

# KETERDAPATAN MINERAL ZIRKON DAN HUBUNGANNYA DENGAN BATUAN METAMORFIK DI TELUK WONDAMA, PAPUA

Oleh :

L. Sarmili<sup>1</sup>, Jevie F.K.<sup>2</sup>, dan Mega F. Rosiana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjunan 236 Bandung

<sup>2</sup> Universitas Pajajaran Bandung, Jl. Jatinangor Bandung

Diterima : 05-03-2008; Disetujui : 27-04-2009

## SARI

*Mineral Zirkon sebagai mineral primer umumnya ditemukan pada batuan beku, batugamping kristalin, sekis, dan genes, juga di dalam batuan sedimen sebagai sedimen plaser yang diendapkan di pantai dan di muara sungai.*

*Hasil analisis petrografi dari empat lokasi contoh di teluk Wondama Papua Barat, menunjukkan WDM06-20 adalah amfibolit, WDM06-21 adalah mica schist, WDM06-22 adalah amfibolit, dan WDM06-23 adalah schist.*

*Hasil analisis kimia lainnya menunjukkan bahwa batuan asal termasuk kedalam batuan yang bersifat siliceous-alkali-calsic rock, sedangkan keterdapatan zirkon di daerah penyelidikan berada di dalam lingkungan batuan metamorf.*

*Hasil plotting tipologi, mineral zirkon yang diambil dari percontohan di sepanjang pantai, termasuk kedalam tipe utama granite terutama berasal dari kerak benua dan berdasarkan populasi dan bentuk kristal termasuk ke dalam (Sub)autochthonous Monzogranit and Granodiorites.*

*Berdasarkan data analisis kimia dan bukti-bukti di lapangan bahwa batuan asal dapat ditafsirkan sebagai batuan bersifat granitik yang telah mengalami proses granitisasi menjadi batuan metamorfik.*

**Kata Kunci :** Mineral zirkon, batuan metamorf, granit, Teluk Wondama Papua.

## ABSTRACT

*A zircon mineral as a primary mineral is generally formed in the igneous rocks, crystalline limestones, schists, and gneisses also in sedimentary rocks in beaches and rivers as placer deposits.*

*The petrographical analyses from four different samples shows that WDM 06-20 is amphibolite, WDM 06-21 is mica schist, WDM 06-22 is amphibolite and WDM 06-23 is schist.*

*From other chemical analyses show that the source rocks belong to siliceous-alkali-calsic rocks whereas the occurrences of zircon minerals in the study area are correlates to metamorphic rocks.*

*On typological evolution trends, zircon minerals from samples taken along the shoreline are plotted as granitic rocks of continental crust, and based on their population and crystallographical forms they are in (sub) autochthonous Monzogranite and Granodiorite.*

*Based on data of chemical analyses and fieldworks, the source rock can be interpreted as granitic rocks which have been substituted by granitization process to be metamorphic rocks.*

**Keyword :** Zircon mineral, metamorphic rock, granite, the Wondama Bay of Papua.

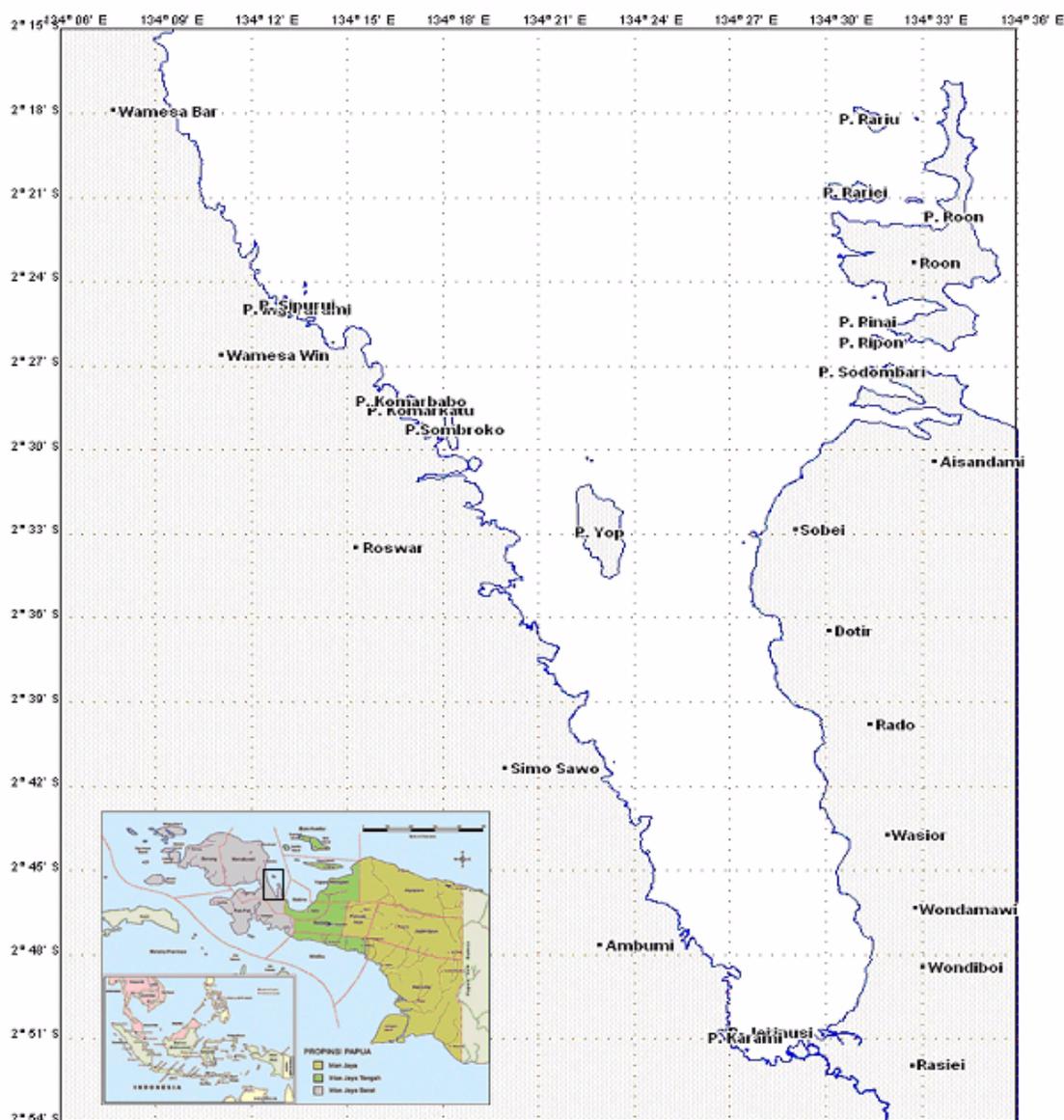
## LATAR BELAKANG

Lokasi daerah penyelidikan secara administrasi berada di propinsi Papua Barat, yang meliputi daerah teluk Wondama dan sekitarnya, tepatnya pada koordinat  $1^{\circ} 45' S$  sampai  $3^{\circ}00' S$ ,  $134^{\circ}00' E$  sampai  $134^{\circ}00' E$  (Gambar 1). Lokasi ini merupakan daerah teluk ke dua yang cukup besar setelah teluk Cendrawasih atau teluk Bintuni yang berada di selatan Kabupaten Sorong di Papua Barat.

Zirkon adalah mineral yang termasuk kedalam grup *neosilicates*, yang mempunyai rumus kimia  $ZrSiO_4$  atau dinamakan *zirconium silicates*. Warna alami dari zirkon bervariasi dari tidak berwarna sampai dengan kuning

keemasan, merah, merah muda, coklat dan hijau. Zirkon yang tidak berwarna adalah mineral yang indah dan sering dijadikan pengganti berlian pada perhiasan karena bentuk mineralnya hampir serupa.

Mineral Zirkon sebagai mineral primer umumnya ditemukan pada batuan beku, batugamping kristalin, sekis, dan genes, juga di dalam batuan sedimen sebagai sedimen plaser yang diendapkan di pantai dan di muara sungai. Untuk mengetahui batuan asal dari mineral zirkon ini maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan beberapa metode untuk selanjutnya di analisis sehingga dapat diketahui asal mula dari mineral tersebut.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Teluk Wondama

Keterdapatan mineral zirkon di daerah penyelidikan sangat erat hubungannya dengan batuan asal yang menjadi sumber dari mineral zirkon tersebut. Walaupun di daerah penyelidikan didominasi oleh batuan metamorfik genes tetapi ada baiknya untuk mengetahui jenis dan batuan asalnya.

Beberapa litologi diluar batuan metamorfik yang memungkinkan untuk menjadi batuan asal dari mineral zirkon di daerah penyelidikan adalah sebagai berikut (Tabel1) :

### GEOLOGI REGIONAL

Morfologi daerah selidikan terbagi dua, yaitu bagian barat teluk Wondama dan bagian timur teluk Wondama. Bagian baratnya merupakan pematang perbukitan batugamping yang terlipatkan dan tersesarkan yang disebut Pematang Wandamen, sedangkan bagian timurnya berupa “kubah pegunungan” (Robinson, et al, 1990) yang terbentuk dari batuan malihan derajat tinggi dan membentuk Semenanjung Wandamen yang berarah ke Utara. Morfologi ini merupakan perbukitan tertinggi di daerah selidikan dengan puncak tertingginya 2000m di atas permukaan laut.

Sebagian besar daerah penyelidikan tersusun dari batuan tertua hingga yang

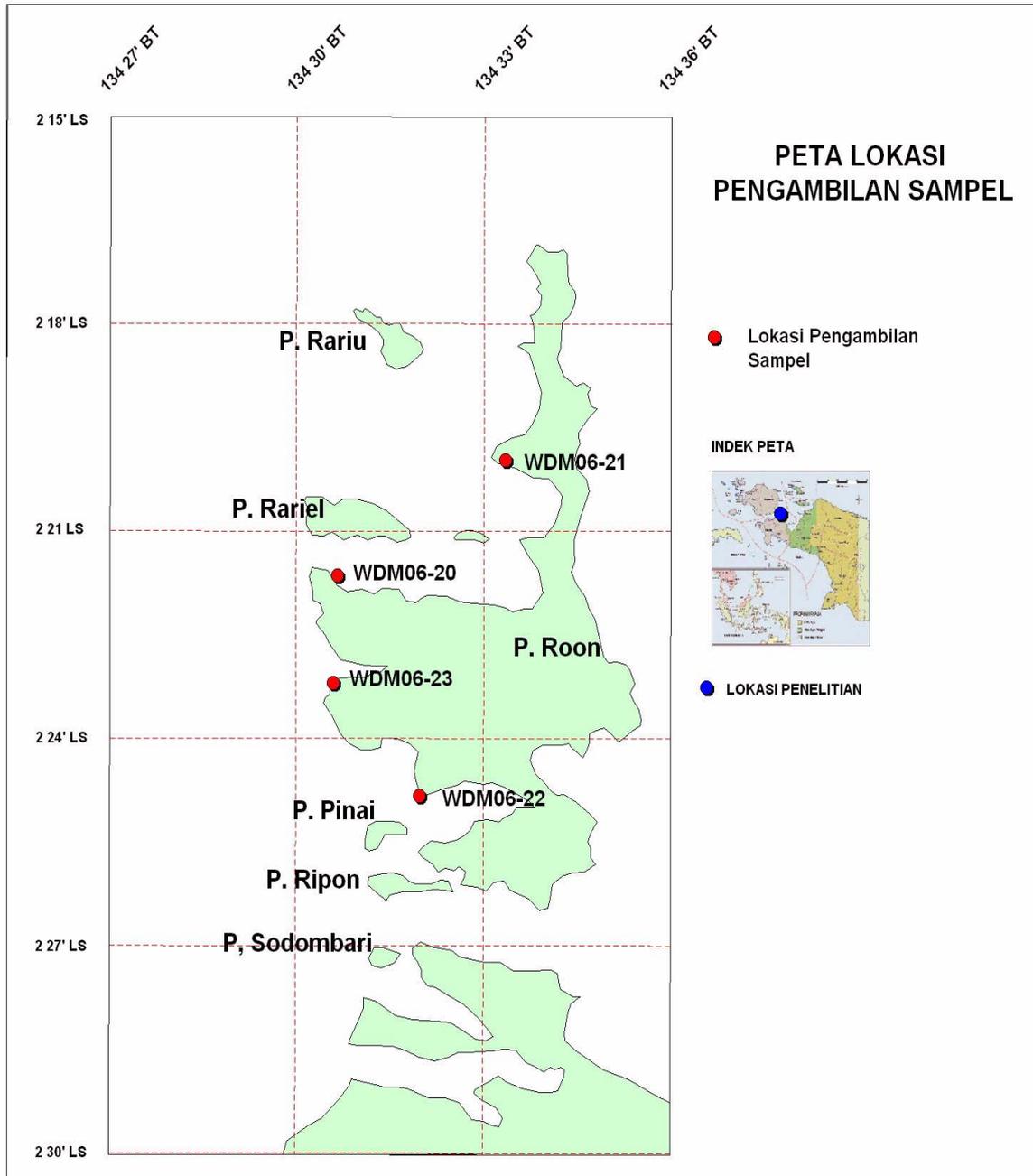
termuda. Batuan yang tertua adalah Formasi Mangguar (Pzmg) yang terbatas hanya pada bagian tenggara. Sebagian atau seluruhnya dibatasi oleh sesar. Batuan Formasi Mangguar (Pzmg) mencakup batugamping terhablur ulang dan pualam dan satuan endapan klastika malih (an undevieded units of clastic metasedimens) dan batuan lainnya adalah batuan malih derajat tinggi Genes Wandamen yang secara isotop menunjukkan umur pemalihan Miosen Akhir hingga Pliosen (Bladon, 1988). Genes Wandamen terdiri atas berbagai macam litologi diantaranya genes muskovit – biotit – kuarsofeldspar, sekis biotit dan biotit – garnet, granulit, amfibolit, dan karbonat malih yang termasuk kedalam Formasi Genes Wandamen yang berumur Miosen Akhir – Pliosen (Robinson, et al, 1990). Umur tersebut adalah umur malih yang didapatkan dari penembakan unsur radioaktif. Menurut Pigram, drr (1982), batuan itu mewakili kerak 'benua renik Irian Jaya bagian barat'. Batuan itu terbawa di bawah tepian benua Australia, dan malih pada suhu yang tinggi selama penunjaman Miosen Akhir hingga Pliosen, menurut perkiraan di bagian terdalam yang masih tersimpan jalur penunjaman yang lama.

Tabel 1. Batuan beku dan komposisi mineral penyusun menurut (William dan Whitten and Brooks dalam Pupin, 1980)

<b>Nama Batuan</b>	<b>Komposisi Mineral</b>	<b>Mineral Asesoris</b>
Andesit	K-feldspar, plagioklas (umumnya oligoklas dan andesin), piroksen, amfibol, minor olivine	Magnetit, apatit, zirkon, <i>sphene</i> (titanit)
Diorit	Plagioklas (oligoklas, andesin), minor piroksen, banyak hornblende, minor biotit dan kuarsa.	Apatit, zirkon, <i>sphene</i> (titanit)
Dasit	Kuarsa >10%, banyak biotit, minor hornblende, plagioklas (albit)	Apatit, zirkon, magnetit, hematit
Granit	Plagioklas (umumnya oligoklas, albit), kuarsa >10%, biotit, minor muskovit dan hornblende.	Apatit, zirkon, <i>sphene</i> (titanit), magnetit
Granodiorit	K-feldspar, kaya akan hornblende dan biotit, kuarsa	Apatit, <i>sphere</i> (titanit), magnetit, hematit
Basalt	Plagioklas, olivin, piroksen, minor hornblende	Magnetit, hematit

Batuan penyusun lainnya di daerah penyelidikan adalah batuan malihan derajat-rendah berupa kumpulan bongkah yang saling dibatasi sesar, berumur Paleozoikum dan/atau Mesozoikum tak terpisahkan (*undifferentiated*). Di dalamnya terdapat *foliation* yang terlipat ulang sejajar perlapisan, dan bancuh (*melange*) batuan Tersier, Mesozoikum dan Paleozoikum, batuan itu membentuk Pematang Wandamen (Pigram, et al, 1982).

Pematang Wandamen dikenali sebagai batuan yang terbentuk di daerah bukaan (*extensional terrain*). Batuan di Pematang Wandamen ini berupa batuan yang termalih sampai ke derajat-rendah yang menggambarkan paras yang lebih dangkal pada jalur penunjaman yang lama. Pada Pliosen Akhir atau Pliosen Awal, penunjaman berhenti. Pengenduran tegangan memampat yang menyusul memungkinkan *permitted isostatic* di sepanjang



Gambar 2. Contoh salah satu hasil plotting Kimia di WDM06-20

jalur tumbuk menyebabkan terangkatnya Pematang Wandamen (Pigram, et al, 1982).

Di bagian selatan teluk Wondama terdapat sedimen muda seperti Aluvium Quarter (Qa) yang diendapkan oleh sungai yang mengalir dan bermuara ke teluk Wondama. Selain itu didapat terumbu koral (Qc) yang sedang tumbuh di perairan dangkal sekitar teluk Wondama. Endapan fanglomerat (Qf), dan bahan longsoran (Qs) terdapat disekitar bagian timur teluk Wondama terutama di lereng semenanjung Wandamen. Seluruh endapan muda ini umumnya ditemukan menindih tak selaras satuan batuan yang lebih tua (Robinson, et al, 1990).

## METODE PENELITIAN

### Analisis Petrografi dan Kimia

Analisis petrografi telah dilakukan terhadap beberapa contoh batuan untuk mengetahui jenis batuan yang tercerminkan dari komposisi variasi mineral dengan pengamatan sayatan tipis di bawah mikroskop. Selain komposisi mineral, juga dapat diamati tekstur dan bentuk kristal dari setiap mineral.

### Perhitungan Kuantitatif Mineral Zirkon

Pemisahan mineral zirkon dilakukan di Laboratorium PPPGL. Dari sampel yang di dapat, di ayak berdasarkan besaran mesh (pasir). Lalu sampel tersebut dicuci dan dikeringkan oleh bantuan sinar matahari. Setelah sampel-sampel tersebut kering, dilakukan pemisahan mineral zirkon dari mineral-mineral lain yang terdapat di dalam pasir tersebut.

Setelah dilakukan pemisahan, dilakukan perhitungan kuantitatif, yang dipisahkan berdasarkan bentuk piramid mineral zirkon yang disesuaikan dengan tabel klasifikasi tipologi yang diusulkan oleh Pupin (1980).

Metode ini dilakukan dengan cara menghitung kelimpahan populasi dari mineral zirkon. Setelah dilakukan plotting dari mineral-mineral zirkon tersebut lalu dimasukkan kedalam tabel hasil perhitungan kuantitatif berdasarkan tabel morfologi piramid Pupin, (1980) yang akhirnya akan diketahui genesa batuanya. Dengan

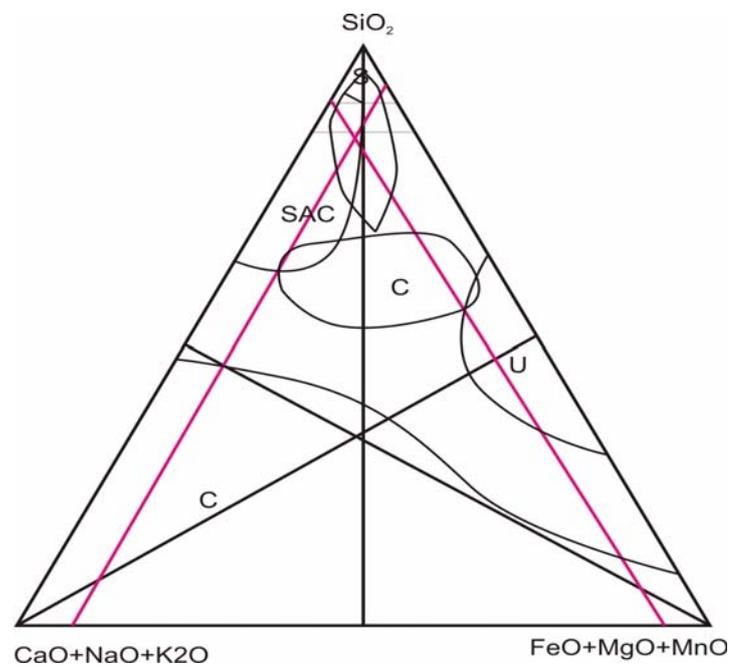
memasukan mineral zirkon kedalam sebuah diagram yang didasarkan pada bentuk kristalografinya, terutama bentuk prisma dan piramida yang dapat berubah berdasarkan kenaikan suhu dan kadar alkali.

Dari hasil perhitungan kuantitatif akhirnya dibuat permodelan *typological evolutionary trend* (TET) untuk membandingkan hasil analisis batuan asal dengan distribusi TET untuk batuan non-granitik.

## HASIL PENELITIAN

Beberapa lokasi percontohan batuan primer yang diambil di lokasi yang mana batuan dari semenanjung Wondama tersingkap disekitar ujung bagian utaranya. Sedangkan lokasi percontohan yang diambil dari pematang pantai umumnya terdapat di pantai bagian barat teluk Wondama. Petrografi dan hasil analisis kimia ini untuk mengetahui nama batuan dan jenis intrusinya.

Dari lokasi WDM06-20 (**Gambar 2**) secara mikroskopis, sayatan berwarna gelap karena didominasi oleh mineral-mineral gelap, foliasi hampir tidak terlihat, namun pada kuarsa terlihat ada foliasi. Dari hasil pengamatan secara mikroskopis mengandung kuarsa (6%), felspar (37%), amfibol (42%), plagioklas (9%), mineral



Gambar 3. Contoh salah satu hasil plotting dalam segitiga perbandingan antara data unsur SiO<sub>2</sub>, CaO + Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O, dan FeO + MgO + MnO

lempung (2%), dan mineral opak (3%). Berdasarkan pengamatan tersebut, batuan ini termasuk kedalam **amfibolit**.

Dari hasil plotting dalam segitiga perbandingan antara data unsur SiO<sub>2</sub> (92,79%), CaO + Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O (2,76%), dan FeO + MgO + MnO (3,43%), batuan asal pada lokasi WDM06-20 tersebut termasuk kedalam *siliceous-alkali-calsic rock* Gambar 3.

Lokasi WDM06-21 secara mikroskopis, sayatan tidak berwarna, foliated, shcisstose, hipokristalin, bentuk butir subhedral-anhedral, komposisi mineral terdiri dari plagioklas, kuarsa dan mineral opak. Dari hasil pengamatan secara mikroskopis mengandung kuarsa (65%), mika (20%), plagioklas (12%), dan mineral opak (3%). Berdasarkan pengamatan tersebut, batuan ini termasuk kedalam *mica schist*.

Selanjutnya, pada lokasi WDM06-22 secara mikroskopis, sayatan tidak berwarna, foliated, hipokristalin, bentuk butir subhedral-anhedral, komposisi mineral terdiri dari plagioklas, kuarsa, mika, amfibol (hornblende) dan mineral opak. Dari hasil pengamatan secara mikroskopis, mengandung kuarsa (47%), plagioklas (23%),

amfibol (10%), mika (12%), dan mineral opak (8%). Berdasarkan pengamatan tersebut, batuan ini termasuk kedalam **amfibolit**.

Contoh batuan dari WDM06-23, sayatan berwarna-abu-abu terang, hypidiomorphic-porfiritik; fenokris terdiri dari plagioklas, piroksen, hornblende, kuarsa, biotit dan mineral opak yang tertanam dalam masadasar mikrokrystalin dan gelas vulkanik. Beberapa mineral piroksen telah berubah menjadi klorit. Dari hasil pengamatan secara mikroskopis mengandung kuarsa (8%), hornblende (27%), piroksen (15%), biotit (8%), plagioklas (18%), klorit (9%), gelas (5%), dan mineral opak (10%). Berdasarkan pengamatan tersebut, batuan ini termasuk kedalam **schist**. Sedangkan dari data unsur kimia, SiO<sub>2</sub> (88,81,5%), CaO + Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O (6,19%), dan FeO + MgO + MnO (5,04%), menurut diagram kimia batuan asal pada stasiun WDM06-23 tersebut termasuk kedalam *siliceous-alkali-calsic rock*.

Seperti contohnya di lokasi WDM06-22, mineral zirkon yang ditemukan ini berjumlah 108 butir yang masih nampak bentuk morfologinya, yang kemudian dihitung persentasinya dari setiap bentuk piramidnya (Gambar 4) yang disesuaikan dengan tabel tipologinya berdasarkan jumlah.

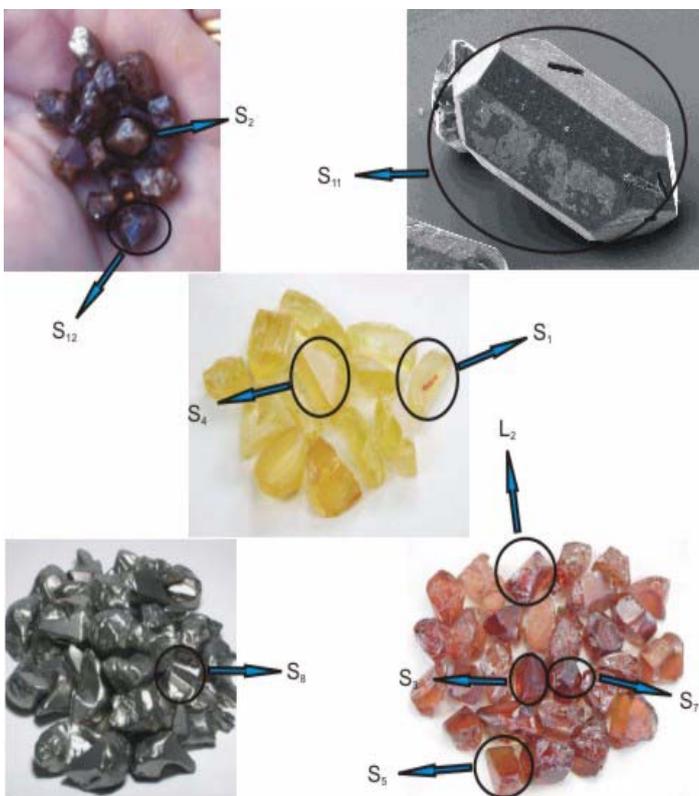
Berikut hasil perhitungan dari analisis kuantitatif mineral zirkon:

Tipe S<sub>2</sub> = 37 butir (btr), S<sub>1</sub> = 11 btr, S<sub>5</sub> = 2 btr, S<sub>4</sub> = 5 btr, S<sub>3</sub> = 22 btr, S<sub>7</sub> = 11 btr, S<sub>8</sub> = 5 btr, S<sub>12</sub> = 3 btr, S<sub>6</sub> = 9 btr, S<sub>11</sub> = 2 btr, L<sub>2</sub> = 1 btr.

Hasil perhitungan tersebut kemudian dimasukkan kedalam tabel Tipologi yang diusulkan oleh Pupin (1980). Berikut merupakan hasil plotting dari perhitungan kuantitatif (Tabel 2) :

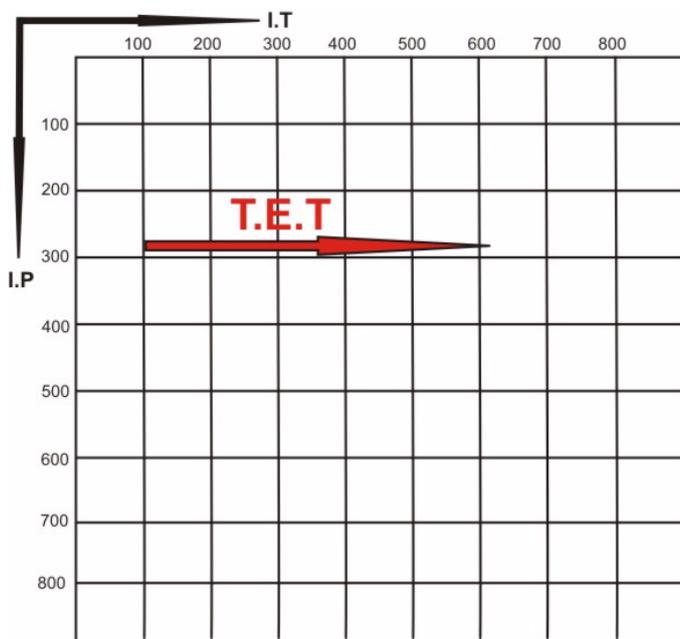
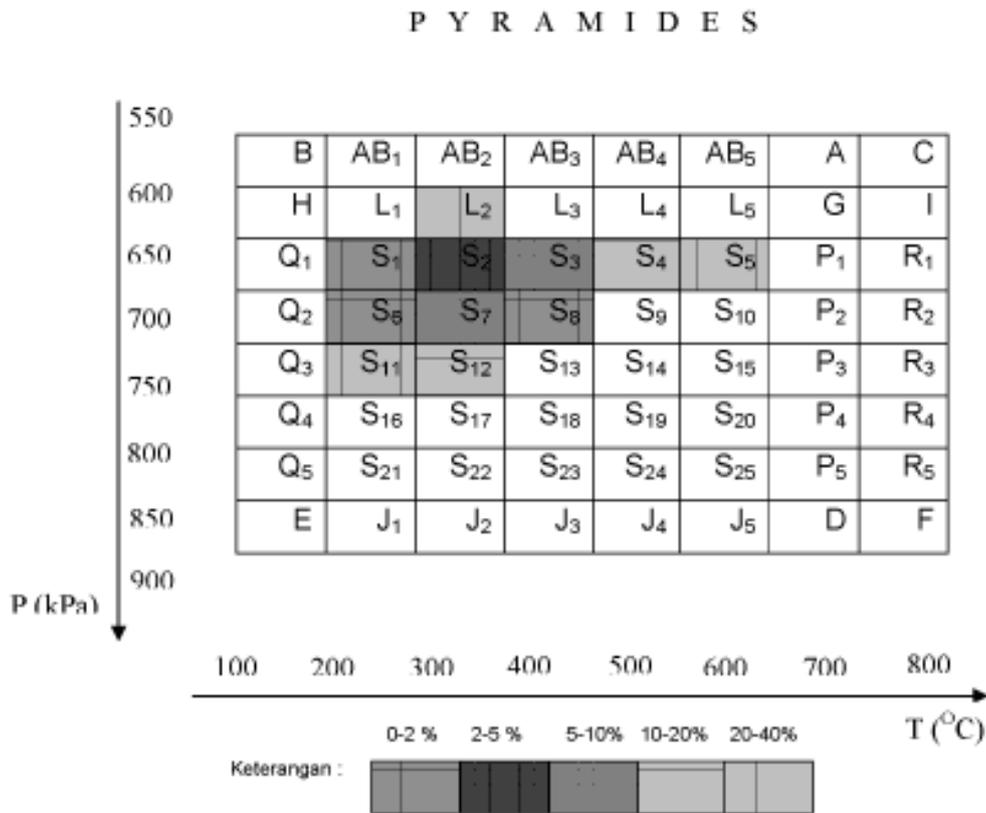
Dari hasil perhitungan Kuantitatif ternyata mineral Zirkon ini masuk kedalam batuan yang mempunyai temperatur sedang (medium) dan tekanan sedang sampai tinggi.

Dari penggambaran plotting di atas, zirkon diatas termasuk berasal kedalam tipe utama batuan granit terutama dari kerak benua. Berdasarkan permodelan yang diusulkan oleh Pupin (1976), maka daerah penelitian termasuk kedalam sub-tipe (*Sub*) *autochthonous Monzogranit and Granodiorites*.



Gambar 4. Contoh bentuk-bentuk Piramid Zirkon Hasil Pemisahan menurut Pupin, (1980)

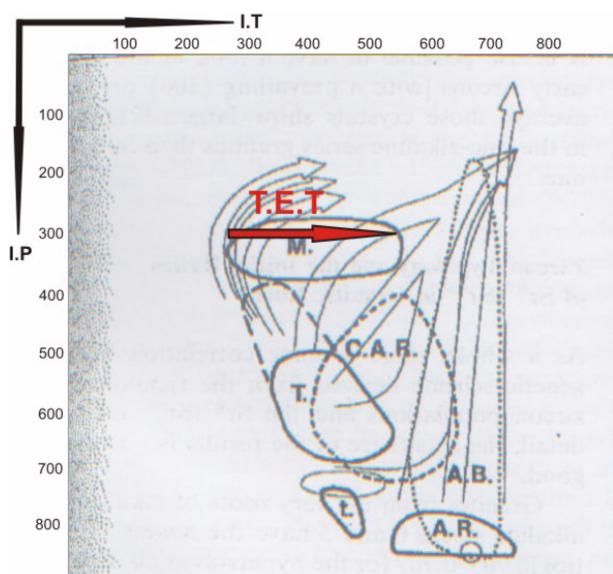
Tabel 2. Salah satu contoh hasil Perhitungan Kuantitatif Stasiun WDM06-22



Gambar 5. Trend Umum Evolusi Mineral Zirkon Di Daerah Penelitian (I.T = Indikasi terhadap temperatur, I.P = Indikasi terhadap tekanan )

Keempat sampel di atas kemudian di *overlap* kedalam satu tabel perhitungan kuantitatif. Setelah itu, dapat dimasukkan tabel kedalam *typological evolutionary trend* (Gambar 5). Dari data *typological evolutionary trend* menunjukkan perubahan atas temperatur dibandingkan tekanan. Hal tersebut ditunjang pula dengan hasil interpretasi seismik, dimana pola struktur yang tidak terlihat, diasumsikan jejak-jejak struktur tersebut hilang oleh metamorfisme termal.

Setelah itu, dari *typological evolutionary trend* yang didapat dimasukkan kedalam tabel distribusi non-granitik (Gambar 6), yang mana didapatkan bahwa batuan termasuk kedalam **migmatit**. Dicitrakan oleh tipe batuan yang mempunyai jejak granit, migmatit adalah masa kristalin yang bercampur dengan batuan sekitar yang berisi mineral gelap, yang kaya akan *ferromagnesian* juga kuarsa bening dan kaya akan felspar, biasanya terjadi di dalam batuan metamorfik berderajat sedang (*medium*) sampai tinggi.



Gambar 6. Distribusi Typologi Berdasarkan Populasi Mineral Zirkon (Pupin, 1980), Migmatite (M), calc-alkaline series ryolites (C.A.R), tonalites (T), alkaline basalts (A.B.), tracyandesites (t).

## PEMBAHASAN

Permasalahan yang muncul dalam penelitian ini adalah bagaimana zirkon dapat terbentuk di daerah tersebut, serta proses-proses apa saja yang menyebabkan adanya Zirkon di sekitar lokasi penelitian. Batuan yang mendominasi daerah penelitian adalah batuan metamorfik berupa genes Wandamen yang menarik untuk diketahui batuan asalnya karena mineral zirkon biasanya terbentuk di batuan beku menengah sampai batuan beku asam, walaupun bisa terbentuk di dalam batuan metamorfik. Hasil analisis unsur kimia umumnya menunjukkan bahwa batuan berasal dari batuan beku bersifat asam atau *siliceous-alkali-calcic rock*

Bukti di lapangan bahwa mineral zirkon terdapat sebagai mineral primer dalam batuan metamorfik genes, mika sekis atau pada amfibolit, seperti terlihat dari hasil analisis mikroskopis.

Mineral zirkon sebagai mineral primer di dalam batuan metamorfik telah menimbulkan pertanyaan apakah batuan asal dari mineral zirkon tersebut berasal dari batuan granit karena jejak asal batuan granit masih terlihat, atau memang dari batuan metamorfik itu sendiri. Batuan

granit yang telah berubah menjadi batuan genes akibat temperatur dan tekanan yang tinggi (dengan proses granitisasi) menjadi batuan metamorfik ini seperti terlihat dari hasil perhitungan kuantitatif ternyata memang masuk kedalam batuan metamorfik yang mempunyai temperatur sedang (medium) dan tekanan sedang sampai tinggi. Juga dari hasil plotting populasi mineral zirkon ternyata masuk kedalam migmatit yaitu suatu batuan kristalin di dalam batuan metamorfik bertekanan dan temperatur tinggi tetapi batuan tersebut mempunyai jejak granit.

Bukti lapangan lainnya adalah adanya singkapan batuan metamorfik genes yang masih memperlihatkan struktur lensa (*boudinage*) dimana pada bagian lensanya masih terbentuk dari batuan granit (Gambar 7).

Dengan ditemukannya struktur lensa (*boudinage*) tersebut dapat ditafsirkan bahwa batuan metamorfik yang terdapat di Pematang Wandamen berasal dari batuan granit (yang juga dibuktikan dari klasifikasi Pupin, 1980) yang terbentuk akibat adanya proses granitisasi. Menurut Pigram, drr (1982), batuan itu mewakili kerak 'benua renik Irian Jaya bagian barat'. Batuan itu terbawa di bawah tepian benua Australia, dan malih pada suhu yang tinggi selama penunjaman Miosen Akhir hingga Pliosen sehingga berubah menjadi batuan metamorfik genes yang dapat dibuktikan dari tabel *typological evolutionary trend* yang dimasukkan ke dalam distribusi non-granitik, sehingga didapatkan bahwa batuan tersebut



Gambar 7. Memperlihatkan batuan metamorfik gneiss dengan struktur lensa (*boudinage*) dimana pada bagian lensanya masih terbentuk dari batuan granit

termasuk kedalam batuan migmatit yang biasanya terjadi di dalam batuan metamorfik berderajat sedang (*medium*) sampai tinggi.

## KESIMPULAN

Asal mineral zirkon yang terdapat di daerah penyelidikan yang didominasi oleh batuan metamorfik genes secara ilmiah dapat dibuktikan bahwa batuan asalnya bersifat asam atau bersifat granitik. Batuan yang bersifat granitik ini masih dapat dikenali dengan ditemukannya struktur lensa (*boudinage*) dimana pada bagian lensanya terbentuk dari batuan granit. Bukti lainnya didasarkan dari hasil analisis unsur kimia yang didapat berupa batuan bersifat asam atau *siliceous-alkali-calsic rock* dan dari hasil plotting populasi mineral zirkon terbukti ada jejak batuan granit. Dari bukti-bukti baik di lapangan maupun hasil laboratorium dapat ditafsirkan bahwa batuan yang bersifat granitik yang berasal dari kerak benua relik Irian Jaya bagian barat ini telah mengalami proses tekanan dan temperatur yang tinggi (proses granitisasi) pada penunjaman Miosen akhir-Pliosen, sehingga berubah menjadi batuan metamorfik genes atau Formasi Genes Wandamen.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam menyelesaikan makalah yang baik diperlukan masukan kritik dan saran. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ucapkan terimakasih kepada banyak pihak yang telah memberikan masukan kritik dan saran. Terima kasih ini penulis sampaikan kepada : Bapak Ir. Subaktian Lubis, M.Sc. sebagai Kepala Pusat

Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan atas dorongan dan pimpinannya; dan juga dewan redaksi yang telah memberikan koreksi dan sarannya; serta Kepala Tim Penelitian Wondama, Papua Barat Ir. A. Masduki dan semua anggota tim atas kerjasamanya.

## ACUAN

- Bladon, G.M., 1988. *Catalogue, appraisal, and significance of K-Ar isotopic ages determined for igneous and metamorphic rock in Irian Jaya*. Geological Research and Development Centre (PSG). Indonesia.
- Pigram, C.J., Robinson, G.P., and Tobing, S.L., 1982. *Late Cenozoic origin for the Bintuni Basin and adjacent Lengguru Fold Belt, Irian Jaya*. American Association of Petroleum Geologist (AAPG), Proceedings of the Eleventh Annual Convention, 109-126. Also published in Bulletin of the Geological Research and Development Centre (PSG), Indonesia, Volume 7, 24-36.
- Pupin, J.P., 1980. *Zircon and Granite Petrology*. Contribution to Mineralogy and Petrology, Volume 73, 207-220.
- Robinson, G.P., R.J. Ryburn, B.H. Harahap, S.L. Tobing, A. Achdan, G.M. Bladon, dan P.E. Peiters, 1990. *Geologi Lembar Steenkoon, Irian Jaya*. Geological Research and Development Centre (PSG). Indonesia.