

SKRIPSI

**PETROGRAFI DAN GEOKIMIA MINERAL GIPSUM
PADA BATUAN SEDIMEN FORMASI WALANAE DI CEKUNGAN
SENGKANG KABUPATEN WAJO PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh :

INDRA NAWIR

D611 15 009



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PETROGRAFI DAN GEOKIMIA MINERAL GIPSUM
PADA BATUAN SEDIMEN FORMASI WALANAE DI CEKUNGAN
SENGKANG KABUPATEN WAJO PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh :

INDRA NAWIR

D611 15 009

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 19 Februari 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Asri Jaya HS ST., MT.
NIP. 19690924 199802 1 001

Pembimbing Pendamping



Sahabuddin Jumadil, S.T., M.Eng
NIP : 19771214 200501 1 002

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Asri Jaya HS, ST., M.T.
NIP : 19690924 199802 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Indra Nawir
NIM : D611 15 009
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

PETROGRAFI DAN GEOKIMIA MINERAL GIPSUM PADA BATUAN
SEDIMEN FORMASI WALANAE DI CEKUNGAN SENGKANG
KABUPATEN WAJO PROVINSI SULAWESI SELATAN

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 25 Februari 2021

Yang Menyatakan



Indra Nawir

SARI

Secara Administratif daerah penelitian termasuk dalam Daerah Sengkang Kabupaten Wajo, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara astronomis terletak pada koordinat $120^{\circ}0'14,4''$ BT – $120^{\circ}4'48''$ BT dan $04^{\circ}4'33.6''$ LS – $04^{\circ}11'31.2''$ LS. Adapun tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui bentuk morfologi kristal vein mineral gipsum, mengetahui jenis vein mineral gipsum serta mengetahui geokimia dari mineral gipsum pada Formasi Walanae di Cekungan Sengkang. Metode yang digunakan dalam penelitian melakukan observasi lapangan untuk pengambilan data, pengambil contoh batuan dan mineral gipsum serta analisis laboratorium pengamatan petrografi dan geokimia meliputi XRF (*X-Ray Fluorescence*) dan XRD (*X-Ray Diffraction*). Selanjutnya pengolahan data dan analisis data lapangan yang telah ada. Berdasarkan dari analisis laboratorium pengamatan petrografi jenis vein gipsum pada lokasi penelitian yang diperoleh yaitu adanya *syntaxial vein* dengan bentuk kristal *elongate blocky* yang memanjang dan sebagian besar berupa jenis *antitaxial vein* dengan bentuk kristal *fibrous* berserat dan memiliki adanya zona median. Hasil dari geokimia XRF bahwa mineral gipsum pada lokasi penelitian dapat disimpulkan bahwa semua sampel merupakan mineral gipsum murni yang memiliki komposisi kimia $SO_3 >46\%$. Pada proses pembentukan vein gipsum juga dipengaruhi oleh kandungan unsur-unsur pada *hostrock* yang jika menunjukkan adanya kandungan SO_3 dan CaO dimana kedua unsur ini adalah unsur pembentuk dari mineral gipsum, adapun hasil analisis XRF pada *hostrock* kandungan dari SO_3 dan CaO sangat minim yang menunjukkan bahwa pengaruh kandungan unsur dari *hostrock* pada pembentukan vein gipsum sangat sedikit.

Kata Kunci : Morfologi gipsum, Analisis Geokimia , Hostrock

ABSTRACT

Administratively the research area is included in The Sengkang Area of Wajo Regency, South Sulawesi Province. Astronomically located at coordinates 120°0'14.4" E – 120°4'48" E and 04°4'33.6" S – 04°11'31.2" S. The purpose of the research is to know the morphological form of gypsum mineral vein crystals, know the type of gypsum mineral vein and know the geochemistry of gypsum minerals in the Walanae Formation in the Sengkang Basin. The methods used in the study conducted field observations for data retrieval, conto capture of rocks and gypsum minerals as well as laboratory analysis of petrography and geochemical observations including XRF (X-Ray Flourosence) and XRD (X-Ray Diffraction). Furthermore, data processing and analysis of field data already exists. Based on laboratoium analysis of petrography observations of gypsum vein type at the research site obtained namely the syntaxial vein with elongated elongate blocky crystal form and mostly antitaxial vein with fibrous crystal shape fibrous fibrous and has a median zone. As a result of XRF geochemistry that gypsum minerals at the research site can be concluded that all samples are pure gypsum minerals that have a chemical composition of SO₃ >46%. In the process of forming gypsum vein is also influenced by the content of elements in hostrock which if it shows the content of SO₃ and CaO where both elements are the forming element of gypsum minerals, while the results of XRF analysis on hostrock content from SO₃ and CaO are very minimal which indicates that the effect of elemental content of hostrock on the formation of gypsum veins is very minimal.

Keywords : *Gypsum morphology, Geochemical analysis, Hostrock*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Petrografi dan Geokimia Mineral Gypsum pada Batuan Sedimen Formasi Walanae di Cekungan Sengkang Kabupaten Wajo Provinsi Sulawesi Selatan”**

Pada kesempatan ini penulis tidak lupa ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu penulis dalam menyusun laporan ini, antara lain :

1. Bapak Dr. -Eng. Asri Jaya HS, S.T, M.T. sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Pertama pada Penelitian ini.
2. Bapak Sahabuddin Jumadil, S.T., M.Eng. sebagai Dosen Pembimbing Kedua pada Penelitian ini.
3. Bapak Dr. Adi Tonggihroh, S.T., M.T., dan Ibu Dr. Haerany Sirajuddin, S.T., M.T. sebagai dosen penguji atas kritik dan sarannya kepada penulis demi sempurnanya penelitian ini.
4. Bapak Dr. Sufriadin, S.T., M.T yang telah membantu dan membimbing pada pengerjaan penelitian ini.
5. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingannya selama perkuliahan.
6. Staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang selama ini selalu membantu dalam pengurusan administrasi di kampus.
7. Kedua orang tua atas segala bantuan materil dan moril yang senantiasa tercurah kepada penulis.
8. Rekan-rekan mahasiswa Geologi angkatan 2015 (AGATE).
9. Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (HMG FT-UH).

10. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala bantuan dan dorongan yang diberikan selama ini.

Penulis mengharapkan adanya saran dan kritik dari pembaca yang bersifat membangun demi perbaikan laporan ini. Segala kesalahan serta kekeliruan yang ada tidak luput dari keterbatasan penulis sebagai manusia biasa yang memiliki banyak kekurangan.

Akhir kata, semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca, khususnya bagi penulis. Amin

Makassar, Februari 2021

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cekungan Sengkang salah satu penghasil Gas di Sulawesi Selatan, hal ini dibuktikan dengan keberadaan Lapangan Gas Kampung Baru yang memproduksi gas. Secara *petroleum system*, sumber gas berasal dari shale Formasi Mallawa dan tertampung dalam reservoir karbonat batugamping Formasi Taccipi. Walaupun kelihatannya model perangkap menunjukkan model *stratigraphic trap*, namun proses migrasi gas dari batuan induk ke reservoir melibatkan proses struktur geologi, peran Sesar Walanae Timur sangat besar dalam proses migrasi di cekungan ini.

Sesar Walanae terbagi atas sesar Walanae Barat (WWF) dan Sesar Walanae Timur (EWF), kedua sesar tersebut merupakan sesar regional di Sulawesi berarah Baratlaut-Tenggara (NW-SE), WWF berhubungan dengan pembentukan Cekungan Sengkang, sedangkan EWS memotong Sulawesi bagian tengah cekungan (Jaya & Nishikawa 2013). Mekanisme struktur ditengarai sebagai bagian dari pembentukan rekahan dimana ditemukan indikasi mineral gipsum dalam bentuk vein.

Keberada mineral gipsum pada batuan yang ada di Cekungan Sengkang belum pernah diteliti secara ilmiah, baik geometri, geokimia dan genesanya. Dalam sebuah eksplorasi sumberdaya mineral dibutuh data dasar komposisi kimia dan geometri. Disisi lain mineral gipsum merupakan bahan galian industri yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan industri di berbagai sektor infrastruktur. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian dengan judul petrografi dan geokimia mineral

gypsum pada batuan sedimen formasi Walanae di Cekungan Sengkang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah pada penelitian ini yaitu yang pertama dilakukannya analisis geokimia untuk membedakan Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dengan beberapa kelompok mineral kalsium lain, seperti Anhidrit, Kalsit dll) yang dimana memiliki kesamaan ciri fisik berwarna putih, kelabu, coklat, kuning, dan transparan, disamping itu tentunya untuk menentukan kualitas berdasarkan komposisi kimianya. Kedua, melakukan pengamatan mikroskopis untuk mengetahui bentuk morfologi kristal dan jenis vein gypsum.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian geologi ini dilakukan dengan membatasi masalah pada penelitian aspek-aspek geometri dari vein gypsum, berdasarkan analisis petrografi dan analisis geokimia dan mengetahui lingkungan pengendapannya.

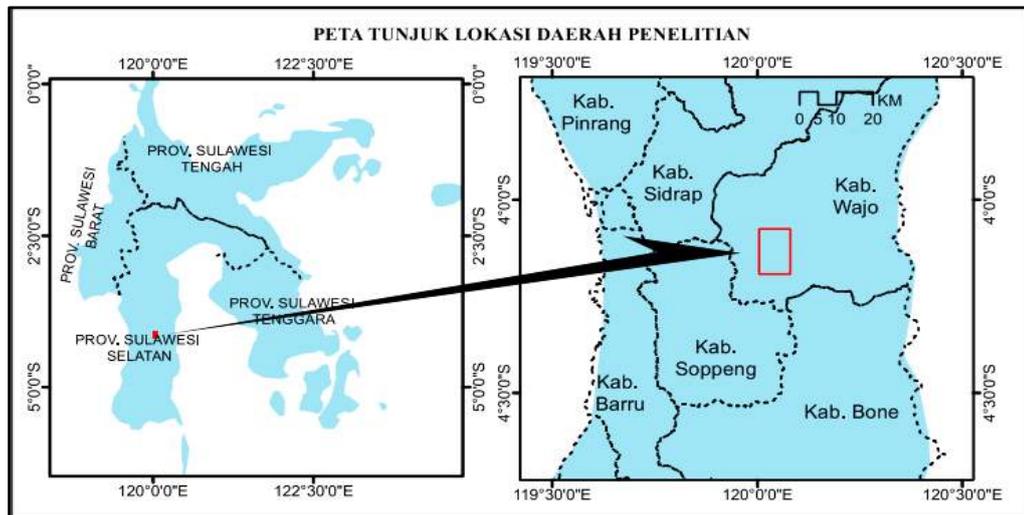
1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui bentuk morfologi kristal vein mineral gypsum.
2. Mengetahui jenis vein mineral gypsum.
3. Mengetahui geokimia dari mineral gypsum dengan menggunakan analisis XRF dan XRD

1.5 Waktu dan Lokasi Penelitian

Secara Administratif daerah penelitian termasuk dalam Daerah Sengkang Kabupaten Wajo, Provinsi Sulawesi Selatan (Gambar 1.1).



Gambar 1.1 Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian.

Secara astronomis terletak pada koordinat $120^{\circ}0'14,4''$ BT – $120^{\circ}4'48''$ BT dan $04^{\circ}4'33,6''$ LS – $04^{\circ}11'31,2''$ LS. Daerah penelitian termasuk dalam Lembar Sengkang. Skala 1:50.000 yang diterbitkan BAKOSURTANAL tahun 1990. Daerah penelitian mencakup luas wilayah kurang lebih 108.68 km². Daerah penelitian dapat dicapai dengan menggunakan transportasi darat dari Makassar menuju Kabupaten Wajo menggunakan kendaraan bermotor beroda dua atau beroda empat yang ditempuh sekitar kurang lebih 5 jam.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini yaitu dengan adanya data geometri dan geokimia gipsum tersebut dapat menjadi data dasar untuk perencanaan tambang dan pengembangan ke arah industrialisasi dan akan manambah database

keberadaan sumberdaya mineral di Sulawesi Selatan serta mendorong sebuah langkah untuk menarik invetasi di daerah ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

2.1.1 Geomorfologi Regional

Daerah penelitian berada pada lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat. Pada daerah ini Pangkajene dan Watampone Bagian Barat terdapat dua baris pegunungan yang memanjang hampir sejajar pada arah utara-barat laut dan terpisahkan oleh lembah Sungai Walanae. Pegunungan yang ada di barat menempati hampir setengah luas daerah, melebar di bagian selatan dan menyempit di bagian utara. Puncak tertingginya 1.694 m, sedangkan ketinggian rata-ratanya 1.500 m. Pembentuknya sebagian besar batuan gunungapi. Di lereng barat dan di beberapa tempat di lereng timur terdapat topografi karst, pencerminan adanya batugamping. Di antara topografi karst di lereng barat terdapat daerah pebukitan yang dibentuk oleh batuan Pra-Tersier. Pegunungan ini di baratdaya dibatasi oleh dataran Pangkajene-Maros yang luas sebagai lanjutan dari dataran di selatannya.

Pegunungan yang di timur relatif lebih sempit dan lebih rendah, dengan puncaknya rata-rata setinggi 700 m, dan yang tertinggi 787 m. Pegunungan ini sebagian besar berbatuan gunungapi. Bagian selatannya selebar 20 km dan lebih tinggi, tetapi ke utara menyempit dan merendah, dan akhirnya menunjam ke bawah batas antara Lembah Walanae dan dataran Bone. Bagian utara pegunungan ini bertopografi karst yang permukaannya sebagian berkerucut. Batasnya di timur laut adalah dataran Bone yang sangat luas, yang menempati hampir sepertiga

bagian timur Lembah Walanae yang memisahkan kedua pegunungan tersebut di bagian utara selebar 35 km, tetapi di bagian selatan hanya 10 km. Di tengah terdapat Sungai Walanae yang mengalir ke utara. Bagian selatan berupa perbukitan rendah dan di bagian utara terdapat dataran alluvium yang sangat luas mengelilingi Danau Tempe.

2.1.2 Struktur Geologi Regional

Akhir dari aktivitas gunungapi pada Kala Miosen Awal diikuti oleh aktivitas tektonik yang menyebabkan terjadinya permulaan terban Walanae. Terban Walanae ini memanjang dari utara ke selatan lengan Sulawesi bagian Barat sehingga struktur sesar ini sangat berpengaruh terhadap struktur geologi sekitarnya. Proses tektonik ini juga yang menyebabkan terbentuknya cekungan tempat pembentukan Formasi Walanae. Peristiwa ini berlangsung sejak awal Miosen Tengah dan menurun perlahan selama proses sedimentasi hingga Kala Pliosen (Sukamto, 1982).

Sesar utama yang berarah utara – barat laut terjadi sejak Miosen Tengah dan tumbuh sampai *Post-Pliosen*. Adanya perlipatan besar yang berarah hampir sejajar dengan sesar utama diperkirakan terbentuk sehubungan dengan adanya tekanan mendatar berarah timur – barat pada kala sebelum Pliosen Atas. Perlipatan dan pensesaran yang relatif lebih kecil di bagian timur Lembah Walanae dan di bagian barat pegunungan barat, yang berarah barat laut – tenggara dan merencong (Sukamto, 1982).

Secara lokal, batuan karbonat terumbu dari Anggota Tacipi terbentuk pada Cekungan Sengkang Timur, di mana fasies laut dangkal ini diinterpretasikan

tertindih selaras oleh batulempung karbonatan Formasi Walanae berumur Miosen Akhir. Batulempung terakumulasi pada Depresi Walanae yang tersesarkan pada bagaian utara Pegunungan Bone. Selama Kala Pliosen, evolusi struktural Sulawesi Selatan ditandai dengan deformasi *compressive* (Suyono & Kusnama, 2010).

Zona Sesar Walanae merupakan sebuah sistem patahan yang berarah dari utara barat laut – selatan menenggara dan memisahkan bagian timur dan barat Sulawesi Selatan dan mengakibatkan deposisi pada Miosen Akhir sampai Kuartar. Grainge & Davies (1985) mengemukakan bahwa sesar ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu bagian barat yang dikenal sebagai *West Walanae Fault* (WWF) dan bagian timur yang dikenal sebagai *East Walanae Fault* (EWF). Patahan ini kemudian membagi dua cekungan yang berada di EWF yaitu Cekungan Sengkang Barat dan Timur (WSB dan ESB). Cekungan Sengkang Barat terdiri dari Depresi Walanae dan Danau Tempe (Suyono & Kusnama, 2010; Jaya & Nishikawa, 2013).

2.1.3 Stratigrafi Regional

Stratigrafi regional daerah penelitian menurut Rab. Sukamto (1982) pada Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat yang telah dimodifikasi Jaya dan Nishikawa (2013) (Gambar 2.1) yaitu sebagai berikut :

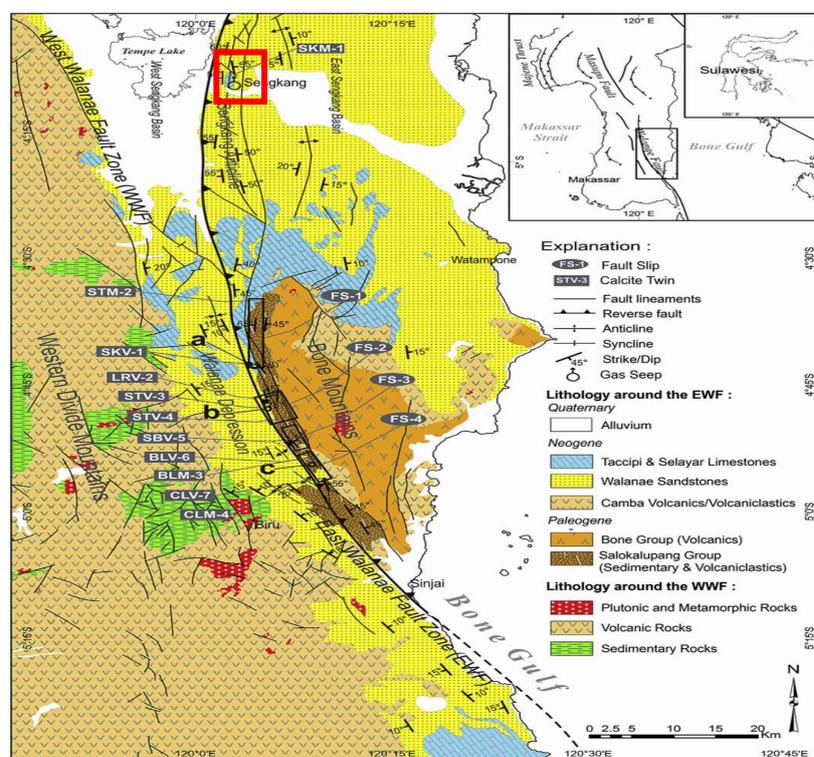
1) **Tmpw:** Formasi Walanae

Formasi ini terdiri dari batupasir berselingan dengan batulanau, tufa, napal, batulempung, konglomerat dan batugamping (Sukamto, 1982).

2) **Tmpt:** Formasi Walanae (Anggota Tacipi)

Formasi ini terdiri dari batugamping koral dengan sisipan batugamping berlapis, napal, batulempung, batupasir dan tufa: putih, kelabu muda dan kelabu kecoklatan; beberapa mengandung banyak moluska (Sukamto, 1982).

Fosil foram kecil banyak ditemukan di dalam napal dan sebagian batugamping; setempat moluska ditemukan melimpah di dalam batupasir, napal dan batugamping; di daerah selatan setempat ditemukan ada tumbuhan di dalam batupasir silangsiur dan beberapa lensa batubara di dalam batulempung; batulanau ditemukan di dalam batupasir dekat Pompanua dan Sengkang, daerah utara, selain itu pada formasi ini ditemukan fosil-fosil lain seperti moluska, ganggang dan koral. Bagian bawah formasi ini diperkirakan menjemari dengan Formasi Camba dan bagian atasnya menjemari dengan Batuan Gunungapi Parepare; tebal diperkirakan <4.500 m (Sukamto, 1982).



Gambar 2.1 Peta Geologi Sesar Walanae Timur (modifikasi after sukamto, 1982; Sukamto dan Supriatna, 1982) (Jaya & Nishikawa, 2013).

2.2 Teori Ringkas

2.2.1 Mineral Gypsum

Gypsum adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya dan merupakan salah satu bahan galian industri. Gypsum yang paling umum ditemukan adalah jenis hidrat kalsium sulfat dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) terjadi di alam dalam berbagai bentuk polikristalin (Machel, 1985).



Gambar 2.2 Mineral Gypsum

Gypsum merupakan salah satu dari beberapa mineral yang teruapkan. Contoh lain dari mineral-mineral tersebut adalah karbonat, borat, nitrat, dan sulfat. Mineral-mineral ini diendapkan di laut, danau, gua dan di lapisan garam karena konsentrasi ion-ion oleh penguapan. Ketika air panas atau air memiliki kadar garam yang tinggi, gypsum berubah menjadi basanit ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) atau juga menjadi anhidrit (CaSO_4). Dalam keadaan seimbang, gypsum yang berada di atas suhu $108\text{ }^\circ\text{F}$ atau $42\text{ }^\circ\text{C}$ dalam air murni akan berubah menjadi anhidrit.

2.2.2 Proses Pembentukan Gypsum

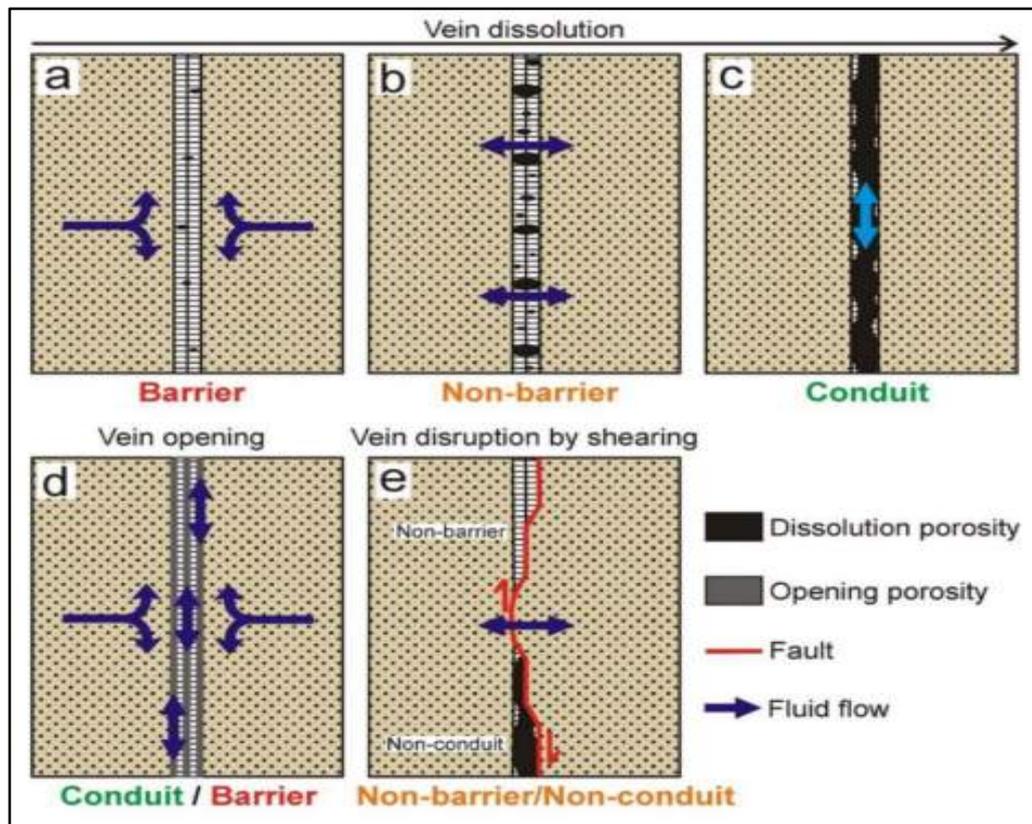
Gypsum adalah mineral hidrous kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yang terjadi di alam, berbentuk endapan sedimen mendatar dan dekat dengan permukaan bumi dan memiliki sebaran yang luas. Gypsum sering berasosiasi dengan batu kapur, batu serpih, batu pasir, marmer, dan lempung. Mineral lain yang selalu berasosiasi dengan gypsum ialah anhidrit (CaSO_4), mineral sulfat sejenis gypsum tetapi tidak mengandung kristal H_2O .

Sebagian besar endapan gypsum terbentuk dari air laut dan hanya sedikit yang berasal dari endapan danau yang mengandung garam. Gypsum juga dapat terjadi dari hasil kegiatan vulkanik, gas H_2S dari fumarol bereaksi dengan kapur dan hasil pelapukan batuan. Endapan gypsum dapat ditemukan dalam 5 bentuk yaitu:

1. Batuan pembawa gypsum yang berbentuk granular dan buram serta mengandung sedikit dolomit, batu kapur dan kadar CaSO_4 sebesar 76%.
2. Gipsit yang bersifat lunak dan kurang murni.
3. Alabaster mempunyai bentuk padat, berbutir halus, berwarna putih dan agak bening.
4. Satinspar berbentuk serat dan berkilap (fiber), seringkali ditemukan dalam lapisan tipis dengan bentuk kristal.
5. Selenit yang berbentuk kristal dan transparan.

Diketahui bahwa pola sebaran mineral gypsum cukup beragam, dapat berbentuk urat atau vein, nodule dan layer atau lapisan (Gambar 2.3). Mineral gypsum umumnya terbentuk karena proses evaporasi, sebagian melalui proses

mineralisasi, diagenesis, pelapukan dan dissolusi, namun saat ini proses pembentukan tipe gipsum vein masih belum bisa dipastikan.



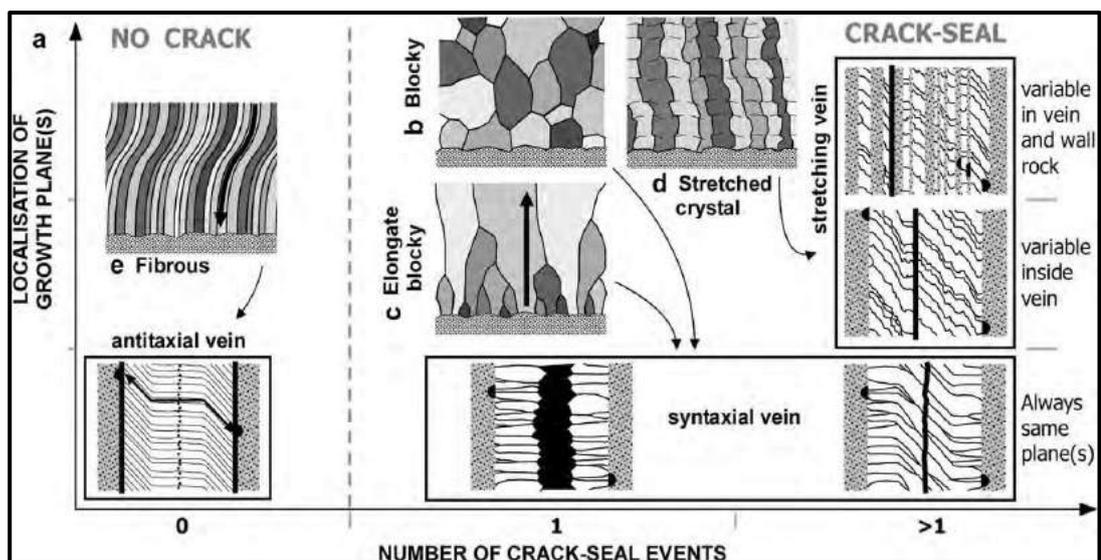
Gambar 2.3 Skema konseptual yang menggambarkan bentuk-bentuk ideal vein mineral gipsum, rekahan atau vein mengontrol media aliran cairan bawah permukaan dalam, tergantung pada perubahan fisik dan / atau kimianya (a – e). Gambaran untuk model horizontal dan vertikal (Rustichelli et al., 2016).

2.2.3 Arah Pertumbuhan, Morfologi dan Mekanisme Pertumbuhan Vein Gipsum

Bons dan Montenari (2005) mengemukakan bahwa tidak semua vein fibrous adalah crack-seal vein. Di bawah ini akan dibahas mengenai berbagai macam vein sehubungan dengan arah pertumbuhan kristal, morfologi kristal, dan mekanisme pertumbuhan vein.

A. *Sintaxial Vein*

Sintaxial Vein adalah vein dimana mineral yang mengisi vein tumbuh dari batuan samping (Gambar 2.4). Biasanya, pertumbuhan dari kedua sisi vein tersebut menuju pusat, tetapi terkadang hanya ditemukan tumbuh dari satu sisi ke sisi lain (Fisher and Brantley, 1992). Mineral pengisi vein mengendap di batuan samping dan tumbuh ke dalam. Saat kristal tumbuh berdampingan dengan arah yang sama, kristal menjadi memanjang ke arah pertumbuhan. Laju pertumbuhan yang berbeda menghasilkan perbandingan kemampuan tumbuh dimana beberapa kristal ditemukan lebih besar dari yang lain (Bons et al., 2012). Yang hasilnya berupa kristal dalam bentuk memanjang dan menyempit sesuai arah pertumbuhannya, untuk membedakan morfologinya dengan yang lain, maka Fisher and Brantley (1992) memperkenalkan istilah *Elongate Blocky* atau biasa disebut Blok Memanjang (Gambar 2.4c) (Bons et al., 2012).



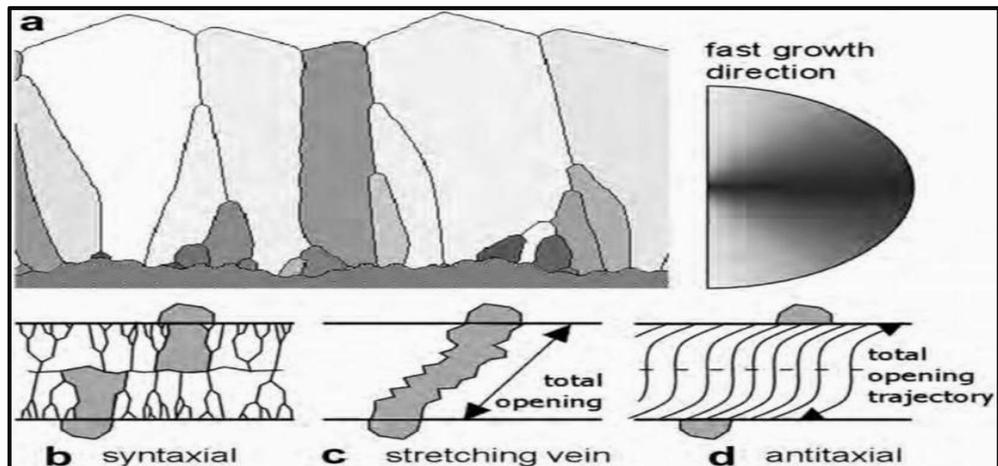
Gambar 2.4 (a) Skema sederhana dalam menghubungkan jenis vein (*antitaxial*, *sintaxial* atau *stretching vein*) dan morfologi kristal untuk lokalisasi bidang pertumbuhan dan jumlah *crack-seal* yang terjadi. Tipe Kristal vein yang utama: (b) *blocky*, (c) *elongate blocky*, (d) *stretched crystal*, (e) *fibrous* (Bons et al., 2012).

B. *Stretching Vein*

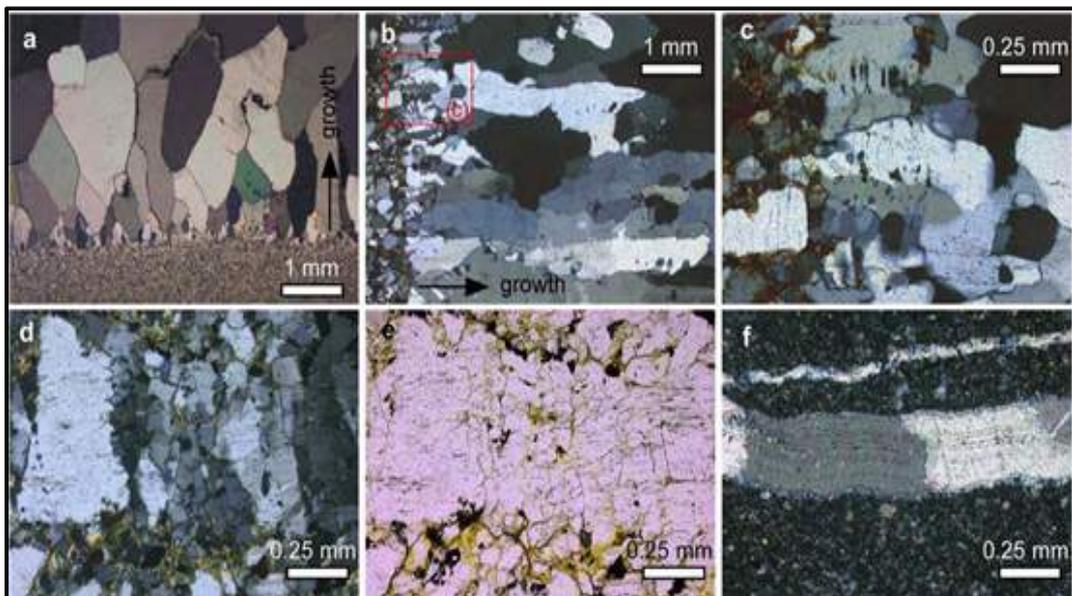
Stretching Vein adalah vein yang terbentuk dari proses *crack-sealing* dimana bidang retaknya tidak selalu pada bidang material yang sama (Gambar 2.4a) (Ramsay, 1980).

Perbedaan *stretching vein* dengan *sintaxial vein* adalah *sintaxial vein*, dimana permukaan rekahannya merupakan bagian depan dari pertumbuhan kristal yang tumbuh dari kedua sisi bertemu, sedangkan dalam *stretching vein* permukaan rekahan dapat memotong material yang sebelumnya terendapkan (*stretching vein* lokal) dan bahkan melalui batuan samping (Gambar 2.5). Akibatnya, tidak ada terjadi *growth competition*.

Butiran yang ada dipotong dan celah antara kedua diisi selama proses *sealing*. Butiran yang membentang dapat mencapai rasio panjang/lebar yang sangat tinggi yang sering disebut "*fibrous*". Adapun *Stretched crystal* biasanya mengembang dengan bentuk batas bergerigi atau struktur radiator (Gambar 2.6d). Batas bergerigi seperti itu tidak selalu mudah untuk dibedakan disebabkan oleh rekristalisasi yang dinamis jika vein mengalami deformasi pada tahap selanjutnya (Williams and Urai, 1989). Selama pertumbuhannya tidak sistematis pada material yang baru diendapkan dalam *stretching vein*, bentuk dari *stretched crystal* tidak dapat digunakan untuk menentukan *total opening trajectory*. Sebaliknya, hanya total perpindahan relatif pada dinding vein yang dapat ditentukan (Gambar 2.6c) (Bons *et al.*, 2012).



Gambar 2.5 (a) Simulasi numerik dari persaingan pertumbuhan. *Shading* mengindikasikan arah pertumbuhan yang cepat. Kristal gelap dengan sudut yang rendah terhadap batuan samping tumbuh dengan cepat melebihi kristal yang terang. (b) kristal *elongate blocky* pada *syntaxial vein* tidak memiliki atau hanya memiliki kapasitas pelacakan yang lemah. (c) *Stretched crystal* hanya memperlihatkan perpindahan keseluruhan dinding vein. (d) *fibrous* dalam *antitaxial vein* biasanya mengikuti *total opening trajectory* (Bons *et*)



Gambar 2.6 Mikrograf *syntaxial* dan *stretched vein*. (a) vein kalsit sintaksis dalam batugamping (Biure, Spanyol), menunjukkan *growth competition* yang kuat dalam arah pertumbuhan (panah). (b) vein kuarsa sintaksis dalam kuarsit (Freestone, Victoria, Australia) dengan pengerasan kristal *elongate* dalam arah pertumbuhan. (c) Detail material vein tertua di (b) menunjukkan pita inklusi mengindikasikan beberapa peristiwa *crack-seal* pada awal pertumbuhan vein. (d) dan (e) *stretching vein* dalam kuarsit (lokasi yang sama dengan (b)). Butir besar di sebelah kiri menunjukkan struktur radiator yang jelas. (f) vein kalsit *crack-seal* (Sestri Levante, Italia) dengan pita inklusi paralel yang mengindikasikan sekitar satu lusin jejak *crack-seal*. Kristal kalsit yang besar tidak menunjukkan arah pertumbuhan yang konsisten (Bons *et al.*, 2012).

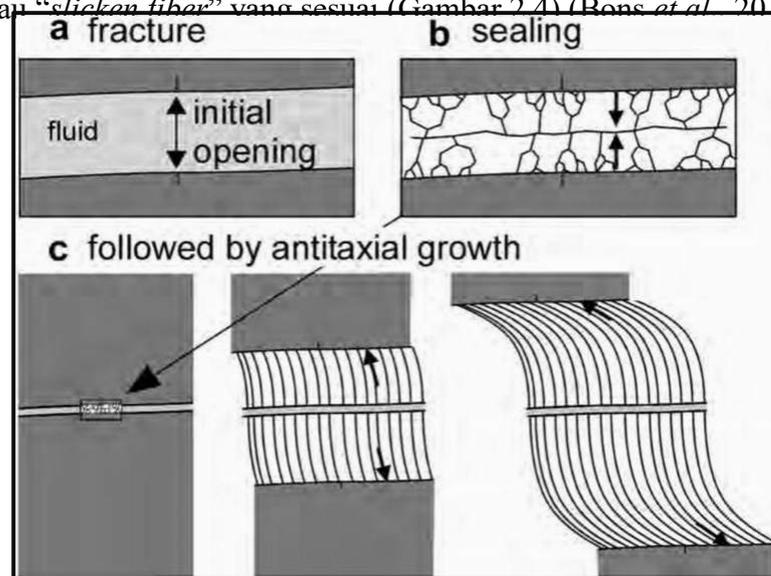
C. *Antitaxial Vein*

Dalam definisi asli oleh Durney dan Ramsay (1973), “kristal dalam *antitaxial vein* merupakan kontinuitas optik sepanjang vein dan nampak tumbuh dari garis tengah antar kamarnya menuju dinding rekahan”, sebagai lawan dari *sintaxial vein* dimana “pengisian vein adalah pertumbuhannya dari masing-masing dinding rekahan”. Definisi tersebut sayangnya berpotensi ambigu, karena ada vein dimana kristal tumbuh dari satu sisi ke sisi lain (Bons dan Montenari, 2005), yang merupakan substrat dari mana kristal vein tumbuh ke arah luar di kedua arah ketika vein melebar (Gambar 2.7), dimana *sintaxial* dan *stretching vein* hanya memiliki satu bidang pertumbuhan pada suatu waktu, sehingga antitaxial vein memiliki dua yang terletak di permukaan luar vein. Antitaxial vein biasanya menunjukkan bentuk simetri melintasi zona median, namun bentuk asimetri tidak jarang ditemukan karena dua permukaan pertumbuhan mungkin mengalami tingkat pertumbuhan yang berbeda (Barker *et al.*, 2006). Mempertimbangkan hal ini, beberapa vein yang telah disebut antitaxial dalam literatur dengan demikian harus disebut “(*asymmetric*) *syntaxial*”.

Antitaxial vein biasanya memiliki kristal berserat (*fibrous*) dengan rasio panjang/lebar yang ekstrem, meskipun mineral pembentuk vein (biasanya kalsit) biasanya tidak menunjukkan kebiasaan ini (Gambar 2.4e), batas serat biasanya halus, tidak memiliki struktur radiator yang umumnya untuk *stretched crystals*.

Kristal panjang dan sempit pada vein umumnya disebut “*fibrous*” dalam literatur. istilah ini mungkin memiliki konotasi genetik yang tidak diinginkan, untuk menghindari ambigu, Bons (2000) menyarankan untuk hanya

menggunakan istilah “*fibrous*” untuk vein yang benar-benar berserat dengan batas-batas yang halus dan menggunakan istilah “*elongate blocky*”, “*stretched crystal*”, atau “*slicken fiber*” yang sesuai (Gambar 2.4) (Bons *et al.*, 2012).



Gambar 2.7 Tahapan dalam pembentukan *anitaxial vein*. (a) Patah awal. (b) *Sealing* dari fraktur dalam satu tahap atau lebih, membentuk zona median. (c) Zona median membentuk substrat untuk pertumbuhan antitaksial, tempat kristal di zona median tumbuh keluar di kedua sisi (panah). Serat melacak lintasan pembuka dan karena itu dapat melengkung (Bons *et al.*, 2012).

2.2.4 Fibrous Gypsum

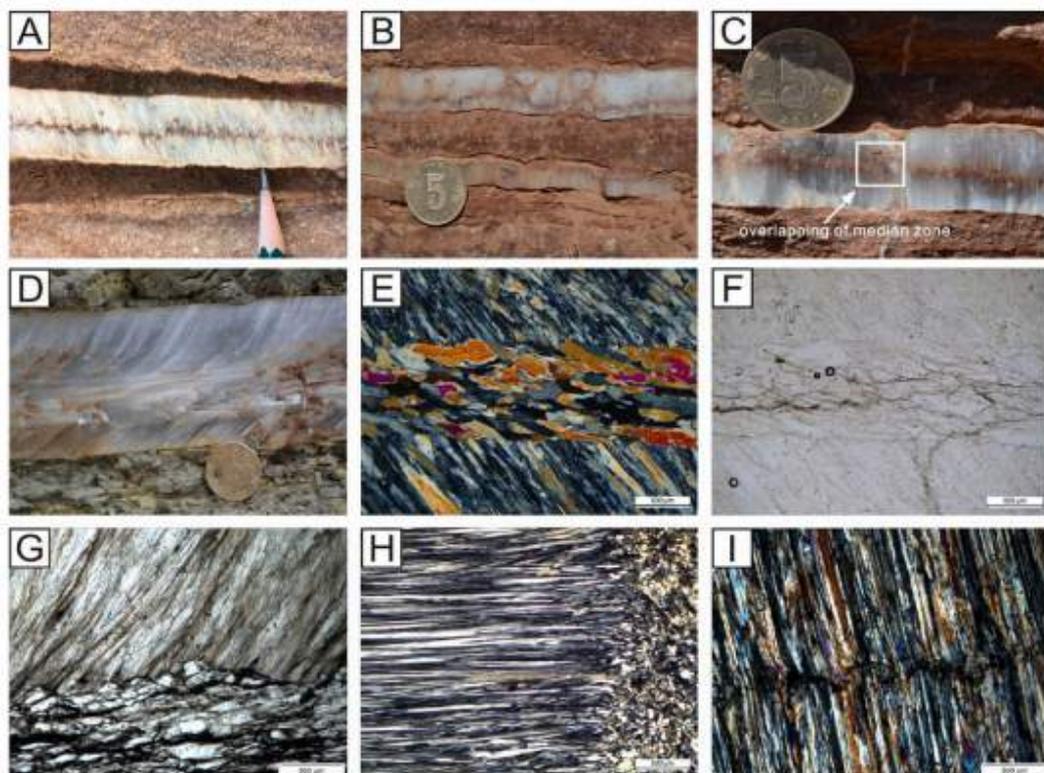
Rekahan terisi fibrous satin spar CaSO_4 (tipe gipsum) atau halit tersebar luas di batulempung dan serpih yang berdekatan dengan unit evaporit yang mengalami disolusi. Rekahan mungkin subhorizontal dan terletak kira-kira sejajar dengan kontak terhadap unit evaporit atau mungkin dapat terbentuk dari konjugasi. Rekahan terbentuk dan terisi dengan semen berserat sebagai respon terhadap tekanan yang dibentuk pada dasar formasi oleh pembentukan rongga statiform terdekat.

Pengisian rekahan biasanya dikategorikan dan terdiri dari dua atau lebih lapisan sejajar baik fibrous CaSO_4 atau fibrous halit. Rekahan yang terisi kristal diorientasikan dengan sumbu panjang yang tegak lurus dengan dinding rekahan. Kristal kalsit kasar dapat sesekali mengisi pusat rekahan. Zonasi rekahan internal mencerminkan pembukaan episodik dan berkelanjutan serta pengisian rekahan. Beberapa isian berserat mengalami perubahan bentuk sigmoid yang menunjukkan pengisian rekahan sedang berlangsung ketika blok yang berdekatan meluncur dan diputar sebagai respon terhadap perubahan dalam rongga disolusi yang berdekatan (El Tabakh *et al.*, 1998; Warren, 2016).

Fibrous halit dan satin spar terkait dengan pembentukan rekahan dan rongga dalam sistem hidrologi aktif. Rekahan diisi dengan satin spar terkait dengan pengangkatan dan salah satu penyebab rekahan terbuka yang disebabkan subsidensi yang terkait dengan disolusi garam dan pengangkatan atau rekahan hidrolik yang terkait dengan perubahan anhidrit ke gipsum (Cosgrove, 2001; Philipp, 2008), dengan demikian satin spar yang mengisi rekahan dapat menjadi proses pasif dalam rekahan terbuka yang berasal dari proses yang lebih aktif dengan rekahan yang dipaksa terbuka oleh CaSO_4 yang terlalu tertekan, air artesis yang jenuh (Warren, 2016). Ditumpangkan pada proses ini dapat menjadi kekuatan dalam kristalisasi gipsum. Shearman *et al.*, (1972) mengemukakan bahwa vein pemindahan satin spar adalah fitur hidrasi anhidrit, yang mungkin disebabkan oleh hydrofracturing dimana anhidrit digali dan diubah menjadi gipsum.

Mereka mencatat bahwa pada banyak batu gipsum sekunder, bekas anhidrit diganti berdasarkan volume untuk volume dasar, dan volume tambahan gipsum muncul sebagai vein berserat atau satin spar yang memotong batu terkait. Gipsum 27 tumbuh di rekahan yang berisi air, setiap kali lapisan penutup didukung oleh air bertekanan (Warren, 2016).

Vein fibrous gipsum mengandung dua bagian, zona median dan dua zona fibrous (Gbr. 2.8), yang merupakan ciri khas antitaxial vein (Durney dan Ramsay, 1973; Oliver dan Bons, 2001; Bons dan Montenari, 2005; Bons et al., 2012).



Gambar 2.8 Karakteristik petrografi vein fibrous gipsum [A] Paralel vein fibrous gipsum [B] Zona median vein fibrous gipsum. Zona median vein atas ditutup ke dinding vein bawah, sedangkan zona median vein bawah ditutup ke dinding vein atas [C] Tumpang tindih zona median dalam vein gipsum berserat [D] Zona median vein fibrous gipsum dengan lebar tertentu [E] Fibrous gipsum vein memperlihatkan zona median dan zona fibrous. Kristal di zona median

menunjukkan distribusi yang berorientasi dan serat gipsum melengkung [F] Gbr. 7E dalam cahaya terpolarisasi. Perhatikan bahwa inklusi hostrock sejajar dengan antarmuka antara zona median dan zona fibrous [G] Zona median pada vein fibrous gipsum, terdiri dari kristal blocky dan beberapa fragmen hostrock. Fibrous (serat) gipsum melengkung [H] Zona median pada fibrous gipsum vein, terdiri dari kristal blok dengan orientasi acak [I]) Zona median tanpa terisi kristal. Fibrous gipsum dengan batas lurus dan halus. Cahaya terpolarisasi silang.

a. Zona Median

Zona median berserat vena gipsum biasanya terletak di tengah vena dan kira-kira sejajar dengan dinding vena (Gbr. 2.8A). Namun, zona median tidak selalu terletak di tengah vena gipsum (Gbr. 2.8B), yang mungkin dihasilkan dari tingkat pertumbuhan serat yang berbeda di kedua sisi (Barker et al., 2006). Pada vena gipsum individu, tumpang tindih zona median biasanya terjadi, menunjukkan zona median miring ke dinding vena (Gbr. 2.8C). Ciri seperti itu ditafsirkan dibentuk oleh penggabungan vena-vena datar en eselon yang terletak rata selama propagasi lateral.

Zona median biasanya terdiri dari gipsum kuning atau tidak beraturan kristal, dan lebarnya bervariasi dari 50 μm hingga 2 cm (Gbr. 2.8D – H), yaitu dianggap sebagai substrat untuk pertumbuhan kristal berserat (Bons dan Montenari, 2005; Bons et al., 2012). Kristal gipsum di zona median umumnya didistribusikan secara acak, menunjukkan fitur vena tensional (Gbr. 2.8H), sedangkan beberapa kristal gipsum kuning menunjukkan distribusi berorientasi sub-paralel ke vena (Gbr. 2.8E), mungkin menunjukkan komponen geser. Banyak fragmen batuan dinding diamati di zona median (Gbr. 2.8E – G), yang umumnya dianggap telah terbentuk oleh peristiwa segel retak (Oliver dan Bons,

2001; Bons dan Montenari, 2005; Meng et al., 2017b). Namun, zona median kadang-kadang hanya terdiri dari garis tanpa kristal pengisi (Gbr. 2.8I).

b. Zona Fibrous

Zona fibrosa dari vena gipsum berserat terletak di kedua sisi zona median (Gbr. 2.8), menunjukkan perbedaan yang signifikan dari zona median dalam tekstur dan komposisi. Zona fibrosa pada vena gipsum berserat umumnya ditandai dengan kristal berserat dengan rasio panjang / lebar yang tinggi (Gbr. 2.8F-I). Lebar serat individu umumnya tetap konstan dalam arah pertumbuhan. Biasanya, serat gipsum lurus dan pada sudut tinggi atau sub-tegak lurus dengan dinding vena (Gbr. 2.8A – C). Beberapa serat melengkung, bagaimanapun, muncul di zona berserat (Gbr. 2.8D – F), yang diinterpretasikan sebagai hasil dari komponen geser (Meng et al., 2017b). Di zona berserat, serat gipsum umumnya sejajar dengan batas kristal halus (Gbr. 2.8D – I), dan tidak ada persaingan pertumbuhan yang jelas antara serat gipsum tetangga (Gbr. 2.8E – I), menunjukkan perbedaan yang signifikan dari kristal yang diregangkan yang mana dicirikan oleh batas bergerigi (Bons dan Montenari, 2005)

2.2.5 Manfaat Gipsum

Mineral gipsum memiliki arti strategis saat ini sebagai bahan baku yang ramah lingkungan, dapat sebagai propil pengganti triplek dari kayu. Selain itu dapat digunakan untuk portland, kapur, bedak, untuk cetakan alat keramik,

tuangan logam, gigi, campuran pupuk pertanian dan sebagainya. Walaupun saat ini gipsum kebanyakan diproduksi hasil sampingan pabrik asam fosfat.

2.2.6 Geokimia Trace Element

Geokimia mineral gipsum bertujuan untuk menentukan komposisi kimia dan genesa pembentukan atau keterdapatan mineral. Untuk itu dirancang metode analisis yaitu untuk komposisi menggunakan pendekatan analisis trace element

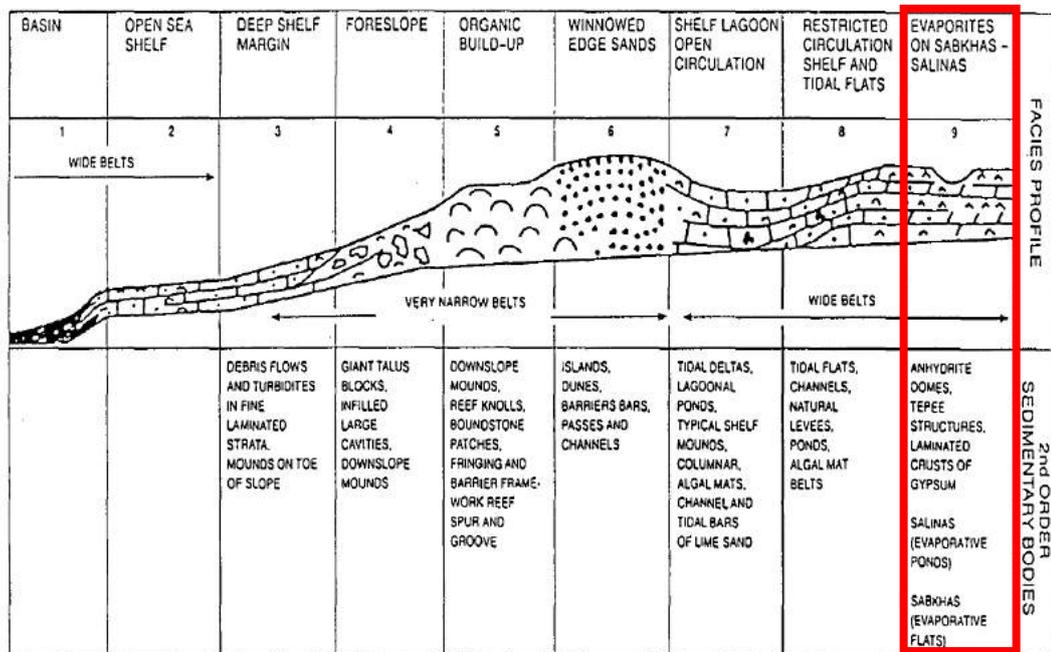
Mineral gipsum berasosiasi dengan beberapa mineral kalsium seperti halit, celestine, kalsit, aragonit, anhidrit, dolomit, sulfur. Secara fisik diantaranya memiliki kesamaan, sehingga untuk membedakan dibutuhkan rekaman geokimia, gipsum murni di alam akan memiliki komposisi SO_3 sekitar 46% (Gambar 2.9), gipsum dan anhidrit memiliki kemiripan, secara kimia hanya dibedakan kandungan H_2O , secara fisik gipsum memiliki birefringence dan densitas yang tinggi. Untuk melakukan trace elemen pada gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) akan digunakan uji X-Ray Fluorescence (XRF) dan X-Ray Diffractometer (XRD), terutam untuk membedakan dengan anhidrit (Gambar 2.9).

	(1)	(2)
SO ₃	46.00	46.50
CO ₂	0.28	-
CaO	32.36	32.57
H ₂ O	20.82	20.93
Insol	0.16	-
Total	99.62	100.0

Gambar 2.9 Standar komposisi kimia mineral gipsum. (Deer *et al.*, 2013).

2.2.7 Fasies Karbonat Gypsum

Dalam klasifikasi Wilson setiap fasies terbentuk pada lingkungan yang khas yang dimana proses selama pembentukan akan meninggalkan atribut (tekstur dan struktur) yang berbeda setiap masing-masing lingkungan. Dalam perkembangannya, ahli kebumihuan yang bernama Wilson membagi lingkungan pengendapan batuan karbonat menjadi 9 lingkungan yakni basin, open sea shelf, deep shelf margin, foreslope, organic build-up, winnowed edge sands, shelf lagoon open circulation, restricted circulation shelf and tidal flats, dan evaporites on sabkhas - salinas.



Gambar 2.10 Penampang ideal fasies karbonat menurut Wilson, 1975

Platform Evaporit Platform Evaporite merupakan lingkungan supratidal dengan telaga pedalaman dari darah ambang terbatas atau restricted marine yang berkembang ke dalam lingkungan evaporit (sabhka, salinitas dan bergaram).

Mempunyai iklim panas dan kering, kadang-kadang terjadi air pasang. Proses penguapan air laut yang terjadi akan menghasilkan gypsum dan anhidrit.

Suksesi evaporit platform epeiric biasanya didominasi oleh lapisan CaSO_4 tebal yang diselingi dengan karbonat laut dangkal normal dan memiliki luas lateral yang signifikan (Warren, 2010).

Gypsum adalah mineral sulfat yang sangat umum, terutama ditemukan di lingkungan sedimen dan evaporitik (Chang et al., 1998). Mekanisme yang terjadi secara umum untuk pembentukannya adalah penguapan air laut, oksidasi sulfida menjadi sulfat, aksi sulfat- asam kaya pada batuan bantalan karbonat dan hidrasi anhidrit (Chang et al., 1998). Gypsum evaporitik adalah yang paling umum. Hal ini terutama disebabkan oleh konsentrasi kalsium dan sulfat yang tinggi air laut normal (masing-masing 10,55 mmol / L dan 28 mmol / L), yang dapat meningkat dengan penguapan di berbagai lingkungan pesisir seperti sabkhas (Gueddari et al., 1983) atau cekungan pedalaman.