dan pembilangan matrik atau jisim latar batuan di dalam keratan nipis batuan. Kedua-dua nilai peratusan

setiap peringkat akan digabungkan untuk mendapatkan nilai modal yang mewakili batuan. Sementara batuan yang berbutir halus dan sederhana dengan butiran isogranular, pembilangan dilakukan terus daripada keratan nipis batuan yang dibuat. Kaedah ini diterangkan lebih lanjut di dalam lampiran dan tatacara adalah mengikut Syed Sheikh Almashoor (1987).

4.3 Kompleks Igneus Stong

Di lapangan, penulis membahagikan Pluton Berangkat kepada Tonalit Dabong, Granodiorit Bertam dan Granit Sg. Lah. Pluton Noring pula terbahagi kepada Granit Sg. Suda, Granit Sg. Long dan Mikrogranit Sg. Terang yang masing-masing dinamakan di lapangan terdiri sebagai granit biotit berbutir kasar sehingga sangat kasar berfenokris berpenjajaran (GBKJ), dan granit biotit-hornblend berbutir kasar sehingga sangat kasar berfenokris rawak (GBHKR) dan mikrogranit (MK). Pluton Kenerong pula terdiri daripada unit Leukogranit yang dinamakan di lapangan sebagai granit biotit berbutir sederhana sama butiran bersifat leukokrat atau disebut leukogranit, dan unit kercau yang terdiri daripada selang lapis telerang mikrogranit dengan metasedimen, dan mikrogranit kelabu gelap. Ringkasan huraian petrografi keratan nipis batuan setiap batuan ditunjukkan di dalam Jadual 4.1.

4.3.1 Pluton Berangkat

Plotan penamaan segitiga QAP mengikut Streckeisen (1976) menunjukkan Tonalit Dabong dikelaskan sebagai Tonalit, sementara Granit Sg. Lah dikelaskan sebagai monzodiorit kuarza hingga monzonit kuarza dan granodiorit dan Granodiorit Bertam dikelaskan sebagai granodiorit hingga tonalit dan (Rajah 4.1).

a) Tonalit

Kandungan mineral terdiri daripada plagioklas, ortoklas, kuarza, biotit dan hornblend. Mineral aksesori pula terdiri daripada sfen dan apatit. Tonalit berbutir sederhana kasar, bertekstur porfiritik lemah dibentuk oleh fenokris ortoklas dan plagioklas (Rajah 4.2 (a)). Ortoklas bersaiz 3 – 10 mm panjang, subhedral, berkembaran, menunjukkan pengezonan normal dan sesetengah butiran menunjukkan tekstur mikropertit dengan inklusi plagioklas dan biotit di dalamnya (Rajah 4.2 (b)). Plagioklas berbentuk euhedral hingga subhedral, bersaiz hampir sama dengan ortoklas, berkembaran polisintetik jelas dan membentuk pengaturan foliasi bersama-sama mineral lain. Biotit bentuk memanjang mengisi celah-celah mineral lain, ujud secara individu bersaiz kecil daripada 0.1 mm panjang dan berkelompok saiz lebih besar. Hornblend bentuk lamellar, berkembar dan bentuk pengaturan bersama-sama biotit (Rajah 4.2 (c)). Sfen dijumpai dengan bentuk tidak lengkap. Tekstur mirmekit boleh dijumpai disempadan ortoklas dan plagioklas (Rajah 4.2 (d)).

b) Monzodiorit kuarza hingga granodiorit

Sampel tangan menunjukkan batuan bertekstur porfiritik dengan feldspar alkali menjadi fenokris bersaiz 1 hingga 4 cm panjang, tertabur rawak dan mengisi hampir 30 % daripada isipadu batuan. Dengan melakukan pewarnaan mineral “stanning” didapati jisim latar batuan didominasi oleh plagioklas yang berwarna putih dan kuarza yang tidak berwarna, sementara feldspar alkali berwarna kuning menjadi fenokris batuan (Rajah 4.3 (a)).

Kajian petrografi menunjukkan batuan adalah bersifat holohablur. Kandungan mineral terdiri daripada feldspar alkali, plagioklas, kuarza, biotit dan hornblend. Mineral aksesori terdiri daripada sfen, apatit dan alanit. Mineral sekunder seperti muskovit, epidot dan serisit hasil luluhawa biotit dan plagioklas juga dijumpai.

Feldspar alkali terdiri daripada ortoklas yang wujud dalam dua ragam, iaitu (1) selaku fenokris, dan (2) menjadi jisim latar yang hampir sama saiz dengan plagioklas. Ortoklas pertama bersifat subhedral dengan bentuk tabular memanjang, mikropertit dan berkembaran carlsbad. Kesemua sempadannya telah mengalami hakisan dan tekstur mirmekit banyak dijumpai. Tusukan plagioklas, biotit dan hornblend dijumpai dekat sempadan, sementara kuarza menjadi inklusi di dalamnya. Telerang seni kuarza yang memotong mineral dengan kesan herotan kembaran Carlsbad boleh juga dijumpai di sesetengah mineral (Rajah 4.3 (b)). Jenis kedua pula, terdiri daripada ortoklas yang menunjukkan bersaiz lebih kecil dengan bentuk hampir membulat dan bersifat subhedral. Ia tidak menunjukkan tekstur mikropertit tetapi mempunyai banyak inklusi kuarza dan plagioklas. Berbeza dengan jenis pertama, feldspar alkali ini membuat pengezonan yang baik.

Jisim latar batuan dibentuk oleh kuarza, plagioklas, biotit, hornblend dan mineral aksesori. Kuarza bersaiz purata 0.5 mm dan berbentuk anhedral, namun begitu terdapat juga kuarza bersaiz kurang daripada 0.5 mm yang mengisi celah-celah mineral lain dengan sempadan yang tidak jelas. Kuarza membuat padaman bergelombang akibat keterikan yang dialaminya. Plagioklas mempunyai julat saiz daripada 1.0 mm hingga 3.5 mm dengan bentuk subhedral memanjang dan kebanyakan adalah tidak lengkap. Kebanyakan plagioklas menunjukkan gabungan kembaran carlsbad dan kembaran albit (Rajah 4.3 (c)).

Kandungan mineral mafik adalah antara 10 % hingga 30 % daripada kandungan mineral keseluruhan. Ia terdiri daripada hornblend dan biotit yang hampir sama banyak kelimpahannya. Biotit bersifat tabular euhedral, dan saling bersambungan membentuk penjajaran. Ia selalu berdampingan dengan hornblend. Biotit bersaiz 0.5 mm lebar secara purata dengan panjang mencapai 4 mm, berwarna coklat kekuningan dan hijau zaiton. Ia membuat pleokrisme dari kuning pucat hingga kuning gelap. Banyak dijumpai apatit dan epidot menjadi inklusi di dalam biotit. Di dalam sesetengah sampel, biotit bersaiz lebih halus dan bersifat memanjang membentuk penjaluran yang mengalami kesan bengkokan. Ubahan biotit kepada epidot dan muskovit juga ditemui di dalam semua sampel. Hornblend bersifat euhedral pseudoheksagon, bersaiz 1 mm hingga 4 mm panjang, secara relatif lebih besar berbanding biotit. Ia selalu menunjukkan kembaran yang jelas pada keratan heksagon dengan persilangan ira yang baik. Hornblend berwarna coklat kekuningan dan hijau zaiton pada talaan X dan Y, ia mengalami pleokrisme kepada hijau tua atau coklat kemerahan pada talaan Z.

Sfen berwarna keperangan (tanpa nikol silang) berbentuk keratan rentas rombos yang tirus, euhedral dengan saiz mencapai 4 mm panjang. Di dalamnya terdapat banyak retakan dan kadang kala dijumpai apatit menjadi inklusi. Berbeza dengan sfen di dalam tonalit, sfen batuan ini mempunyai bentuk yang lebih sempurna dan tidak mengalami pecahan yang ketara (Rajah 4.3 (d)). Ia menempati hampir 2 % daripada isipadu batuan. Alanit adalah salah satu daripada kepelbagaian epidot yang kaya dengan serium. Ia dijumpai dalam batuan ini bersaiz 0.5 mm hingga 1.0 mm panjang, bersifat euhedral segiempat atau segienam. Ia berwarna kuning (tanpa nikol) dengan pleokrisme kepada kuning gelap. Dalam batuan ini, didapati alanit membuat pengezonan dengan inklusi apatit dijumpai di dalamnya (Rajah 4.3 (e)).

Apatit tertabur secara meluas di dalam semua mineral. Secara umum, apatit di dalam plagioklas dan kuarza lebih halus dan memanjang berbanding dengan apatit yang dijumpai di dalam biotit atau hornblend yang lebih besar dan ada kalanya beragregat. Zirkon wujud di dalam biotit atau celah-celah butiran biotit dan hornblend dengan bentuk agregat. Mineral sekunder terdiri daripada epidot, klorit dan muskovit. Mineral serisit jarang dijumpai, sedikit pada plagioklas yang terluluhawa (Rajah 4.3 (f)).

c) Granodiorit hingga Tonalit

Sampel tangan menunjukkan batuan bertekstur porfiri lemah dengan fenokris bersaiz lebih kecil berbanding monzodiorit kuarza, iaitu purata 1 cm lebar dan 2 cm panjang. Fenokris feldspar alkali mengisi cuma sekitar 15 – 20 % daripada isipadu batuan (Rajah 4.4 (a) & (b)). Jisim latar dibentuk oleh plagioklas menempati hampir 50 - 60 % daripada isipadu batuan. Pertambahan plagioklas memberikan batuan penamaan sebagai tonalit, sementara pengurangan plagioklas serentak dengan penambahan feldspar alkali memberikan penamaan sebagai granodiorit dan monzodiorit kuarza. Ini kerana dalam analisis didapati jumlah kuarza hampir sekata dalam kesemua batuan, iaitu sekitar 15 – 20 % isipadu batuan.

Batuan ini bertekstur holohablur. Kandungan mineralnya mengikut pengurangan kelimpahan adalah terdiri daripada plagioklas, feldspar alkali, kuarza, biotit dan mineral aksesori pula terdiri daripada epidot, alanit, muskovit, sfen dan sedikit apatit. Secara umumnya, kandungan mineral adalah berbeza dengan monzodiorit kuarza, iaitu;

- 1) Ia tidak mengandungi hornblend, kesemua mineral mafik terdiri daripada biotit yang bersaiz purata 0.5 mm dan tertabur secara rawak di dalam batuan.

Kebanyakan biotit telah berubah kepada epidot dan klorit atau muskovit. Biotit menunjukkan warna kuning lebih pucat (tanpa nikol) dan warna gangguan lebih kuat, iaitu hijau hingga biru akibat ubahan kepada klorit atau muskovit (Rajah 4.4 (c)).

- 2) Kebanyakan plagioklas telah mengalami perubahan kepada serisit dan mengandungi inklusi epidot yang banyak berbentuk agregat dan bersaiz lebih kecil daripada 0.1 mm. Selain biotit berubah kepada epidot yang lazim, ia juga membentuk epidot jenis alanit yang berwarna coklat kekuningan dan bersifat euhedral.

Plagioklas didapati terdiri daripada dua ragam kewujudan, iaitu (1) bersifat anhedral dan hampir keseluruhan berubah kepada saiz lebih halus, dan tidak menampakkan ira yang baik, (2) bersifat euhedral hingga subhedral, bersaiz antara 1.0 mm hingga 5.0 mm dan menampakkan kembaran dan ira polisintetik. Ia mengalami sedikit ubahan kepada serisit di bahagian tepi ataupun tengah mineral (Rajah 4.4 (d)). Plagioklas jenis (1) adalah lebih dominan. Kuarza pula secara purata bersaiz 0.5 mm mengisi celahan mineral lain dan juga menjadi inklusi di dalam feldspar alkali.

Feldspar alkali dijumpai bersifat subhedral dengan sempadan yang berlekuk-lekuk. Ia bersaiz 3.0 – 7.0 mm panjang. Kebanyakan feldspar alkali di dalam jisim latar batuan ini bertekstur mikropertit, dan kembaran carlbad jarang dijumpai kerana ia wujud dalam bentuk tidak lengkap. Di dalam feldspar alkali boleh dijumpai inklusi kuarza dan biotit di dalamnya (Rajah 4.4 (d)). Namun begitu, inklusi epidot tidak dijumpai di dalam feldspar alkali, walaupun kelimpahannya tinggi di dalam batuan ini. Di dalam feldspar alkali ini juga dijumpai sedikit apatit yang tertabur rawak bersaiz

halus seperti jarum bersaiz purata 0.1 mm. Feldspar alkali jenis mikroklin tidak dijumpai mikroklin. Tekstur mirmekit juga jarang dijumpai.

Ciri utama yang dikenalpasti ialah kehadiran mineral epidot yang cukup banyak. Kelimpahannya antara 3 - 5 % daripada isipadu batuan. Selain daripada epidot, alanit juga banyak dijumpai mencapai 1 % daripada isipadu batuan. Ia berbentuk euhedral bersaiz antara 1.0 mm hingga 3.0 mm panjang dan sesetengah mineral menunjukkan pengezonan yang baik dengan bingkai yang dibentuk oleh epidot (Rajah 4.4 (e)). Sfen menunjukkan bentuk prisma yang baik tetapi mengalami retakan yang lebih ketara. Secara umum, kehadirannya kurang berbanding dengan monzodiorit kuarza (Rajah 4.4 (f)).

d) Enclave Mikrodiiorit

Di lapangan, diiorit kuarza adalah zenolit yang dijumpai di dalam unit Granodiorit Bertam. Sampel tangan menunjukkan diiorit kuarza berwarna kelabu gelap keputihan dengan saiz butiran halus hingga sederhana (Rajah 4.5 (a)). Ia bersifat porfiri lemah dengan fenokris bersaiz 10 mm hingga 15 mm panjang dan menempati kurang 5 % daripada isipadu batuan. Kandungan mineral mengikut kelimpahan menurun ialah plagioklas, biotit, feldspar alkali, kuarza dan mineral aksesori seperti sfen, epidot, apatit dan alanit.

Secara relatifnya, batuan berbutir lebih halus berbanding granodiorit. Kebanyakan plagioklas adalah jenis (1) berbutir halus dan bersifat anhedral menempati hampir 80% daripada keseluruhan plagioklas (Rajah 4.5 (b)). Ia kadang kala membentuk mirmekit dengan kuarza. Plagioklas jenis (2) ujud sebagai fenokris kepada

batuan. Ia bersaiz antara 0.5 mm – 3.5 mm bersifat euhedral. Di dalamnya terdapat inklusi epidot dan apatit, serta biotit (Rajah 4.5 (c)).

Biotit mencapai hampir 30 – 40 % isipadu batuan dan memberikan indeks warna mesokratik kepada batuan. Namun begitu, ia bersaiz butiran lebih kecil berjulat saiz antara 0.1 mm – 1.0 mm, bersifat euhedral memanjang dan berwarna kehijauan zaiton. Dijumpai banyak inklusi apatit dan epidot di dalamnya (Rajah 4.5 (c)).

Kuarza wujud sebagai mineral antara ruang mengisi celah-celah mineral yang lain dengan purata saiz 0.1 mm. Ia lebih bersifat individual berbanding batuan sebelumnya. Feldspar alkali pula amat jarang dijumpai di dalam matrik batuan ini. Ia adalah jenis ortoklas yang berbentuk tidak sempurna, iaitu bersifat subhedral. Dibezakan dengan plagioklas berdasarkan ketahanan terhadap luluhawa dan ketiadaan epidot di dalamnya.

Alanit secara relatif kurang dijumpai di dalam batuan ini. Ia berbentuk tidak lengkap bersifat subhedral dengan saiz lebih kecil, iaitu 1 mm panjang. Ia juga dibingkai oleh epidot skunder (Rajah 4.5 (e)). Apatit pula banyak dijumpai di dalam plagioklas, bersama-sama dengan epidot. Ia berbentuk turus agregat dan bersifat individual. Pengecamannya adalah berdasarkan sifat tidak berwarna dan jasad timbul yang lebih rendah berbanding zircon dan epidot.

4.3.2 Pluton Noring

Plotan rajah pengelasan segitiga QAP untuk batuan pluton berbutir kasar mengikut Streckeisen (1976) mendapati kesemua batuan boleh dinamakan sebagai granit hingga granodiorit. Granit Sg. Long dibezakan dengan Granit Sg. Suda berdasarkan kehadiran

hornblend, fenokris yang tertabur rawak dan bersaiz lebih besar dicerap di dalam Granit Sg. Long. Sementara itu, Mikrogranit Sg. Terang dibezakan berdasarkan saiz butiran yang halus hingga sederhana kasar (Rajah 4.6). Dalam huraian petrografi, penulis membezakan antara granit biotit-hornblend, granit biotit dan mikrogranit.

a) Granit biotit-hornblend

Batuan ini berada di bahagian barat jasad Pluton Noring. Ia meliputi rintisan Sg. Long menghala ke selatan. Sampel tangan menunjukkan batuan bertekstur porfiritik jelas dengan fenokris yang dibentuk oleh feldspar alkali bersaiz 2 – 4 cm panjang tertabur rawak di dalam batuan (Rajah 4.7 (a)). Perwarnaannya menunjukkan batuan ini mengandungi fenokris feldspar alkali hampir 20 % isipadu batuan.

Batuan bersifat holohablur, fanerit dengan purata mineral bersaiz melebihi 3.0 mm. Kandungan mineral batuan mengikut pengurangan kelimpahan adalah kuarza, feldspar alkali, plagioklas, biotit dan hornblend (Rajah 4.7 (b)). Mineral aksesori yang hadir ialah sfen, apatit dan oksida besi. Mineral skunder seperti muskovit juga banyak dijumpai.

Kebanyakan feldspar alkali terdiri daripada ortoklas yang bertekstur mikropertit. Ia bersaiz antara 0.5 cm hingga 3.0 cm panjang yang dijumpai di dalam jisim latar batuan. Ortoklas ini bersifat subhedral, mengandungi inklusi plagioklas dan terdapat retakan yang banyak merentasinya, dan sesetengah rekahan diisi oleh muskovit. Ortoklas mempamerkan pengezonan yang baik, tetapi kembaran jarang dijumpai pada keratan nipis (Rajah 4.7 (c)). Pengezonan dan kembaran normal boleh

dilihat dengan jelas pada sampel tangan, iaitu pada feldspar alkali yang bersaiz besar yang menjadi fenokris kepada batuan.

Plagioklas pula menunjukkan sifat euhedral hingga subhedral, bersaiz antara 2.0 mm hingga 3.5 mm panjang dan berkembaran polisintetik yang jelas. Terdapat juga plagioklas bersaiz lebih kecil, iaitu purata 1.0 mm yang menjadi inklusi di dalam feldspar alkali (Rajah 4.7 (d)). Kuarza wujud sebagai mineral anhedral, mengisi celah-celah antara feldspar alkali dan plagioklas. Julat saiz butiran adalah 0.5 mm hingga 6.0 mm. Tekstur mirmekit tidak dijumpai dalam batuan ini.

Biotit bersifat subhedral memanjang, berjulat saiz antara 0.5 mm hingga 1.0 mm. Ia selalu dijumpai ujud secara individual dan jarang membentuk kelompok dengan hornblend dan sfen. Ia berwarna kekuningan hingga hijau zaiton. Hornblend pula bersifat euhedral dengan keratan rentas menunjukkan persilangan ira yang baik. Ia berwarna coklat kekuningan pada talaan X dan Y, dan membuat pleokrisme kepada warna hijau zaiton (hijau gelap) pada talaan Z. Warna gangguan adalah kuning hingga biru tertib tinggi. Kembaran normal lazim dijumpai pada hornblend (Rajah 4.7 (e)).

Sfen adalah mineral aksesori paling melimpah. Ia bersifat euhedral dengan bentuk prisma rombus yang runcing, berwarna coklat gelap dan kebanyakan mengandungi oksida besi di bahagian teras mineral (Rajah 4.7 (f)). Apatit hanya dijumpai menjadi inklusi di dalam biotit dan hornblend. Terdapat dua bentuk apatit, iaitu apatit berbentuk tabular memanjang dan apatit berbentuk heksagon. Jenis pertama lebih kecil bersaiz kurang daripada 0.2 mm, tertabur di dalam mineral, sementara apatit jenis kedua adalah lebih besar bersaiz mencapai 1.0 mm dan tertabur di tepi sempadan biotit atau hornblend.

Kelimpahan dan saiz butiran hornblend semakin berkurang apabila menghala ke selatan jasad Pluton Noring dari Sg. Long, begitu juga apabila menghala ke timur di Lebuhraya Timur Barat. Serentak dengan pengurangan hornblend, didapati juga sfen makin berkurang, sementara apatit semakin bertambah dan dijumpai zircon bersaiz 1.0 mm panjang. Biotit didapati lebih berwarna kuning kemerahan (tanpa nikol) dan menunjukkan warna gangguan lebih tinggi, mengalami pengkloritan dengan sedikit epidot dijumpai dan bersaiz relatif lebih besar.

b) Granit biotit

Batuan ini berada di bahagian utara, barat dan selatan jasad Pluton Noring. Agak berbeza dengan granit biotit-hornblend, batuan ini dicirikan oleh pengaturan fenokris feldspar alkali yang berwarna merah jambu dengan cukup baik (Rajah 4.8 (a)). Namun begitu, saiz fenokris lebih kecil (2 cm – 3 cm panjang) dan banyak dijumpai pengelompokkan “schieleren” biotit di dalam batuan.

Granit biotit mengandungi mineral mengikut kelimpahan adalah kuarza, feldspar alkali, plagioklas dan biotit. Sementara mineral aksesori terdiri daripada alanit, zircon, sfen, apatit dan sedikit epidot. Ia bersifat holohablur dan fanerit dengan purata saiz mineral lebih besar daripada 1.0 mm.

Feldspar alkali terdiri daripada ortoklas dan sedikit mikroklin. Ia bersifat subhedral dengan julat saiz antara 0.5 cm hingga 1.5 cm dijumpai di dalam matrik. Ortoklas menunjukkan tekstur mikropertit yang tidak jelas dengan sedikit pengezonan.

Kembaran normal boleh dicerap dan dijumpai inklusi plagioklas dan sedikit biotit (Rajah 4.8 (b)).

Plagioklas yang dominan dijumpai adalah albit. Ia membuat kembaran polisintetik yang baik. Tekstur mirmekit banyak dijumpai di sempadan antara plagioklas dan feldspar alkali. Seseengah plagioklas mengalami penserisitan di bahagian teras yang diisi oleh muskovit. Muskovit ini tidak menganjur keluar daripada plagioklas dan ini mencadangkan ia bukan mineral primer tetapi hasil penserisitan plagioklas. Sedikit apatit dan zircon dijumpai menjadi inklusi di dalam plagioklas.

Kuarza didapati mengisi antara ruang celah-celah mineral lain seperti feldspar alkali dan plagioklas. Ia berjulat saiz antara 0.1 mm hingga 4.0 mm dan menunjukkan pepadaman bergelombang yang jelas. Sifat padaman sebegini mencerminkan keterikan yang agak kuat berlaku semasa penghabluran. Banyak retakan halus yang berlaku di dalam kuarza, tetapi tidak menganjur sehingga ke dalam feldspar alkali atau plagioklas. Mengikut Vernon et al. (2004), canggaan sebegini di dalam kuarza kemungkinan berlaku semasa penyejukan dan pengangkatan sesuatu pluton (Rajah 4.8 (c)).

Biotit meliputi isipadu antara 8 – 10 % batuan. Di dalam matrik batuan, biotit ujud secara tunggal dan jarang dijumpai berkelompok dengan sifat subhedral memanjang. Ia bersaiz antara 1.0 mm hingga 2.0 mm dengan warna kuning pucat (nikol silang) pada keratan memanjang. Ia membuat pleokrisme pada keratan Y = kuning pucat kepada X = kuning atau coklat gelap. Luluhawa biotit kepada klorit banyak dijumpai, terutamanya pada ira-ira biotit. Di dalam keratan nipis batuan khusus pada struktur “schieleren” yang dibentuk oleh biotit, penulis mendapati pengaturan hanya

berlaku pada biotit sahaja dan tidak pada mineral lain. Biotit didapati bersaiz kurang daripada 1.0 mm, membentuk pengelompokkan bersambungan.

Alanit adalah mineral aksesori yang paling dominan. Ia berbentuk turus memanjang bersifat euhedral, dengan jasad timbul yang tinggi dan warna gangguan yang tinggi. Ia dicerap berwarna coklat kekuningan. Ia berjulat saiz antara 0.1 mm hingga 1.0 mm panjang. Alanit yang bersaiz kasar menunjukkan sedikit pengezonan. Kebanyakan alanit dijumpai wujud pada sempadan antara mineral seperti plagioklas dan biotit. Kelompok alanit, zirkon, apatit dan sfen berdekatan dengan oksida besi juga banyak dijumpai di dalam batuan (Rajah 4.8 (d)). Zirkon adalah mineral aksesori kedua paling banyak dijumpai. Ia bersaiz kurang daripada 0.5 mm panjang. Sifatnya adalah tidak berwarna (nikol silang), euhedral tabular, tetapi mempunyai warna gangguan yang tinggi. Sfen agak jarang dijumpai dan kebanyakan dalam bentuk tidak lengkap, iaitu telah terpecah-pecah. Namun begitu, masih dapat dikenal berdasarkan jasad timbul yang tinggi dan warna coklat gelap beserta retakan tidak sekata. Warna gangguan rendah. Di dalam batuan ini, sfen masih mengandungi oksida besi di bahagian terasnya. Berbanding dengan granit biotit-hornblend, batuan ini kurang mengandungi apatit. Apatit hanya wujud di dalam kuarza, plagioklas dan biotit dengan saiz halus kurang daripada 0.1 mm.

Secara umum didapati biotit di bahagian utara adalah lebih besar dan kelimpahan yang lebih tinggi. Ia mengandungi banyak inklusi apatit. Kelimpahan dan saiz biotit semakin berkurangan menghala ke selatan jasad Pluton Noring dan di bahagian selatan yang diwakili oleh rintisan sepanjang Sg. Terang didapati kebanyakan biotit membentuk "schlieren".

c) Mikrogranit

Batuan ini dijumpai di bahagian tengah jasad Pluton Noring di dalam granit biotit. Tidak dapat dipastikan sama ada, ia ujud sebagai zenolit bersaiz besar atau telerang menerobos. Penemuan zenolit granit biotit di dalamnya menunjukkan mikrogranit ini berusia lebih muda secara relatif. Pada sampel tangan, ia berwarna kelabu gelap dengan butiran hampir sama saiz (homogen).

Komposisi mineral utama mengikut kelimpahan ialah kuarza, plagioklas dan feldspar alkali. Mineral mafik terdiri daripada biotit dan mineral aksesori hanya dijumpai apatit, sedikit alanit dan muskovit. Perbezaan yang ketara antara batuan ini dengan batuan sebelumnya ialah (1) Feldspar alkali jenis mikroklin lebih banyak dijumpai berbanding ortoklas, (2) Penserisitan plagioklas berlaku dengan meluas dan (3) Kewujudan muskovit yang tinggi di dalam batuan.

Feldspar alkali terdiri daripada ortoklas dan mikroklin. Ia bersifat subhedral dengan saiz antara 1.0 mm hingga 3.0 mm sahaja. Ortoklas menunjukkan tekstur mikropertit dan pengezonan yang baik. Ia mengandungi inklusi plagioklas, biotit dan kuarza.

Plagioklas bersifat euhedral hingga subhedral, dengan saiz relatif lebih kecil berbanding feldspar alkali, iaitu berjulat saiz antara 0.5 mm hingga 1.5 mm sahaja. Hampir keseluruhan plagioklas mengalami penserisitan yang diisi oleh muskovit. Kuarza mengisi celah-celah antara mineral dengan saiz purata 0.5 mm. Ia membuat padaman bergelombang menunjukkan berlaku keterikan (Rajah 4.8 (e)). Biotit menempati hanya sekitar 5 – 8 % daripada isipadu batuan. Ia wujud sebagai individual

dengan saiz antara 0.2 mm hingga 0.5 mm panjang sahaja dan tertabur secara rawak di dalam batuan. Ia berwarna kuning pucat mengalami pleokrisme kepada kuning gelap. Kebanyakan biotit mengalami pengkloritan berubah kepada warna kehijauan tetapi masih mengekalkan ira yang baik.

Muskovit didapati wujud dalam dua ragam, iaitu muskovit skunder yang mengisi bahagian teras plagioklas yang mengalami penserisitan dan muskovit yang ujud antara dua sempadan mineral yang bersaiz lebih besar. Kedua-dua muskovit dipercayai hasil luluhawa plagioklas kerana sempadan tidak jelas dan bentuknya seperti jejarum terorientasi mengikut rekahan plagioklas (Rajah 4.8 (f)). Apatit dijumpai di dalam biotit dan plagioklas dengan bentuk jejarum dan beragregat. Ia kebanyakan ujud individual dan bersaiz kurang daripada 0.1 mm. Alanit juga hadir di dalam biotit dan plagioklas tetapi bersaiz lebih besar sekitar 0.2 mm hingga 0.5 mm dengan sifat euhedral.

4.3.3 Pluton Kenerong

Pluton Kenerong terdiri daripada batuan igneus dan batuan metamorf. Di lapangan, penulis membahagikan batuan kepada tiga, iaitu leukogranit, mikrogranit kelabu gelap dan selang lapis telerang dan metasedimen.

Sebanyak 4 sampel mewakili granit leukokrat, iaitu 2 dari Gunung Stong dan 2 dari Sg. Kenerong, 3 sampel telerang mikrogranit dan 9 sampel mewakili batuan metasedimen yang dinamakan mengikut pengelasan batuan metamorf. Huraian petrografi secara terperinci hanya kepada leukogranit sahaja dan huraian terhadap batuan metamorf adalah secara umum.

a) Granit

Sampel tangan menunjukkan batuan berwarna kelabu putih dengan indeks warna leukokrat. Mineral mafik kurang daripada 10 % isipadu batuan. Ia berbutir sederhana kasar dan bertekstur butiran sama saiz.

Kajian petrografi menunjukkan kandungan mineral mengikut kelimpahan adalah terdiri daripada kuarza, plagioklas, feldspar alkali dan biotit. Mineral aksesori adalah muskovit, klorit, apatit dan oksida besi. Kuarza merupakan mineral paling dominan. Ia bersifat anhedral, menjadi jisim latar kepada mineral lain dan membuat padaman bergelombang. Purata saiz kuarza adalah 1.0 mm. Ia mengalami sedikit retakan dan inklusi apatit bersaiz kurang 0.1 mm lazim dijumpai di bahagian teras mineral.

Feldspar alkali terdiri daripada ortoklas dan mikroklin. Ortoklas didapati tidak membuat pengezonan dan kembaran jarang dijumpai. Ortoklas bersifat subhedral, berjulat saiz antara 0.5 mm - 1.0 mm dan bertekstur mikropertit. Tetapi kebanyakan jalur mikropertit yang diisi oleh plagioklas didapati telah mengalami penserisitan membentuk muskovit (Rajah 4.9 (a)). Tekstur mirmekit jarang dijumpai. Plagioklas pula bersifat subhedral dan berjulat saiz antara 0.5 mm – 1.0 mm. Jarang dijumpai kembaran polisintetik pada plagioklas kerana kebanyakan plagioklas telah mengalami penserisitan yang kuat membentuk muskovit.

Biotit didapati berjulat saiz antara 0.1 mm – 0.5 mm sahaja dan wujud secara individual. Ia berwarna kuning kemerahan membuat pleokrisme kepada coklat gelap. Ubahan biotit menjadi klorit yang berwarna hijau yang membuat pleokrisme kepada hijau gelap. Biotit tertabur rawak di dalam batuan dan terdapat inklusi apatit di

dalamnya. Mineral aksesori yang dominan adalah muskovit. Penulis mendapati kesemua muskovit adalah dibentuk hasil penerisitan plagioklas dan ubahan terhadap biotit (Rajah 4.9 (b)). Apatit banyak ditemui di dalam biotit dan plagioklas yang mengalami penerisitan dengan saiz kurang daripada 0.1 mm dan bentuk turus jarum.

b) Granodiorit

Granodiorit mempunyai jenis-jenis mineral yang hampir sama dengan granit, tetapi mempunyai kelimpahan plagioklas lebih tinggi berbanding feldspar alkali. Didapati beberapa perbezaan dikenalpasti, iaitu (1) Granodiorit lebih berbutir halus berbanding dengan granit, (2) Kandungan mineral biotit semakin bertambah, dan (3) Peratusan muskovit bertambah.

c) Batuan metamorf

Telerang mikrogranit kelabu gelap dan selang lapis antara telerang granit dan metasedimen terdiri daripada beberapa jenis batuan yang boleh dikenalpasti melalui mikroskop. Telerang mikrogranit terdiri daripada syis kuarza muskovit dan syis garnet, sementara selang lapis pula terdiri daripada syis turmalin dan syis amfibol.

Syis biotit mengandungi biotit sebagai mineral indeks metamorf yang bergred rendah. Ia terdiri daripada kuarza (40 %), feldspar alkali (25 %) yang kebanyakan jenis mikroklin dan plagioklas (25 %). Biotit sekitar 5 – 10 % membentuk pengaturan dengan saiz purata 0.3 mm panjang (Rajah 4.9 (c)). Syis garnet berkomposisi hampir sama dengan syis kuarza, tetapi ia mengandungi mineral garnet sekitar 5 % dengan saiz mencapai 5.0 mm. Kehadiran biotit juga semakin bertambah berbanding syis biotit

(Rajah 4.9 (d)). Syis turmalin pula dicirikan oleh pengantian biotit kepada turmalin yang berwarna coklat kemerahan. Saiz turmalin purata 0.4 mm tertabur secara rawak. Selain turmalin, terdapat juga muskovit dan sedikit biotit (Rajah 4.9 (e)). Kelimpahan dan saiz mineral kuarza, feldspar alkali dan plagioklas adalah hampir sama dengan syis biotit.

Syis amfibol mengandungi komposisi mineral agak berbeza. Ia dominan dengan kuarza yang mengisi hampir 60 % isipadu batuan. Kuarza bersaiz lebih kecil, iaitu purata 0.2 mm dan membentuk foliasi bersama-sama dengan amfibol. Amfibol terdiri daripada hornblend bersaiz mencapai 3 mm ujud secara kelompok (Rajah 4.9 (f)).

4.3.4 Perbincangan

Di dalam kajian terdahulu, penulis mendapati keraguan timbul bagi menentukan unit-unit batuan di dalam Kompleks Stong sebagai unit asalan igneus atau asalan metamorf, contohnya Hutchison (1973) menyatakan Pluton Berangkat sebagai batuan metamorf jenis gneiss sedangkan Singh et al. (1984) mencadangkan ia sebagai unit igneus jenis tonalit. Kajian oleh Hutchison (1973) adalah merujuk kepada singkapan Sg. Kenerong dan Sg. Renyok. Ia tidak dilakukan secara menyeluruh dan menyebabkan tafsiran beliau menjurus kepada pembentukan Kompleks Stong secara keseluruhan adalah hasil proses metamorfisme.

Penulis berpendapat Kompleks Stong merupakan asalan igneus yang terbentuk daripada penghabluran magma, bukannya sebagai pengubahan oleh proses metamorfisme daripada batuan sedimen seperti yang dicadangkan oleh Hutchison (1973). Selain daripada bukti di lapangan, penulis mendapati kajian petrografi batuan

juga yang menunjukkan bahawa batuan mempunyai banyak ciri dan tekstur yang membuktikan ia sebagai asalan batuan igneus. Antara ciri dan tekstur tersebut adalah (1) batuan dibentuk oleh mineral asalan igneus yang lazim, (2) tekstur mineral mencerminkan berlaku penghabluran daripada magma, (3) Ketiadaan tekstur lensa mineral, foliasi atau pengabungan mineral hasil penghabluran semula, (4) Kehadiran tekstur pengezonan dan kembaran, (5) Kewujudan tekstur poikilit atau pengepungan (inklusi) mineral, (6) Tekstur “synneusis” pada megakris feldspar alkali, (7) Kehadiran mineral apatit.

Kandungan mineral bagi Pluton Berangkat dan Pluton Noring jelas mencirikan komposisi mineral batuan igneus yang lazim seperti plagioklas, feldspar alkali, kuarza, biotit, hornblend dan mineral aksesori seperti apatit dan zircon, dengan ketiadaan mineral-mineral petunjuk metamorf seperti staurolit, garnet atau silimanit.

Kesemua mineral ini menunjukkan sifat euhedral hingga subhedral, walaupun di dalam batuan yang mengalami pengaturann mineral feldspar alkali. Ini menunjukkan plagioklas dan feldspar alkali menghablur daripada magma kerana feldspar tidak menghablur dengan sifat euhedral di dalam batuan metamorf (Vernon, 1986). Vernon et al. (2004) mengatakan bagi jasad magma yang besar di kedudukan yang dalam, darjah penyejukan magma adalah perlahan dan proses yang mengawal pembentukan mineral adalah tindakbalas dekat permukaan mineral dengan cecair magma. Oleh itu, mineral membesar secara lebih bebas dan membentuk permukaan lebih mendatar bergantung kepada struktur atom kristal mineral (Vernon, et al. 2004; Vanchez, 1980).

Ketiadaan tekstur lensa mineral terutamanya kuarza atau tekstur foliasi oleh kuarza, biotit atau hornblend juga menjadi petunjuk bahawa proses metamorfisme tidak

berlaku di dalam Kompleks Stong semasa pembentukannya. Penulis mendapati kuarza tidak mengalami keterikan dan penghabluran semula yang ketara. Ia bersifat anhedral, hanya sedikit canggaan yang dipercayai selepas pembentukannya, tiada atau sedikit penghabluran semula berlaku secara setempat dan tidak membuat pengaturan pada orientasi tertentu di dalam batuan. Ini adalah ciri-ciri kuarza batuan igneus, kerana kuarza dikatakan senang mengalami canggaan plastik bagi membentuk lensa polihablur berbanding mineral lain (Vanchez, 1980; Marre, 1986).

Tekstur pengezonan dan kembaran yang banyak dijumpai di dalam megakris feldspar alkali, plagioklas dan hornblend Pluton Noring dan Pluton Berangkat adalah jelas dicerap di bawah mikroskop dan ditafsirkan sebagai petunjuk penting yang menyatakan batuan adalah asalan igneus. Ini berdasarkan kenyataan bahawa kembaran mudah pada megakris feldspar alkali yang terbentuk daripada leburan igneus adalah lazim, berbanding dengan feldspar alkali yang terbentuk akibat metamorfisme di dalam fasa pepejal yang tidak melibatkan leburan, didapati jarang ataupun tiada kembaran normal (Vernon, 1999). Begitu juga dengan pengezonan di dalam plagioklas. Ia dikatakan sebagai petunjuk berlakunya sejarah termal terhadap batuan berkenaan (Vernon, et al. 2004).

Kewujudan tekstur poikilit antara mineral adalah disebabkan oleh tahap penghabluran mineral yang berbeza-beza di dalam batuan. Tekstur ini boleh memberi petunjuk kepada jujukan pembentukan mineral dengan konsep (1) mineral euhedral adalah lebih tua daripada mineral anhedral, dan (2) mineral terkeping adalah lebih tua daripada yang mengepung. Di dalam Kompleks Stong, tekstur poikilit banyak dijumpai pada feldspar alkali, plagioklas dan hornblend. Di dalam megakris feldspar alkali, dicerap banyak inklusi biotit, apatit, hornblend dan plagioklas. Ini menunjukkan batuan

mengalami sejarah terma dan berpunca daripada asalan igneus. Penulis tidak membincangkan jujukan penghabluran mineral dalam Kompleks Stong. Ini kerana banyak kajian terbaru menyatakan bahawa hubungan antara mineral di bawah mikroskop tidak boleh dijadikan petunjuk bagi menentukan jujukan penghabluran mineral seperti Hibbard (1995) dan Vernon et al. (2004).

Kehadiran mineral apatit di dalam kesemua unit batuan Kompleks Stong juga membuktikan bahawa pembentukan batuan adalah daripada leburan magma. Ini berdasarkan kenyataan bahawa apatit menghablur daripada magma mengisi celah-celah mineral atau di dalam mineral di sepanjang sejarah penghabluran batuan (Evans & Hanson, 1993). Ia tidak boleh berasal daripada proses metamorfisme batuan sedimen yang tidak mengalami peleburan semula.

4.3.5 Pengaturan mineral

Di dalam Kompleks Stong, ketiga-tiga unit batuan menunjukkan pengaturan atau penjajaran mineral yang baik terutamanya feldspar alkali dan plagioklas. Hutchison (1973) menyatakan pengaturan mineral ini adalah disebabkan oleh proses metamorfisme yang mengubah batu pasir yang tebal kepada granit gneiss dalam canggaan rantau.

Penulis mendapati pengaturan feldspar alkali di dalam Pluton Noring, Pluton Berangkat dan unit igneus di dalam Pluton Kenerong adalah lebih sesuai diterangkan sebagai akibat proses aliran magma semasa penghabluran. Aliran magma melibatkan perubahan bentuk dan saiz magma secara olakan dekat sempadan magma dan batuan sekeliling atau sebagai tusukan “injection” ke dalam batuan keliling atau unit igneus

yang lain (Higgins, 1997; Vernon, 2000). Semasa aliran berlaku, mineral yang awal terbentuk seperti plagioklas dan feldspar alkali akan membuat pengaturannya selari dengan arah aliran atau berserenjang dengan batuan keliling. Di dalam Pluton Noring, nisbah lebar dan panjang feldspar alkali adalah antara 1:2 hingga 1:4, dan menyebabkan aliran magma yang sederhana sudah cukup untuk membuat pengaturannya yang baik.

Menurut Vernon et al. (2004) beberapa petunjuk mikrostruktur yang menjelaskan proses aliran magma ini adalah (1) Pengaturannya selari atau hampir selari pada mineral euhedral yang memanjang, (2) kesan imbrikasi atau hesokan mineral euhedral atau kelompok fenokris dan membentuk tekstur seakan “boudinage”, tetapi tidak melibatkan canggaan dalaman mineral, (3) pemanjangan zenolit mikrogranitoid tanpa berlaku canggaan plastik (Vernon, 1996; Tobbisch, et al., 1997), (4) kewujudan foliasi dekat sempadan fenokris atau zenolit seperti yang diterangkan oleh Pabst (1928), dan (5) jalur atau lapisan “schlieren” kebiasaan terdiri daripada mineral mafik hasil pengasingan semasa aliran magma.

Hasil analisis petrografi terhadap batuan Kompleks Stong, penulis mendapati agak sukar untuk menentukan tekstur yang mencirikan proses aliran magma di dalam unit Pluton Berangkat. Ini kerana ia telah dikaburi oleh proses canggaan kuat yang berlaku selepas penghabluran batuan. Oleh itu, berdasarkan kajian petrografi penulis berpendapat pengaturannya feldspar alkali di dalam Pluton Berangkat adalah disebabkan oleh canggaan yang kuat berlaku semasa penghabluran batuan. Namun begitu, batuan ini masih menunjukkan ciri-ciri asalan igneus bagi pembentukannya.

Pengaturannya feldspar alkali di dalam Pluton Noring adalah jelas disebabkan oleh aliran magma di dalam tekanan rantau. Aliran magma di dalam tekanan rantau dianggap

perantaraan diantara aliran mineral di dalam apungan magma dengan aliran mineral dalam fasa pepejal, yang dikenali sebagai sub-aliran magmatik (Vernon, 2004; Johnson, et al., 2004). Antara petunjuk petrografi yang menyokong cadangan ini dan boleh dilihat di dalam Pluton Noring ialah seperti (1) Petunjuk canggaan kenyal dan penghabluran semula di dalam hornblend seperti yang dihuraikan oleh Miller et al. (1990). Penulis menjumpai kebanyakan hornblend telah mengalami pemanjangan akibat keterikan dan terdapat inklusi kuarza yang terbentuk hasil peleburan semula, (2) Kewujudan mineral magma yang lewat di dalam zon rekahan mineral primer seperti dicadangkan oleh Vernon, et al., (2004). Penulis menjumpai plagioklas terpotong dan rekahan diisi oleh kuarza dan feldspar alkali, (3) Tekstur sentuhan leburan “contact melting” seperti yang dicadangkan oleh Passchier dan Trouw (1996) yang bermaksud semasa berlaku canggaan, masih terdapat leburan yang bersentuhan dengan mineral yang sudah terbentuk. Oleh itu, tekstur yang boleh dilihat ialah pancungan pengezonan mineral pada plagioklas (Rosenberg, 2004). Tekstur ini boleh dilihat dengan banyak di dalam plagioklas dan feldspar alkali batuan Pluton Noring.

Semasa penghabluran Pluton Noring juga, penulis berpendapat berlaku pengangkatan pluton. Ini bermaksud, selain terdapat tegasan rantau yang bertindak daripada atas ke bawah, berlaku juga tolakan ke atas oleh proses olakan magma semasa pembentukan Pluton Noring. Ini menyebabkan pengatur feldspar alkali berlaku secara meluas di dalam hampir kesemua singkapan Pluton Noring. Petunjuk petrografi yang membuktikan berlakunya pengangkatan pluton semasa penghabluran batuan adalah tekstur rekahan bersudut-sudut yang banyak dijumpai di dalam kuarza.

Pengaturan mineral di dalam unit igneus, iaitu granit biotit dan granodiorit berlaku secara setempat. Ia tidak berlaku secara keseluruhan sebagaimana Pluton

Noring dan Pluton Berangkat. Penulis mendapati pengaturan yang berlaku adalah di kawasan yang berdekatan dengan sentuhan dengan batuan keliling atau berdekatan dengan zenolit bersaiz besar. Oleh itu, ia ditafsirkan berlaku akibat aliran magma secara olakan dekat dengan sempadan batuan.

4.3.6 Canggaaan batuan

Penulis mendapati tahap canggaaan selepas berlakunya penghabluran batuan adalah kuat di dalam Kompleks Stong. Tahap canggaaan ini berbeza-beza di dalam Pluton Berangkat, Pluton Noring dan Pluton Kenerong. Pluton Berangkat mengalami canggaaan yang kuat berbanding Pluton Noring dan Pluton Kenerong. Namun begitu, canggaaan ini tidak mengubah batuan kepada jenis metamorf kerana ia tidak mencapai suhu takat metamorfisme berlaku. Oleh itu, canggaaan yang berlaku adalah tanpa mengubah komposisi mineral asal batuan dan tiada mineral petunjuk metamorf dibentuk. Pluton Noring kurang mengalami canggaaan selepas pembentukannya. Canggaaan berlaku semasa penghabluran batuan membentuk struktur pengaturan mineral. Agak berbeza dengan Pluton Kenerong yang menunjukkan tahap canggaaan yang rendah, tetapi mempunyai kesan metamorfisme yang tinggi kepada batuan metasedimen akibat terobosan unit igneusnya.

Mekanisme canggaaan boleh berlaku dalam dua bentuk, iaitu canggaaan rapuh “brittle” dan canggaaan kenyal “ductile”. Canggaaan rapuh melibatkan proses rekahan dan ricihan yang membentuk permukaan baru dan biasa berlaku di dalam zon kataklastik. Canggaaan kenyal pula melibatkan mekanisma (1) perubahan bentuk mineral disebabkan sifat keplastikan mineral, (2) perubahan bentuk dan saiz di keliling mineral,

dipanggil penyebaran perlahan “diffusion creep” dan (3) pergerakan relatif mineral (Paterson et al, 1989).

Di dalam Pluton Berangkat, unit luar menunjukkan canggaan kenyal yang cukup kuat. Ia dicirikan oleh mekanisme (1) dan (2). Mekanisme (1) ditunjukkan oleh biotit yang menunjukkan bentuk dan ira yang terherot, begitu juga dengan plagioklas dan feldspar alkali yang menunjukkan kembaran ter bengkok. Sementara itu, mekanisme (2) ditunjukkan oleh plagioklas yang mengalami sempadan yang tidak jelas (butiran halus plagioklas mengelilingi sempadan) akibat perubahan dekat sempadan. Kuarza juga mengalami penghabluran semula membentuk tekstur mikrografik di dalam feldspar alkali dengan bentuk baji. Canggaan juga didapati telah memotong tekstur kembaran pada plagioklas dan kadang kala membentuk kembaran skunder.

Canggaan di dalam Pluton Noring didapati kurang berbanding Pluton Berangkat. Bengkokan mineral seperti biotit, plagioklas dan feldspar alkali kurang dicerap di dalam batuan. Penulis percaya bahawa kebanyakan tekstur canggaan yang dilihat di dalam Pluton Noring adalah hasil aliran magma dalam keadaan tekanan rantau dan pengangkatan pluton seperti yang dibincangkan dalam subtopik 4.3.6.

Kajian petrografi Pluton Kenerong menunjukkan ia kurang mengalami canggaan. Kebanyakan mineral menunjukkan bentuk yang baik dengan kuarza yang tidak mengalami keterikan. Namun begitu, disebabkan ia menerobos batuan metasedimen yang berperlapisan, maka tekstur batuan terutamanya metasedimen menunjukkan keadaan yang rencam seolah-olah mengalami canggaan yang kuat.

4.4 Kompleks Igneus Benom

Kompleks Igneus Benom mengandung batuan bersifat bes, pertengahan dan asid. Ia boleh dikelompokkan kepada dua siri batuan, iaitu batuan siri alkali dan siri kalk-alkali mengikut Jaafar Ahmad (1979). Plotan menggunakan segitiga QAP menunjukkan batuan siri alkali terdiri daripada gabro hingga gabro alkali, piroksenit, diorit hingga diorit kuarza, sienit kuarza dan monzonit. Sementara itu, kesemua batuan siri kalk-alkali dikelaskan sebagai granit atau monzogranit (Rajah 4.10).

4.4.1 Batuan Siri Alkali

a) Gabro dan gabro alkali

Sampel tangan menunjukkan gabro berwarna kelabu gelap hingga hitam dan berbutir sederhana kasar. Indeks warna adalah melanokratik dengan kelimpahan mineral mafik berjulat antara 50 % hingga 70 % isipadu batuan (Rajah 4.11 (a)). Kehadiran fenokris feldspar alkali yang bersaiz 2 cm – 5 cm panjang memberikan penamaan batuan kepada gabro alkali .

Kajian petrografi menunjukkan kandungan mineral mengikut kelimpahan adalah piroksen jenis augit, biotit, plagioklas, hornblend, ortoklas dan kuarza. Mineral aksesori yang ditemui ialah apatit dan magnetit. Alanit, sfen dan zircon tidak dijumpai di dalam batuan ini. Sementara, mineral skunder hasil penserisitan plagioklas dan biotit adalah muskovit dan klorit.

Piroksen mengisi antara 20 % hingga mencapai 35 % daripada isipadu batuan. Ia berjulat saiz antara 0.5 mm hingga 2.0 mm, euhedral hingga subhedral dan berwarna perang kekuningan. Ia membuat pleokrisme yang lemah daripada perang kekuningan kepada perang gelap. Warna gangguannya pelbagai daripada kuning, oren, hijau, biru hingga jingga tertib tinggi. Sesetengah membuat kembaran. Sudut padaman piroksen secara purata 45° . Pengantian augit oleh hornblend berwarna hijau kebiruan di sekeliling sempadan mineral seperti korona adalah lazim dijumpai (Rajah 4.11 (b)). Kebanyakan piroksen mengalami ubahan di bahagian tepi sempadan dan melibatkan perubahan secara keseluruhan mineral. Ubahan piroksen ini mewujudkan mineral uralit yang berwarna kehijauan. Piroksen yang terubah sepenuhnya kepada uralit didapati kaya dengan magnetit terutamanya di bahagian teras (Rajah 4.11 (c)).

Biotit ujud berasosiasi dengan piroksen dan hornblend membentuk kelompokan mineral mafik. Ia bersifat subhedral memanjang dengan julat saiz antara 0.5 mm – 3.5 mm panjang. Ia mengisi hampir 25 % daripada isipadu batuan. Ia berwarna coklat keperangan (tanpa nikol) dan membuat pleokrisme kepada coklat gelap kemerahan. Sesetengah biotit mengalami pengkloritan dan ubahan kepada muskovit. Inklusi kuarza dan apatit banyak dijumpai di dalamnya.

Ortoklas menjadi fenokris dengan saiz mencapai 1.5 cm panjang. Ia bersifat euhedral hingga subhedral, mempunyai kembaran dan pengezonan yang jelas. Inklusi plagioklas dijumpai banyak tertabur secara rawak. Kebanyakan inklusi plagioklas ini telah mengalami penserisitan membentuk muskovit. Tusukan biotit dan piroksen dekat sempadan ortoklas juga lazim dicerap (Rajah 4.11 (d)). Tusukan biotit dan piroksen menunjukkan penghabluran biotit dan piroksen adalah lebih awal daripada ortoklas.

Plagioklas bersaiz lebih kecil dengan julat 0.2 mm – 0.5 mm. Ia bersifat subhedral dan kembaran polisintetik jarang dijumpai. Kebanyakan plagioklas telah mengalami penserisitan. Kuarza hanya terbentuk menjadi inklusi di dalam biotit dengan saiz purata 0.1 mm. Kelimpahan kurang daripada 5 % daripada isipadu batuan.

Mineral aksesori yang lazim dijumpai ialah apatit dan magnetit yang terbentuk di dalam teras hornblend skunder hasil ubahan piroksen. Mineral skunder yang lazim adalah muskovit yang terbentuk hasil penserisitan plagioklas dan biotit, sementara ubahan piroksen menghasilkan hornblend skunder.

b) Piroksenit

Piroksenit agak berbeza daripada gabro berdasarkan warnanya yang hitam kehijauan dan berbutir lebih kasar. Fenokris piroksen boleh dilihat pada mata kasar. Penamaan kepada piroksenit adalah berdasarkan kepada kelimpahan mineral piroksen yang tinggi mencapai hampir 70 % daripada isipadu batuan (Rajah 4.11 (e)).

Kandungan mineral piroksenit adalah hampir sama dengan gabro. Perbezaan yang ketara adalah (1) Piroksen bersaiz lebih besar dengan julat antara 0.5 mm – 7.0 mm. Ia lebih bersifat euhedral dan menunjukkan persilangan ira yang lebih jelas. Piroksen kurang mengalami ubahan kepada hornblend. Kembaran lazim dijumpai, (2) Fenokris ortoklas tidak dijumpai di dalam piroksenit, (3) Hornblend skunder kurang dijumpai, (4) Biotit bersaiz lebih besar mencapai 6.0 mm panjang. Kebanyakan berwarna hijau zaiton dan mengandungi bilah-bilah apatit yang lebih panjang dengan purata 1.5 mm (Rajah 4.11 (f)).

c) Diorit hingga diorit kuarza

Diorit dibezakan dengan gabro dan piroksenit berdasarkan kehadiran plagioklas yang berwarna putih pada sampel tangan. Plagioklas didapati tertabur rawak dengan mineral mafik mengisi sekitar 30 % hingga 40 % isipadu batuan memberikan indeks warna mesokratik kepada batuan. Saiz butiran adalah sederhana kasar (Rajah 4.12 (a)).

Di bawah mikroskop, kandungan diorit terdiri daripada plagioklas yang paling dominan, diikuti oleh hornblend, biotit dan feldspar alkali. Kuarza amat sedikit mengisi kurang daripada 5 % isipadu batuan. Mineral aksesori pula terdiri daripada apatit (dominan), sfen dan sedikit alanit dan epidot (Rajah 4.12 (b)). Penserisitan plagioklas membentuk muskovit lazim ditemui dan biotit juga mengalami ubahan kepada klorit yang kehijauan. Hornblend juga mengalami perubahan kepada epidot.

Plagioklas bersifat euhedral dengan bentuk tabular memanjang, tertabur rawak dan kadang kala ujud dalam kelompok. Ia berjulat saiz antara 0.5 mm – 1.5 mm, membuat gabungan antara kembaran normal (Carlsbad) dan kembaran polisintetik albit yang baik. Penserisitan juga banyak dijumpai berlaku pada teras plagioklas.

Hornblend adalah mineral mafik yang dominan, iaitu menempati hampir dua kali ganda berbanding mineral biotit. Ia dominan dengan warna hijau pada keratan memanjang dan kuning pada keratan rentas, dan menunjukkan pleokrisme yang baik. Ia bersifat euhedral hingga subhedral dengan julat saiz antara 1.0 mm hingga 2.0 mm. Ia bersilang jelas dicerap pada keratan rentas. Sifat kembaran lazim dijumpai pada hornblend. Kewujudan hornblend kebanyakan adalah secara kelompok seolah-olah glomeroporfiri (Rajah 4.12c). Inklusi plagioklas dan kuarza boleh dijumpai di dalam

hornblend. Ubahan hornblend kepada epidot boleh dijumpai di bahagian teras atau tepi sempadan mengikut satah-satah ira. Epidot dijumpai berbentuk agregat dengan saiz purata 0.1 mm (Rajah 4.12 (d)).

Biotit dibezakan dengan hornblend berdasarkan warna kuning pucat dan padaman yang selari dengan ira. Ia membuat pleokrisme yang baik daripada kuning pucat kepada kuning atau coklat gelap. Ia bersifat subhedral dengan julat saiz antara 0.5 mm hingga 1.5 mm. Kebanyakan biotit ujud secara individual tertabur secara rawak atau berdampingan dengan hornblend.

Feldspar alkali terdiri daripada ortoklas. Ia bersifat anhedral dan tidak menunjukkan pengezonan. Kembaran jarang dijumpai. Inklusi plagioklas dan biotit lazim dicerap. Ia menempati kurang daripada 10 % daripada isipada batuan, namun bersaiz lebih besar berbanding plagioklas iaitu berjulat saiz antara 2.0 mm hingga 3.5 mm. Sedikit apatit dijumpai di dalamnya (Rajah 4.12 (e)). Kuarza ujud sebagai bijian individual bersaiz purata 0.2 mm mengisi celah-celah antara mineral lain. Ia juga membentuk tekstur mirmekit apabila bersempadan dengan plagioklas.

Apatit ujud dengan banyak di dalam plagioklas, dan jarang dijumpai di dalam hornblend dan biotit. Ini menunjukkan magma akhir kaya dengan bahan pembentuk plagioklas. Ia ujud dalam dua ragam, iaitu dalam bentuk tabular hampir heksagon dan bentuk jarum, tetapi bentuk heksagon adalah dominan dijumpai. Sfen dijumpai dalam bentuk tidak lengkap, bersifat subhedral dengan saiz purata 0.5 mm. Beberapa biji mineral alanit juga ditemui, tetapi berwarna kuning pudar (Rajah 4.12 (f)).

Diorit menunjukkan kepelbagaian bergantung kepada lokaliti tertentu. Contoh terbaik bagi mewakili diorit adalah singkapan diorit di Jeram Besu. Di S2 dekat Bukit Kayu Ara, saiz plagioklas lebih besar dan ketumpatan mineral mafik lebih banyak mencapai 60% isipadu. Ia menunjukkan pengaturan hornblend, biotit dan plagioklas yang baik membentuk seakan foliasi. Namun begitu, kesan luluhawa terhadap plagioklas dan ubahan hornblend pada bahagian teras di dalam sampel ini adalah tinggi.

Diorit di keratan bukit jalan pintasan Benta juga berkomposisi hampir sama dengan diorit di Bukit Kayu Ara dari segi saiz butiran dan peratusan mineral, tetapi tidak menunjukkan pengaturan dan foliasi. Kesan luluhawa terhadap plagioklas juga tinggi.

Di bekas kuari J.K.R Benta pula, diorit menunjukkan berbutiran lebih halus dan lebih gelap. Melalui mikroskop didapati plagioklas lebih kecil saiz purata 0.5 mm. Hornblend dan biotit juga bersaiz kecil purata 0.5 mm, tetapi kebanyakan ujud secara kelompok memberikan warna lebih gelap. Kesan luluhawa adalah rendah dan tiada pengaturan mineral dicerap.

d) Sienit hingga sienit kuarza

Pada sampel tangan, sienit berwarna kelabu cerah berbutir sederhana kasar hingga kasar dengan sifat porfiritik lemah. Fenokris dibentuk oleh feldspar alkali yang bersaiz purata 1.5 cm panjang. Ia menunjukkan sifat kembaran yang jelas. Mineral mafik mengisi hampir 30 % - 40 % isipadu batuan, dan memberikan indeks warna mesokratik kepada

batuan (Rajah 4.13 (a)). Di dalam kebanyakan sampel, fenokris feldspar alkali ini menunjukkan pengaturan yang baik.

Kajian petrografi menunjukkan sienit mengandungi mineral feldspar alkali yang paling dominan diikuti oleh hornblend, biotit, plagioklas dan kuarza. Mineral aksesori pula terdiri daripada sfen, apatit, oksida besi, zirkon dan sedikit alanit. Mineral sekunder terdiri daripada muskovit, klorit dan epidot.

Feldspar alkali bersifat subhedral dengan julat saiz antara 3.0 mm – 15.0 mm panjang dan 1.0 mm – 3.5 mm lebar. Ia terdiri daripada ortoklas dan tidak dijumpai mikroklin. Fenokris didapati lazim mempunyai inklusi bilah-bilah plagioklas yang tersusun mengikut satah pengezonan. Inklusi biotit jarang dijumpai, namun tusukan hornblend dan biotit banyak dijumpai di sempadan fenokris feldspar alkali. Pengezonan adalah jelas dan satah pengezonan diisi oleh debu-debu volkano (Rajah 4.13 (b)). Retakan merentasi ortoklas lazim dijumpai diisi oleh plagioklas yang membuat tekstur mirmekit dengan kuarza (Rajah 4.13 (c)).

Hornblend pada sienit menunjukkan ciri-ciri seperti saiz, warna, kembaran dan inklusi mineral yang sama dengan diorit. Piroksen juga dijumpai dengan tekstur dikepong oleh hornblend (Rajah 4.13 (d)). Tesktur ini lazim dijumpai di dalam sampel yang mengalami sedikit luluhawa. Biotit ujud berasosiasi dengan hornblend dengan saiz lebih kecil. Kebanyakan telah berubah kepada klorit, muskovit dan epidot. Kesemua mineral mafik ujud secara berkelompok di celah-celah fenokris ortoklas (Rajah 4.13 (e)).

Plagioklas bersifat euhedral hingga subhedral bersaiz purata 0.5 mm panjang. Kebanyakan telah mengalami penserisitan. Kuarza ujud mengisi celah-celah mineral lain dan juga sebagai mirmekit saling tumbuh dengan plagioklas.

Sfen adalah mineral aksesori yang paling dominan. Ia bersifat anhedral dengan saiz antara 1.0 mm – 2.5 mm panjang dan mengandungi oksida besi di dalamnya (Rajah 4.13f). Apatit juga ujud banyak di dalam kesemua mineral terutamanya plagioklas.

Jaafar Ahmad (1979) menyatakan kandungan apatit yang tinggi di dalam sienit menunjukkan asalan magma yang dalam. Di dalam sesetengah sampel yang lebih terluluhawa didapati kelimpahan epidot adalah tinggi. Muskovit juga bersaiz besar mencapai 1.5 mm hasil luluhawa biotit diumpai dan diisi oleh epidot kemungkinan zirkon yang lebih kecil berbentuk agregat.

e) Monzonit

Kandungan mineral terdiri daripada feldspar alkali, plagioklas, hornblend, biotit dan kuarza. Mineral aksesori terdiri daripada sfen, apatit, zirkon dan sedikit alanit. Mineral skunder yang lazim ialah muskovit, serisit dan epidot.

Perbezaan yang jelas antara diorit, sienit dan monzonit ialah sifat porfiritik kuat pada monzonit. Monzonit mempunyai fenokris feldspar alkali bersaiz 2.0 cm – 4.0 cm panjang mengisi sekitar 20% - 30% daripada isipadu batuan. Ia berwarna kelabu cerah dan disetengah lokaliti menunjukkan warna merah jambu yang disumbangkan oleh feldspar alkali. Sifat kembaran pada fenokris feldspar alkali boleh dicerap pada sampel tangan (Rajah 4.14 (a)).

Feldspar alkali terdiri daripada ortoklas dan mikroklin. Ia menjadi fenokris dengan sifat euhedral hingga subhedral dan bertekstur mikrografik, hasil saling tumbuh kuarza di dalam fenokris feldspar alkali (Rajah 4.14 (b)). Selain kuarza, plagioklas juga lazim dijumpai menjadi inklusi di dalam fenokris feldspar alkali. Kembaran dan pengezonan dicerap jelas diisi oleh debu-debu sepanjang jalur pengezonan. Mikroklin didapati telah mengalami penserisitan sepanjang satah iri polisintetik yang diisi oleh muskovit (Rajah 4.14 (c)). Plagioklas bersifat euhedral hingga subhedral, membuat kembaran polisintetik yang jelas. Kebanyakan telah mengalami penserisitan membentuk muskovit di bahagian teras dan kaya dengan apatit (Rajah 4.14 (d)).

Hornblend menunjukkan ciri hampir sama dengan sienit, tetapi ia lebih bersifat memanjang dengan kembaran jelas. Inklusi apatit dan kuarza banyak dijumpai dalamnya dan kewujudannya hampir keseluruhan secara berkelompok berasosiasi dengan biotit (Rajah 4.14 (e)). Ubahan hornblend kepada epidot lazim dijumpai (Rajah 4.14 (f)).

4.4.2 Batuan siri kalk-alkali

Bagi sampel granit berbutir kasar berporifitik, kaedah pewarnaan dilakukan seperti batuan siri alkali. Penamaan batuan secara QAP, menunjukkan batuan siri kalk-alkali berjulat daripada granodiorit kepada granit (Rajah 4.10).

Disebabkan perbezaan jelas adalah berdasarkan saiz butiran dan kehadiran hornblend atau tidak, maka perbincangan seterusnya mengikut susunan, iaitu

granodiorit, granit biotit berbutir kasar, granit biotit-hornblend berbutir kasar dan granit biotit berbutir halus hingga sederhana kasar.

a) Granodiorit

Granodiorit menunjukkan sifat leukokratik dengan saiz butiran sederhana hingga kasar. Ia bertekstur porfiritik lemah dengan feldspar alkali menjadi fenokris yang kadang kala berwarna merah jambu (Rajah 4.15 (a)).

Kajian petrografi menunjukkan granodiorit terdiri daripada kuarza, plagioklas, feldspar alkali. Sedikit biotit dan hornblend kurang daripada 5% daripada isipadu batuan. Mineral aksesori pula terdiri daripada alanit, sfen, oksida besi dan sedikit apatit. Muskovit dan epidot hadir sebagai mineral skunder hasil luluhawa terhadap biotit dan penserisitan pada plagioklas.

Kuarza bersifat anhedral, bersaiz antara 0.2 mm – 2.5 mm dan mengisi celah-celah antara mineral lain. Ia mempunyai banyak retakan dan membuat padaman bergelombang. Kelimpahannya mencapai 25 % di dalam sesetengah sampel. Tekstur mirmekit juga dicerap terbentuk saling tumbuhan kuarza di sempadan plagioklas.

Plagioklas mengisi antara 40% - 50% daripada isipadu. Ia bersifat euhedral hingga subhedral dengan saiz berjulat antara 0.5 mm – 3.5 mm dan kebanyakan telah mengalami penserisitan. Kembaran polisintetik albit jelas dicerap. Komposisi purata bagi plagioklas adalah terdiri daripada oligoklas An₃₀. Feldspar alkali terdiri daripada ortoklas yang bertekstur mikropertit dan mikroklin yang menunjukkan kembaran silang.

Kedua-dua hampir sama banyak kelimpahan. Ortoklas dan mikroklin bersifat euhedral hingga subhedral dengan saiz berjulat antara 3.5 mm – 15 mm.

Hornblend bersifat subhedral, berwarna kuning dan membuat pleokrisme kepada warna hijau. Ia bersaiz antara 1.0 mm – 3.5 mm, iaitu lebih besar berbanding biotit (Rajah 4.15 (b)). Sedikit luluhawa berlaku di sepanjang satah iri dan sempadan mineral kepada epidot. Ia mengandungi sedikit inklusi apatit dan kebanyakan tidak menunjukkan kembaran. Biotit pula bersifat subhedral dengan saiz antara 0.5 mm – 2.0 mm. Kebanyakan telah berubah kepada klorit dan muskovit.

Mineral aksesori yang banyak dijumpai ialah alanit. Ia bersifat euhedral, bersaiz antara 1.0 mm – 2.0 mm, berwarna kuning dan dibingkai oleh epidot. Ia membuat sedikit pengezonan. Sfen ujud dalam keadaan tidak lengkap dan saling berdampingan dengan oksida besi. Apatit kurang daripada 0.3 % isipadu batuan. Muskovit pula lazim menggantikan biotit dicirikan dengan sifat tidak berwarna, indeks biasan rendah dan warna gangguan tinggi (Rajah 4.15 (c)).

b) Granit biotit berbutir kasar

Sampel tangan menunjukkan batuan berwarna kelabu cerah, berbutir kasar dan berporfiritik. Fenokris dibentuk oleh feldspar alkali tertabur secara rawak dan di sesetengah lokaliti ia berwarna merah jambu (Rajah 4.15 (d)).

Melalui mikroskop, feldspar alkali terdiri daripada fenokris mikroklin dan ortoklas bersifat mikropertit. Ia bersifat euhedral hingga subhedral, bersaiz purata 20 mm (Rajah 4.15 (e)). Kuarza sangat melimpah dengan bentuk subhedral dan anhedral

yang mengisi celah-celah mineral. Ia bersaiz antara 3.0 – 9.0 mm. Plagioklas pula terdiri daripada oligoklas yang kebanyakan telah mengalami penserisitan membentuk muskovit yang berbilah-bilah.

Biotit menunjukkan pleokrisme kuat daripada kuning kepada coklat gelap. Ia lebih segar berbanding granodiorit. Mineral aksesori yang hadir ialah alanit, muskovit hasil luluhawa biotit dan plagioklas serta oksida besi. Apatit, zircon dan sfen tidak dijumpai (Rajah 4.15 (f)).

c) Granit biotit-hornblend berbutir kasar

Batuan ini menunjukkan ciri di lapangan yang hampir sama dengan granit biotit berbutir kasar. Ia berporfiritik, dengan fenokris tertabur rawak dan berwarna kelabu cerah (Rajah 4.16 (a)).

Penulis mendapati kandungan mineral juga hampir sama dengan granit biotit butir kasar, dan dibezakan berdasarkan kehadiran hornblend. Hornblend berwarna kuning keperangan dengan pleokrisme kepada hijau gelap. Ia bersifat euhedral dengan saiz 2.0 mm – 3.0 mm dan mengalami luluhawa agak kuat (Rajah 4.16 (b)). Selain itu, didapati biotit bersaiz lebih kecil dan ujud secara kelompok. Dijumpai juga sfen yang mengandungi oksida besi dibungkus oleh kelompok biotit (Rajah 4.16 (c)).

d) Granit biotit berbutir halus hingga sederhana kasar

Batuan ini menunjukkan warna cerah dan bersifat leukokratik. Ia berbutir halus hingga sederhana kasar dan berbutiran sama saiz (Rajah 4.16 (d)).

Kajian petrografi menunjukkan kandungan mineral hampir sama dengan granit biotit berbutir kasar. Feldspar alkali terdiri daripada mikroklin dan ortoklas (Rajah 4.16 (e)). Perbezaan agak ketara kepada saiz butiran mineral hampir seragam antara kuarza, feldspar alkali dan plagioklas, iaitu purata 1.5 mm. Selain itu, biotit semakin berkurangan dan diganti oleh pengayaan muskovit di dalam batuan. Penserisitan plagioklas sangat kuat membentuk muskovit dalam bentuk bilah-bilah inklusi (Rajah 4.16 (f)).

4.4.3 Perbincangan

Kajian petrografi Kompleks Benom boleh memberikan petunjuk kepada beberapa aspek penting, iaitu (1) petunjuk asalan dan penamaan batuan yang sesuai, sama ada dinamakan sebagai metamorf ataupun igneus, (2) petunjuk bagi menentukan jenis granit sebagai jenis-I atau jenis-S berdasarkan mineral, (3) petunjuk mikrotekstur yang mencerminkan berlakunya pencampuran magma, dan (4) petunjuk mikrotekstur yang boleh menentukan berlakunya proses asimilasi oleh batuan keliling.

Daripada kajian terdahulu, Kompleks Benom didapati paling sesuai dikelaskan sebagai batuan igneus. Ini adalah berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Jaafar Ahmad (1979), Syed Sheikh Almashoor (1992), Yong Boon Teck (1998), Ramesh (1999), Mohd Rozi Umor (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). Kesemua kajian yang dijalankan oleh mereka menyimpulkan bahawa batuan Kompleks Benom khususnya batuan Siri Alkali adalah igneus. Oleh itu, perbincangan bagi aspek (1) menentukan batuan sebagai igneus tidak dibincangkan di dalam kajian ini dan perbincangan tertumpu kepada aspek (2) dan (3)

sahaja. Aspek ke-empat (4) tidak dibincangkan di dalam kajian ini kerana sampel dekat sempadan antara batuan siri alkali dan siri kalk-alkali tidak ditemui.

a) Kandungan mineral sebagai penentu jenis granit

Chappel dan White (1974) telah menggunakan ciri petrografi sebagai salah satu penentu bagi mengelaskan siri granit sebagai jenis-I atau jenis-S. Ini kerana ciri petrografi menggambarkan perbezaan komposisi kimia batuan. Hornblend lebih biasa dijumpai di dalam granit jenis-I yang lebih mafik, dan umumnya boleh juga dijumpai di dalam lebih felsik. Namun begitu, di dalam granit jenis-S didapati hornblend tidak dijumpai tetapi muskovit adalah biasa dijumpai terutamanya batuan yang lebih felsik dan biotit pula merupakan mineral mafik yang paling melimpah di dalam granit jenis-S sehingga mencapai 35% isipadu batuan di dalam batuan mafik (Chappel & white, 1974).

Selain itu, sfen merupakan mineral aksesori paling biasa dijumpai di dalam granit jenis-I, sementara itu, monazit mungkin dijumpai di dalam granit jenis-S. Garnet dan kordierit boleh dijumpai di dalam zenolit granit jenis-S atau di dalam jasad granit itu sendiri. Inklusi apatit biasa dijumpai di dalam biotit dan hornblend granit jenis-I, sementara itu di dalam granit jenis-S, apatit lebih besar ujud antara mineral (Chappel & White, 1974).

Penulis mendapati batuan siri alkali menunjukkan kesemua batuan banyak dijumpai hornblend, mengandungi sfen yang agak tinggi di dalam setiap sampel, tiada dijumpai garnet di dalam zenolit atau jasad batuan dan menunjukkan inklusi apatit yang dominant di dalam hornblend dan biotit. Ini memberi petunjuk bahawa batuan siri alkali Kompleks Benom adalah granit jenis-I. Bagi batuan siri kalk-alkali pula, didapati

sesetengah sampel mengandungi hornblend dan sfen (contohnya granodiorit (S9) dan granit berbutir kasar di Sg. Chalit (S33A)) dan sesetengah sampel tidak dijumpainya. Muskovit pula lazim dijumpai sebagai mineral skunder hasil luluhawa biotit, tetapi apatit ujud sebagai inklusi di dalam biotit masih dapat dicerap. Oleh itu, penulis batuan siri kalk-alkali adalah perantaraan antara granit jenis-I dan jenis-S.

b) Petunjuk mikrotekstur mencerminkan proses pencampuran magma

Hibbard (1995) menyenaraikan 21 tekstur yang boleh dikaitkan dengan pencampuran magma, walaupun ia tidak boleh dijadikan sandaran seratus peratus bagi menentukan berlakunya pencampuran magma, tetapi ia boleh dijadikan petunjuk bagi membantu mengenal pasti ujudnya proses pencampuran magma. Kebanyakan tekstur ini merujuk kepada pengepungan atau “mantling” antara mineral dan pengezonan mineral.

Di dalam Kompleks Benom, penulis mendapati keadaan “mingling” dan pencampuran antara dua magma banyak dicerap di dalam batuan siri alkali. Ia didapati berlaku antara gabro dengan monzonit, monzonit dengan sienit dan sienit dengan gabro. Namun begitu, penulis percaya ia hanya berlaku secara setempat dan tidak menyeluruh berdasarkan singkapan “mingling” ini hanya dijumpai sekitar Benta sahaja. Bagi menyokong pandangan ini, penulis membuat pemerhatian petrografi terhadap batuan siri alkali. Didapati tiga tekstur yang mengaitkannya dengan pencampuran magma dijumpai, terutamanya di dalam diorit dan monzonit. Tekstur tersebut ialah (1) poikilit K-feldspar dengan inklusi biotit dan plagioklas, (2) pengepungan biotit terhadap K-feldspar, (3) pengepungan hornblend terhadap biotit. Penulis mendapati walaupun tekstur ini yang mencerminkan pencampuran magma boleh dijumpai, tetapi ia tidak

dicerap dalam kesemua batuan. Ini menunjukkan pencampuran magma telah berlaku tetapi secara setempat sahaja.

4.5 Pluton-pluton Jalur Tengah yang lain

Penulis membahagikan pluton-pluton yang lain di dalam Jalur Tengah kepada pluton-pluton utara dan tengah, dan pluton-pluton selatan. Ringkasan petrografi keratan nipis batuan bagi Granit Kemahang, Granit Bukit Tujuh, Kompleks Igneus Lanchar, dan Pluton Palong mewakili pluton utara dan tengah, Jalur Tengah ditunjukkan di dalam Jadual 4.2. Sementara itu, pluton-pluton selatan diwakili oleh Pluton Gunung Ledang, Granit Batang Melaka dan Granit Bukit Mor ditunjukkan di dalam Jadual 4.3.

4.5.1 Granit Kemahang

Granit Kemahang terdiri daripada granit biotit kasar berporfiritik dan granit berbutir sederhana bertekstur hampir sama saiz butiran. Kedua-dua menunjukkan komposisi sebagai granodiorit. Ia mengandungi plagioklas, k-feldspar, kuarza, biotit + apatit. Mineral skunder pula terdiri daripada klorit dan muskovit. Kebanyakan plagioklas dan k-feldspar menunjukkan pengezonan yang jelas. Fenokris terdiri daripada mikroklin subhedral dengan foliasi dibentuk oleh biotit, klorit, muskovit dan kuarza seakan membungkus fenokris. Huraian petrografi diringkaskan di dalam Jadual 4.2.

4.5.2 Granit Bukit Tujuh-Bukit Manggi

Granit Bukit Tujuh terdiri daripada granit biotit berporfiritik dan granit biotit berbutir sederhana. Fenokris di bentuk oleh mikroklin yang bertekstur mikropertit, dan kadang

kala menunjukkan juga tekstur mikrografik. Huraian keratan nipis batuan diringkaskan dalam Jadual 4.2.

4.5.3 Kompleks Igneus Lanchar

Kompleks Lanchar terdiri daripada batuan berkomposisi asidik dan batuan pertengahan (Jaafar Ahmad, 1980). Di dalam kajian ini, penulis menjumpai batuan siri pertengahan yang dinamakan sebagai diorit dan granodiorit yang mewakili batuan asidik. Perbandingan diorit Kompleks Lanchar di Sg. Teris telah dibandingkan dengan diorit Kompleks Benom dari Jeram Besu oleh Mohd Rozi Umor, et al. (2006).

Diorit Kompleks Lanchar berbutir sederhana hampir sama saiz butiran. Ia menunjukkan kelimpahan mineral mafik yang tinggi mencapai 50% isipadu batuan. Batuan di bentuk oleh plagioklas, ortoklas, biotit, hornblend, piroksen, apatit, oksida besi dan kadang kala dijumpai piroksen hasil ubahan hornblend. Granodiorit pula terdiri daripada plagioklas, ortoklas, kuarza, biotit, apatit dan klorit serta muskovit sebagai mineral skunder. Huraian keratan nipis batuan di dalam Jadual 4.2.

4.5.4 Granit Bukit Damar

Granit Damar terdiri daripada granodiorit yang bersifat leukogranit. Berbeza dengan granodiorit Kompleks Lanchar, didapati granodiorit Granit Damar berbutir halus dengan ciri utama apatit yang bersaiz halus membentuk bilah-bilah kecil menjadi inklusi di dalam ortoklas atau mikroklin seakan tekstur mikropertit dapat dicerap dengan banyak dalam batuan. Muskovit mencapai 10% isipadu batuan. Huraian ringkas petrografi di dalam Jadual 4.2.

4.5.5 Pluton Palong

Pluton Palong terdiri daripada Granit Lui, Granit Kemayan dan Granit Serting (Askury, 1993). Granit Lui terdiri daripada granit biotit berbutir sederhana dan bertekstur isogranular. Kajian petrografi Granit Kemayan menunjukkan ia terdiri daripada granit biotit beporfiritik. Kandungan mineral terdiri daripada kuarza, ortoklas, mikroklin, plagioklas, biotit, sfen, alanit, apatit, sedikit klorit dan muskovit hasil luluhawa plagioklas dan biotit. Mikroklin membentuk fenokris bertekstur mikropertit dengan inklusi plagioklas, biotit dan sfen di dalamnya.

Granit Serting terdiri daripada granit biotit berbutir sederhana kasar. Ia mengandungi mineral kuarza, mikroklin, ortoklas, plagioklas, biotit, alanit, serta muskovit dan klorit sebagai mineral skunder. Berbeza dengan Granit Kemayan, didapati Granit Serting kaya dengan mikroklin berbanding ortoklas. Inklusi plagioklas dan kadang kala kuarza boleh dijumpai di dalam mikroklin. Huraian petrografi di dalam Jadual 4.2.

4.5.6 Granit Batang Melaka

Granit Batang Melaka terdiri daripada granit biotit berbutir sederhana kasar. Kandungan mineral terdiri daripada kuarza, ortoklas, biotit, alanit dan oksida besi. Muskovit boleh dijumpai sebagai mineral skunder. Huraian petrografi di dalam Jadual 4.3.

4.5.7 Pluton Gunung Ledang

Granit Gunung Ledang juga terdiri daripada granit biotit berbutir sederhana dan bertekstur isogranular. Komposisi mineral hampir sama dengan Granit Batang Melaka tetapi biotit makin berkurang, iaitu $< 5\%$. Ia berwarna hijau zaiton (gelap) dengan inklusi apatit. Alanit tidak dijumpai. Ortoklas didapati bertekstur mikropertit. Dijumpai juga tekstur mirmekit. Huraian petrografi di dalam Jadual 4.3.

4.5.8 Granit Bukit Mor

Granit Bukit Mor terdiri daripada granit biotit berbutir kasar dan berporfiritik lemah. Kandungan mineral terdiri daripada kuarza, ortoklas, plagioklas, biotit, sfen, apatit, klorit, muskovit. Biotit berwarna kuning gelap dengan inklusi apatit yang lazim dijumpai. Ia berbeza dengan Granit Batang melaka dan Pluton Gunung Ledang kerana kandungan biotit lebih tinggi mencapai 8 – 10 % isipadu batuan dan dijumpai juga sfen dalam bentuk tidak lengkap. Huraian petrografi di dalam Jadual 4.3.

4.6 Kesimpulan

1. Didapati kepelbagaian batuan di dalam Pluton Berangkat adalah besar berbanding Pluton Noring dan Pluton Kenerong. Ia mengandungi batuan jenis tonalit, granodiorit, monzonit hingga monzonit kuarza dan monzodiorit kuarza. Ini menunjukkan proses pengfraksian mineral di dalam Pluton Berangkat adalah tinggi dan memainkan peranan penting dalam sejarah terobosan pluton.

2. Kesemua pluton di dalam Kompleks Stong menunjukkan ciri-ciri sebagai batuan igneus, bukannya metamorf. Kajian petrografi menunjukkan berlaku tegasan rantau semasa pembentukan batuan Pluton Berangkat dan Pluton Noring.
3. Pengaturan mineral tertentu di dalam Pluton Berangkat dan Pluton Noring berlaku disebabkan oleh aliran semasa pembentukan batuan dalam keadaan separa pepejal.
4. Pluton Kenerong didapati terdiri daripada granit hingga granodiorit yang bersifat leukokratik sebagai teras granit. Ia juga mengandungi batuan metasedimen yang berasal daripada batuan keliling.
5. Batuan siri alkali bagi Kompleks Stong menunjukkan beberapa tekstur yang mencirikan berlakunya percampuran magma. Namun begitu, tidak semua sampel mengandungi tekstur tersebut. Oleh itu, ia ditafsirkan berlaku secara setempat. Percampuran magma juga hanya berlaku antara gabro dengan monzonit, monzonit dengan sienit dan sienit dengan gabro.
6. Assimilasi oleh batuan keliling di dalam batuan siri alkali tidak dapat ditunjukkan daripada petrografi batuan.