

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Mineral Felspar

Ditinjau dari etimologi atau asal kata, felspar berasal dari kata Jerman "*feldspath*" - batu lapangan, yang mengandung arti kristal besar yang mudah dibelah. Bila ditinjau dari mineralogi istilah felspar diperuntukkan bagi suatu kelompok mineral yang saling erat kaitannya, terutama terdiri dari alumina silikat anhidrat berkombinasi dengan kalium, natrium, dan kalsium dalam perbandingan yang beragam^(?).

Ada dua kelompok besar felspar yang dikenal, yaitu ;

1. Kelompok Alkali Felspar
2. Kelompok Plagioklas

1. Kelompok Alkali Felspar

Pada suhu tinggi dalam kelompok alkali felspar terdapat suatu deret sinambung larutan padat antara kalium felspar dan natrium felspar, tetapi pada suhu rendah hanya larutan padat yang terbatas yang mungkin ada. Mineral yang termasuk dalam kelompok alkali felspar ialah :

- a. Sanidin, nama yang diberikan untuk kalium felspar atau kalium-natrium felspar suhu tinggi. Anortoklas adalah natrium-kalium felspar suhu tinggi.

- b. Ortoklas, nama umum untuk kalium felspar yang bersistem kristal monoklin
- c. Mikroclin, nama umum untuk kalium felspar bersistem kristal triklin
- d. Adularia, kalium felspar suhu sangat rendah, bersistem kristal monoklin.

Alkali felspar terutama terdapat dalam batuan beku alkali (granit, syenit, dan lain sebagainya)

2. Kelompok Plagioklas

Natrium felspar dan kalium felspar membentuk suatu larutan padat deret sinambung yang disebut felspar plagioklas. Plagioklas berkomposisi mulai dari plagioklas "murni" natrium (albit) sampai plagioklas "murni" kalsium (anortit), dan komposisi antara keduanya dengan perbandingan albit/anortit 7/1 (oligoklas), 2/1 (andesin), 1/2 (labradorit), dan 1/7 (bytownit). Semua anggota kelompok plagioklas bersistem kristal triklin⁽⁷⁾.

Natrium plagioklas terutama terdapat di dalam batuan yang kaya dengan alkali (granit, syenit, dan lain-lain).

Seluruh varietas felspar memiliki sifat fisik yang hampir sama yaitu :

- bentuk pecahan : beraturan.
- kilap : vitreous-pearly
- kekerasan : 6,0 - 6,5 Mohs
- Refractive index : 1,524 - 1,584

- Berat Jenis : 2,4 - 2,8 g/ml
- Titik lebur : 1110°C - 1532°C
- Warna mentah : putih, krem, jingga, putih susu, coklat, merah jambu, kuning, dan hijau.

Rumus umum felspar dapat dituliskan sebagai $X Y_4 O_8$

dimana ; X umumnya terdiri dari Na^+ , K^+ , atau Ca^{2+}

Y hampir selalu Al^{3+} dan Si^{4+}

Dari rumus di atas, maka tiga jenis felspar yang berkomposisi kimia sebagai berikut :

$K_2O Al_2O_3 6 SiO_2$ = Ortoklas dan mikrolin

$Na_2O Al_2O_3 6 SiO_2$ = Albit

$CaO Al_2O_3 2 SiO_2$ = Anortit

Di alam jarang ditemukan spesies felspar yang mendekati komposisi yang ideal, dan hampir semua kalium felspar mengandung natrium dalam jumlah yang berarti. Penyimpangan dari komposisi ideal juga terdapat pada deret felspar plagioklas. Albit dan anortit secara teori adalah anggota ujung dari deret plagioklas. Dalam kenyataan tidak satupun albit yang murni Na-felspar dan anortit yang murni Ca-felspar, keduanya selalu mengandung sejumlah kecil campuran kalium⁽⁸⁾.

Perbedaan antara alkali felspar dengan plagioklas dapat dilakukan dengan pengujian secara kimiawi yang disebut teknik pewarnaan (*staining*) dengan menggunakan asam fluorida dan larutan natrium kobaltinitrit. Dengan teknik ini maka K-felspar nampak berwarna kuning cerah dan

plagioklas berwarna merah. Teknik pembedaan secara kimia - fisik dilakukan dengan difraksi sinar-X, dalam hal ini plagioklas dapat dibedakan dari K-felspar berdasarkan puncak difraksi dengan jarak antara bidang kristal $d = 4,03 \text{ \AA}$ yang khas untuk kelompok plagioklas. Identifikasi anggota kelompok plagioklas agak rumit dan memerlukan ketelitian yang tinggi. Dengan teknik difraksi sinar-X dapat dibedakan albit suhu tinggi dengan albit suhu rendah.

2.1.1 Jenis Endapan Felspar Berdasarkan Keterjadiannya

Felspar merupakan mineral silikat pembentuk batuan yang utama dan salah satu dari mineral yang paling banyak terdapat di dalam kerak bumi dan dalam beragam jenis batuan. Mineralogi masing-masing jenis batuan mempunyai sifat khas, dicerminkan oleh jenis dan perbandingan felspar yang ada. Keterdapatannya felspar dalam batuan mempunyai arti penting dalam menentukan proses pengolahan untuk mendapatkan konsentrat felspar yang diinginkan. Felspar kebanyakan terdapat dalam :

- a. Pegmatit, termasuk granit tulis (graphic granite)
- b. Alaskit, granit yang hanya terdiri dari kuarsa dan alkali felspar
- c. Aplit
- d. Granit
- e. Pasir berfelspar (felspathic sand)

Sumber felspar selain dari batuan yang telah disebutkan di atas ialah pasir arkos, yaitu batu pasir yang mengandung felspar lebih dari 25% dengan perbandingan K/Na yang tinggi. Dalam pasir arkos Na-felspar telah banyak berkurang karena telah mengalami perubahan menjadi mineral lempung. Nefelin syenit adalah batuan beku yang masih mengandung alkali felspar yang tinggi, terdiri dari campuran K-felspar dan Na-felspar dan nefelin $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$. Nefelin banyak digunakan dalam industri gelas terutama karena kadar Na dan Al yang sangat tinggi.

Proses pengolahan felspar dari batuan pegmatit yang demikian relatif sangat sederhana, yaitu umumnya dengan penggilingan dan pemilihan dengan tangan untuk memisahkan felspar dari mineral lainnya (*hand cobbled*). Pengolahan akan menjadi sulit bila felspar terdapat dalam batuan yang telah mengalami perubahan dan mengandung bermacam-macam mineral ikutan yang berbutir halus. Dalam hal ini umumnya proses pengolahan terdiri dari penggilingan halus, flotasi, pemisahan dengan magnet intensitas tinggi atau pemisahan elektrostatis. Proses pengolahan untuk endapan pasir berfelspar pada umumnya dilakukan melalui pemisahan dengan magnet dan flotasi. Karena bahannya sudah berupa pasir, maka tidak perlu melalui proses pemecahan batuan terlebih dahulu.

2.2 Pinsip Dasar Proses

Metode peningkatan kadar felspar dan penurunan kadar pengotornya dengan metode gravitasi, elektrostatis maupun magnetik kurang efektif lagi untuk partikel-partikel yang sangat halus. Telah diketahui pula bahwa partikel-partikel halus (*ultra fine particles*) juga sukar untuk diapungkan dengan mesin flotasi konvensional. Upaya untuk mengatasi hal ini perlu dikembangkan metode lain yang salah satunya adalah metode *flotasi menggunakan dua media cairan pemisah*. Metode ini merupakan proses pemisahan partikel - partikel mineral berharga (yang dikehendaki) dari partikel - partikel mineral pengotor yang didasarkan pada fenomena terpisahnya fasa minyak dengan fasa air, dan telah berhasil untuk meningkatkan kadar bijih mangan⁽⁶⁾ dan mengurangi kadar besi oksida dari kaolin^(9,10). Mekanisme metode flotasi menggunakan dua media cairan pemisah hampir sama dengan mekanisme proses flotasi biasa yaitu didasarkan pada gejala bahwa beberapa partikel mudah dibasahi air (*hydrophilic*) dan lainnya gamang air (*hydrofobic*). Partikel-partikel yang suka air akan tetap berada di dalam fasa air, di pihak lain partikel-partikel yang tidak mudah dibasahi air akan naik ke permukaan berada dalam fasa minyak, di dalam proses flotasi mineral yang tidak suka air akan menempel pada permukaan gelembung udara naik ke permukaan membentuk buih-buih bermineral yang dapat dipisahkan.

Keterapungan (*floatability*) dari partikel-partikel mineral tertentu, ditentukan oleh kecenderungannya untuk menempel pada gelembung udara dan sifat-sifat permukaan mineral itu sendiri. Dengan menggunakan berbagai macam pereaksi kimia, sifat-sifat permukaan mineral dapat diubah dan dikendalikan^(11,12).

2.2.1 Kolektor

Kolektor (*surfaktan*) adalah senyawa hidrokarbon yang dapat mengubah sifat permukaan mineral tertentu yang ada di dalam sluri (campuran padatan dan air) agar tidak mudah dibasahi air, sehingga mineral tersebut terapung menuju ke permukaan. Pada umumnya kolektor merupakan senyawa heteropolar yang molekul-molekulnya terdiri dari gugus polar (anorganik) dan gugus non-polar (organik). Molekul non-polar bersifat hidrofobik sedangkan yang polar akan terionisasi dan berinteraksi dengan permukaan mineral secara selektif. Dengan demikian molekul non-polar menyelaputi lapisan paling luar dari mineral tertentu sehingga hidrofobik^(13,14). Apabila menggunakan kolektor anionik, interaksi terjadi antara gugus anion dengan permukaan mineral, sedangkan untuk kolektor kationik, interaksi terjadi antara gugus kation dengan permukaan mineral⁽¹⁴⁾.

Kolektor sebagai zat pengaktif permukaan (*surface active agents*) mempunyai dua fungsi, selain sebagai

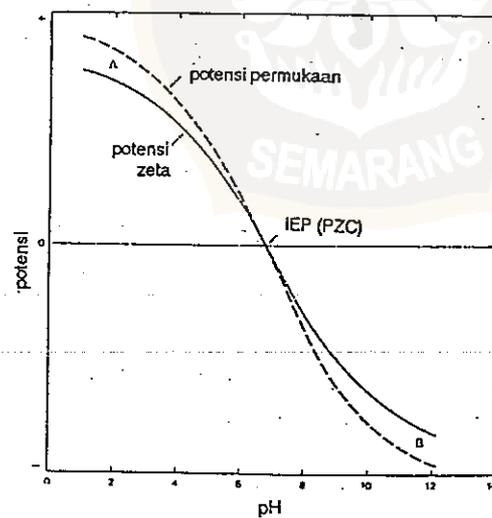
pengontrol hidrofobisitas dari permukaan partikel, juga berfungsi sebagai zat pengemulsi (*emulsifying agent*) yang membantu terbentuknya area antar muka minyak - air yang luas. Dengan demikian untuk mendapatkan perolehan (*recovery*) mineral yang tinggi sangat tergantung pada hidrofobisitas dari permukaan partikel.

Secara teoritis, pemilihan jenis reagen kolektor didasarkan pada *Point of Zero Charge* (PZC) dari mineral yang akan dipisahkan. PZC adalah suatu kondisi yang pada pH tertentu potensial muatan ion permukaan mineral dalam keadaan netral (tidak positif atau negatif). Apabila pH sluri diubah, misalnya lebih rendah dari pH PZC, maka potensial muatan ion menjadi positif, sehingga hanya kolektor anionik yang dapat di adsorpsi oleh mineral tersebut. Sebaliknya apabila pH sluri diatas pH PZC, maka potensial muatan ion mineral menjadi negatif, sehingga hanya kolektor kationik yang dapat diadsorpsi oleh mineral tersebut. Mekanisme perubahan potensial muatan ion mineral oksida terhadap pH dan PZC dapat di lihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.

Tabel 1
PZC dari beberapa Mineral Oksida⁽¹⁵⁾

Mineral	pH PZC
Kuarsa	2 - 3,7
korundum	9,4
Zirkon	4 - 5,8
Felspar	2 - 3,7
Rutile	6
Kasiterit	4,5

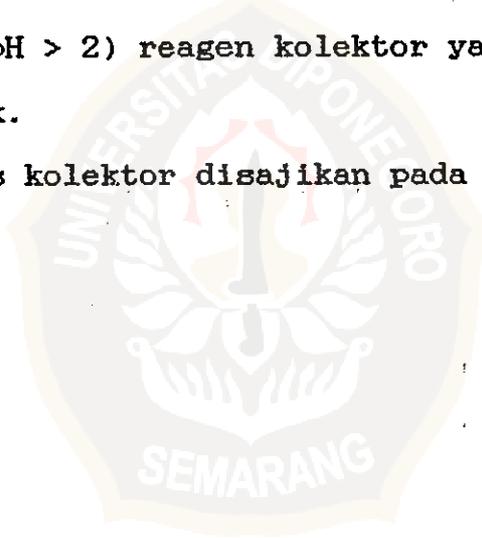
Mineral	pH PZC
Magnetit	6,5
Hematit alam	6,7
Hematit sintetis	8,2
Goetit	6,7
Kaolinit	3,4
Bentonit	< 3



Gambar 1
Mekanisme Perubahan Potensial ion-ion
Mineral Oksida⁽¹⁶⁾

Berdasarkan Gambar 1 dan Tabel 1 terlihat bahwa mineral - mineral besi oksida seperti magnetit dan hematit mempunyai PZC pada kisaran pH antara 6,7 - 7. Pada umumnya proses pemisahan besi oksida dilakukan pada $\text{pH} < 6,7$ (asam) sehingga potensial muatan ion besi oksida akan positif, karenanya kolektor yang dapat digunakan adalah dari jenis anionik. Mineral felspar mempunyai PZC pada pH sekitar 2 - 3,7. Apabila menggunakan kolektor anionik, pH sluri harus ada pada kondisi asam kuat ($\text{pH} < 2$), hal ini akan menyulitkan penanganan proses karena larutannya sangat korosif. Jika pH sluri diubah pada keasaman yang tidak terlalu kuat ($\text{pH} > 2$) reagen kolektor yang digunakan adalah jenis kationik.

Beberapa contoh jenis kolektor disajikan pada Tabel 2.



Tabel 2
Klasifikasi Kolektor ⁽¹⁴⁾

Jenis Kolektor	Rumus Struktur
Kolektor Anionik	
Karboksilat	$\begin{array}{c} \text{R} - \text{C} - \text{O} \dots\dots\text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$
Asam Alkil Sulfat	$\begin{array}{c} \text{R} - \text{O} - \text{S} - \text{O} \dots\dots\text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$
Sulfonat	$\begin{array}{c} \text{R} - \text{S} - \text{O} \dots\dots\text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$
Tiol (merkaptan)	$\text{R} - \text{S} \dots\dots\text{H}$
Tiokarbonat	$\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{R} - \text{O} - \text{C} - \text{S} \dots\dots\text{H} \end{array}$
Tiopospat	$\begin{array}{c} \text{R} - \text{O} \\ \quad \quad \quad \diagdown \\ \quad \quad \quad \text{P} - \text{S} \dots\dots\text{H} \\ \quad \quad \quad \diagup \\ \text{R} - \text{O} \\ \quad \quad \quad \parallel \\ \quad \quad \quad \text{S} \end{array}$
Kolektor Kationik	
Amina	$\begin{array}{c} \text{R} \quad \quad \quad \text{R} \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad \diagup \\ \quad \quad \quad \text{N} \dots\dots\text{OH} \\ \quad \quad \quad \diagup \quad \diagdown \\ \text{R} \quad \quad \quad \text{R} \end{array}$

2.2.2 Pereaksi

Pereaksi yang sering digunakan adalah senyawa-senyawa penekan, senyawa pengaktif, dan senyawa pengatur tinggi rendahnya pH suspensi.

Senyawa penekan digunakan untuk mencegah terapungnya mineral-mineral tertentu ke permukaan, yaitu dengan cara melapisi permukaan mineral agar tetap bersifat mudah

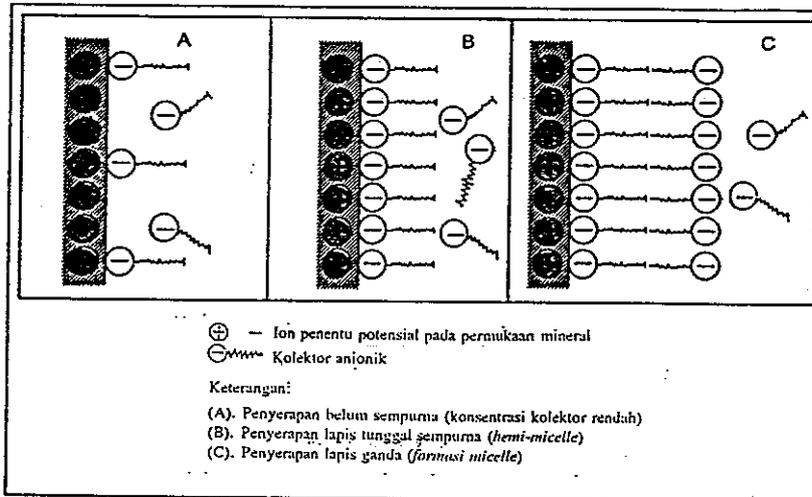
dibasahi air, dengan demikian mineral-mineral tersebut tetap berada pada fasa air.

Senyawa pengaktif berfungsi untuk membantu agar mineral yang diinginkan lebih cepat menjadi hidrofobik. Kerja dari senyawa ini membantu lapisan kolektor pada permukaan mineral menjadi lebih efektif.

Senyawa pengatur pH digunakan untuk mengatur tinggi rendahnya pH suspensi sehingga dicapai kondisi yang optimum. Pereaksi-pereaksi flotasi akan bekerja dengan baik pada kondisi pH tertentu^(12,15,16).

2.2.3 Fenomena Penyerapan Kolektor pada Permukaan Mineral

Penyerapan kolektor pada permukaan mineral dapat dibedakan menjadi dua jenis penyerapan yaitu penyerapan fisik dan penyerapan kimia. Penyerapan fisik disebabkan oleh gaya elektrostatis. Ion-ion pada kolektor akan berinteraksi dengan ion-ion berbeda muatan pada permukaan mineral membentuk lapisan antar muka, sedangkan penyerapan kimia terjadi karena reaksi kimia antara senyawa polar pada kolektor dengan unsur logam pada permukaan mineral^(11,16). Kedua jenis penyerapan ini berlangsung saling berkombinasi secara kompleks, namun diketahui sangat dipengaruhi oleh pH dan konsentrasi kolektor.



Gambar 2
 Visualisasi Hipotesa Formasi Micelle⁽¹⁵⁾

Menurut beberapa peneliti pendahulu^(11,14,15), bahwa pada konsentrasi kolektor rendah, terjadi kekurangan penyerapan ion ke permukaan mineral seperti pada gambar 2A. Dengan bertambahnya konsentrasi kolektor, maka kerapatan penyerapan akan membesar membentuk lapisan tunggal antar muka yang sempurna yang disebut *hemi micelle*. Kondisi tersebut dapat membantu orientasi rantai hidrokarbon (non polar) ke arah larutan, seperti terlihat pada gambar 2B, sehingga hidrofobisitas mineral menjadi sempurna. Apabila konsentrasi kolektor bertambah, maka akan terjadi *konsentrasi kritis micelle* dan penyerapan mulai berhenti.

Selanjutnya apabila konsentrasi kolektor ditambah terus, maka akan terjadi *formasi micelle* yang dapat membentuk lapisan ganda antar muka, dimana rantai hidrokarbonnya

berasosiasi membentuk agregat, dengan orientasi ion polar ke arah larutan seperti terlihat pada gambar 2C. Akibatnya rantai hidrokarbon yang non polar tertutup dan permukaan mineral menjadi bersifat hidrofilik dan mineral akan berada pada fasa air. Dengan demikian konsentrasi kolektor yang tepat untuk membentuk hemi micelle sangat diperlukan^(13,16).

