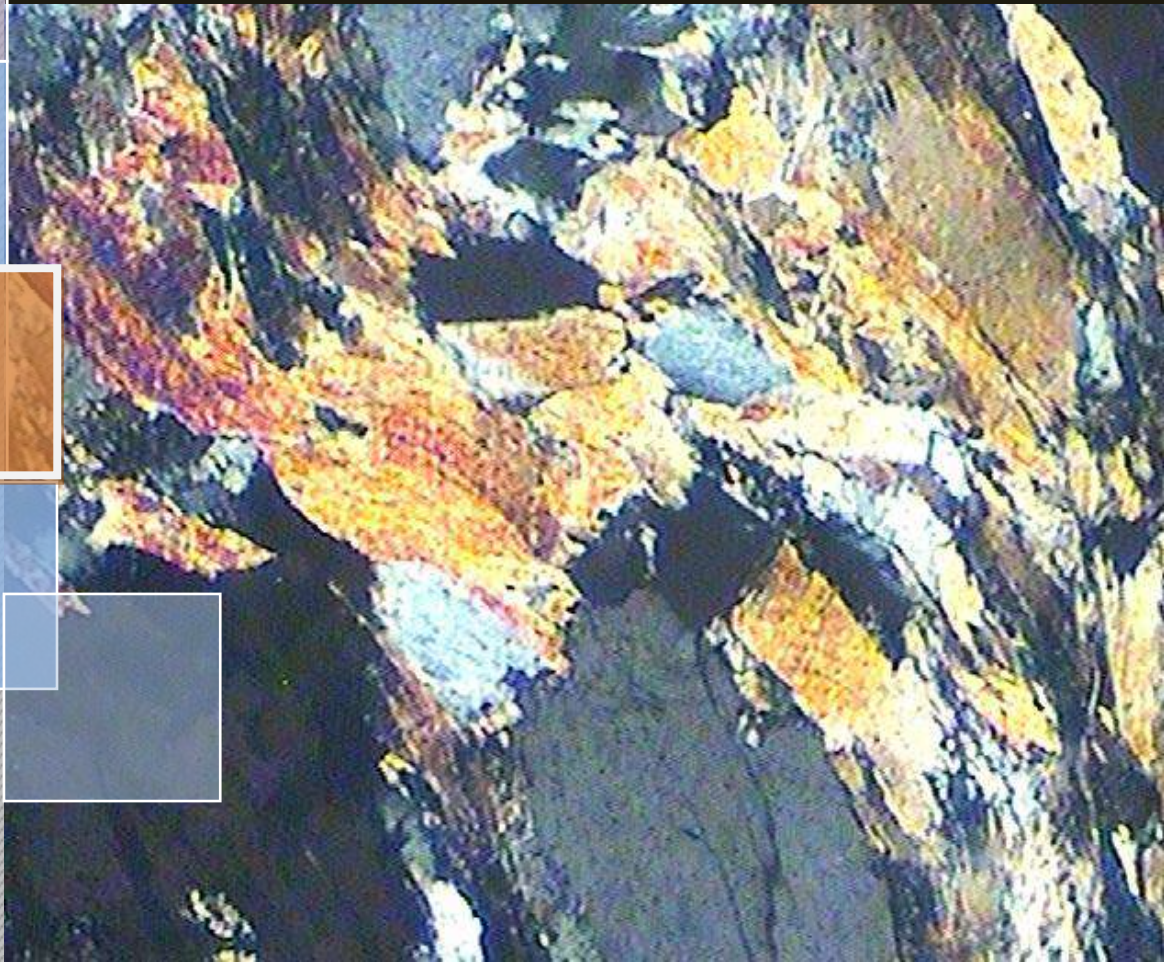


MINERALOGI OPTIK



Sutarto, Joko Soesilo, Sutanto dan Dwi Fitri Yudiantoro
Laboratorium Petrologi dan Bahan Galian
Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" YOGYAKARTA



MINERALOGI OPTIK

Penulis

Sutarto
Joko Soesilo
Sutanto
Dwi Fitri Yudiantoro

ISBN : 978-602-19765-7-9



Editor

Sutarto

Penyunting

Agus Riyanto

Disain sampul dan Tata letak

Sutarto

Penerbit

Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"
Yogyakarta

Redaksi

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jalan Padjajaran No.104, Lingkar Utara Condong Catur Yogyakarta
Gedung Arie F. Lasut, Lantai 1
Telp : 0274 487814
Email : ftm@upnyk.ac.id
Cetakan pertama : Pebruari 2019

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara
apapun tanpa ijin dari tertulis dari penerbit

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Kebutuhan akan buku atau diktat Panduan Praktikum maupun Kuliah Mineralogi Optik terutama dilingkungan Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta dirasakan sangat perlu.

Buku panduan praktikum dan kuliah ini merupakan hasil penyusunan kembali buku edisi sebelumnya dengan penambahan pada beberapa bagian yang dirasakan sangat perlu termasuk juga kelengkapan gambar maupun tabel-tabel, dengan harapan dapat lebih mempermudah untuk memahami. Buku ini hanyalah merupakan petunjuk dasar bagi mahasiswa untuk mengetahui cara mengamati sifat-sifat optik mineral dan mengenal mineral secara mikroskopik, sehingga sangat disarankan kepada para mahasiswa untuk mengembangkan pengetahuan ini melalui *text book* yang ada.

Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu diperbaiki, oleh karena itu kami sangat mengharapkan saran dari para pembaca. Semoga buku ini dapat bermanfaat, khususnya di civitas akademika Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Januari 2019

Penyusun

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL	x
BAB 1. MIKROSKOP POLARISASI	1
1.1 Bagian-bagian Mikroskop Polarisasi	1
1.2 Cara mempersiapkan Mikroskop Polarisasi.....	6
1.2.1 Sinar yang masuk ke medan pandangan harus maksimum.....	6
1.2.2 Mikroskop harus dalam keadaan terpusat.....	7
1.2.3 Arah getar polarisator harus sejajar dengan salah satu benang silang	8
1.2.4 Arah getar polarisator harus tegak lurus arah getar analisator	9
BAB 2 CAHAYA TERKUTUB	11
2.1 Fenomena Cahaya.....	11
2.1.1 Spektrum Elektromagnetik.....	11
2.1.2 Spektrum Elektromagnetik.....	12
2.1.3 Kecepatan Gelombang	13
2.1.4 Fase dan Interferensi	13
2.1.5 Permukaan Kecepatan Sinar (<i>ray-velocity surface</i>).....	14
2.1.6 Dispersi	15
2.1.7 Persepsi Warna	15
2.1.8 Pemantulan (Refleksi)	16
2.2 Cahaya Terkutub (Polarized light)	18
2.2.1 Polarisasi dengan pantulan	19
2.2.2 Polarisasi dengan Absorpsi.....	20
2.2.3 Polarisasi dengan bias rangkap	20
BAB 3 ORTOSKOP NIKOL SEJAR.....	22
3.1 Warna dan pleokroisme.....	23
3.2 Ukuran mineral	26
3.3 Bentuk mineral.....	27
3.4 Belahan dan pecahan.....	30
3.5 Indeks bias	32
3.5.1 Pengukuran Indeks Bias Dengan Garis Becke.....	32
3.6 Relief	33
BAB 4 OPTIK ISOTROPIK DAN ANISOTROPIK.....	38
4.1 Optik Indikatrik Isotropik.....	38
4.2 Optik Indikatrik Anisotropik	39

4.2.1 Bias Rangkap Retardasi dan interferensi.....	40
4.3 sumbu indikatrik dan sumbu kristalografi	43
4.3.1 Indikatrik pada sistem kristal isometrik	44
4.3.2 Indikatrik pada sistem tetragonal dan heksagonal	44
4.3.3 Indikatrik pada sistem kristal ortorombik.....	45
4.3.4 Indikatrik pada sistem kristal monoklin	46
4.3.5 Indikatrik pada sistem kristal sistem triklin	47
BAB 5 ORTOSKOP NIKOL SILANG	48
5.1 Warna Interferensi	48
5.2 Bias Rangkap (Birefringence).....	50
5.3 Orientasi Optik.....	53
5.4 Pemadaman dan Sudut Pemadaman	56
5.5 Kembaran.....	59
5.5.1 Penentuan Plagioklas dengan kembaran.....	60
5.5.1.1 Metode Michel Levy	60
5.5.1.2 Dengan Kembaran Karlsbad-Albit.....	62
BAB 6 OPTIK SUMBU SATU	64
6.1 Indikatrik Mineral Sumbu satu	65
6.2 Gambar Interferensi Sumbu Satu.....	66
6.2.1 Gambar interferensi sumbu optik (terpusat).....	67
6.2.1.1 Pembentukan isochrome	68
6.2.1.2 Pembentukan isogire	69
6.2.2 Gambar interferensi tak terpusat	70
6.2.3 Gambar interferensi kilat.....	70
BAB 7 OPTIK MINERAL SUMBU DUA.....	72
7.1 Indikatrik sumbu dua	72
7.2 Tanda optik	74
7.3 Gambar interferensi mineral sumbu Dua	75
7.3.1 Gambar Interferensi garis bagi sudut lancip (Bxa)	76
7.3.1.1 Pembentukan isochrome.....	77
7.3.1.2 Pembentukan dan arah getar isogire.....	78
7.3.1.3 Pergerakan isogire	80
7.3.2 Gambar interferensi sumbu Optik.....	82
7.3.3 Gambar interferensi garis bagi sudut tumpul (Bxo).....	83
7.3.4 Gambar interferensi kilat (optik normal).....	85

BAB 8 PENGAMATAN KONOSKOP	87
8.1 Tujuan Pengamatan Konoskop	87
8.1.1 Sumbu Optik	87
8.1.2 Tanda Optik	88
8.1.2.1 Tanda Optik Mineral Sumbu Satu	88
8.1.2.2 Tanda Optik Mineral Sumbu Dua	88
8.1.2.3 Sudut Sumbu Optik (2V)	89
8.2 Penentuan Tanda Optik Sumbu Satu	89
8.2.1 Gambar Interferensi Terpusat	89
8.2.2 Gambar Interferensi Tak Terpusat	90
8.2.3 Gambar Interferensi Kilat	91
8.3 Penentuan Tanda Optik Sumbu Optik Dua	92
8.3.1 Gambar Interferensi Sumbu Optik	93
8.3.2 Gambar Interferensi BS1, BSt dan Kilat	94
8.3.3 Gambar interferensi tak terpusat	97
BAB 9 PENGENALAN MINERAL	101
9.1 Mineral-mineral Silikat	101
9.1.1 Kelompok Silika	102
9.1.2 Kelompok Feldspar	108
9.1.3 Kelompok Feldspatoid	117
9.1.4 Kelompok Mika	122
9.1.5 Kelompok Klorit	127
9.1.6 Kelompok Mineral Filosilikat lain	132
9.1.7 Kelompok Amfibol	133
9.1.8 Kelompok Piroksen	141
9.1.9 Kelompok Olivin	153
9.1.10 Kelompok Garnet	157
9.1.11 Kelompok Silimanit	159
9.1.12 Kelompok Epidot	167
9.1.13 Kelompok Tourmalin-Beryl-Cordierit	172
9.2 Mineral-Mineral Karbonat	174
9.3 Mineral-Mineral Sulfat	179
9.4 Mineral-Mineral Pospat	183
DAFTAR PUSTAKA	185

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Berbagai macam mikroskop polarisasi	1
Gambar 1.2	Kenampakan lensa okuler pada mikroskop polarisasi Nikon.....	2
Gambar 1.3	Perlengkapan dan sistem pencahayaan pada mikroskop polarisasi	2
Gambar 1.4	Kenampakan lensa amici bertrand pada mikroskop polarisasi Olympus yang berbentuk bulat (kiri) dan pada mikroskop polarisasi Nikon yang berbentuk keping segi empat	3
Gambar 1.5	Kenampakan komparator keping gipsum pada mikroskop polarisasi Nikon (kiri) dan komparator keping mika untuk mikroskop polarisasi Olympus	3
Gambar 1.6	Kenampakan Lensa Polarisator bawah dan Polarisator atas pada mikroskop Nikon (kiri) dan Motik (kanan)	4
Gambar 1.7	Kenampakan Lensa Obyektif dan Meja Obyek (kiri) dan kenampakan dari dekat sekrup pengatur sentring pada tempat dudukan lensa obyektif (kanan)	5
Gambar 1.8	Kenampakan Lensa Kondensor (kiri) dan kenampakan sekrup pengatur fokus pada mikroskop polarisasi Nikon (kanan).....	6
Gambar 1.9	Kenampakan cahaya yang merata yang melewati peraga sayatan tipis mineral	6
Gambar 1.10	Kenampakan sayatan tipis pada mikroskop yang belum sentring .	7
Gambar 1.11	Kenampakan sayatan tipis pada mikroskop yang telah sentring...	7
Gambar 1.12	Kenampakan mikroskopik mineral biotit pada ortoskop nikol sejajar	9
Gambar 1.13	Gambar atas kenampakan dua lembar lensa polaroid yang memperlihatkan posisi dari kiri ke kanan a) saling sejajar, b) saling membentuk sudut miring, c) saling tegak lurus. Gambar bawah kenampakan mikroskopik saat polarisator sejajar analisisator (kiri) dan saat polarisator tegak lurus analisisator	10
Gambar 2.1	Kenampakan spektrum elektromagnetik.....	12
Gambar 2.2	Gambaran kenampakan gelombang elektromagnetik	12
Gambar 2.3	Cahaya yang dilewatkan pada media gelas. Pada saat melewati gelas, kecepatan cahaya akan berkurang. Karena frekwensi selalu tetap, maka panjang gelombang pada saat di dalam gelas akan menjadi lebih pendek dibanding pada saat sebelum dan setelah memasuki gelas	13
Gambar 2.4	Memperlihatkan harga retardasi dari beberapa kenampakan pergerakan gelombang cahaya.....	14
Gambar 2.5	Memperlihatkan dispersi cahaya yang melewati prisma	15
Gambar 2.6	Memperlihatkan kenampakan refleksi cahaya	17
Gambar 2.7	Memperlihatkan kenampakan refraksi cahaya.....	17
Gambar 2.8	Memperlihatkan kenampakan cahaya yang tidak terpolarisasi	

	dan cahaya terpolarisasi	18
Gambar 2.9	Memperlihatkan kenampakan cahaya yang terpolar sirkular dan eliptikal (Nesse, 1991).....	19
Gambar 2.10	Memperlihatkan cahaya yang bergetar melewati Kristal dan polaroid	20
Gambar 2.11	Kenampakan bias rangkap pada mineral kalsit.....	21
Gambar 3.1	Diagram alir identifikasi sifat optik mineral	22
Gambar 3.2	Memperlihatkan perubahan warna pada mineral gloukofan.....	24
Gambar 3.3	Kenampakan lensa okuler dan obyektif dengan angka perbesarannya (atas). Gambar samping memperlihatkan skala grafis pada medan pandang.....	27
Gambar 3.4	Memperlihatkan Kenampakan belahan pada mineral biotit (kiri) dan pecahan pada olivin (kanan).....	31
Gambar 3.5	Gambar kiri memperlihatkan kenampakan belahan pada mineral tremolit yang dipotong tegak lurus sumbu C kristalografi, sedangkan gambar kanan belahan yang terlihat saat mineral terpotong sejajar atau hampir sejajar sumbu C kristalografi	32
Gambar 3.6	Sketsa yang memperlihatkan terbentuknya garis Becke. Modifikasi dari Perkins dan Henke (2000).	33
Gambar 3.7	Memperlihatkan kenampakan garis Becke yang terbentuk di sekitar mineral.....	33
Gambar 3.8	Memperlihatkan kenampakan relief beberapa mineral yang mewakili skala relief	34
Gambar 3.9	Kenampakan relief pada mineral muskovit.....	35
Gambar 3.10	Sketsa yang memperlihatkan morfologi semen perekat antara sayatan tipis dengan gelas penutup	35
Gambar 4.1	Kenampakan indikatrik optik isotropik.....	38
Gambar 4.2	Bias rangkap yang diperlihatkan mineral kalsit.....	39
Gambar 4.3	Diagram yang memperlihatkan pembentukan retardasi	41
Gambar 4.4	Interferensi pada polarisator atas.....	42
Gambar 4.5	Kenampakan tabel warna interferensi Michel Levy	43
Gambar 4.6.	Hubungan sumbu kristalografi system tetragonal dan sumbu indikatrik pada mineral zircon (kiri). Gambar kanan hubungan sumbu kristalografi system heksagonal (trigonal) dan sumbu indikatrik pada mineral kuarsa.....	45
Gambar 4.7	Hubungan sumbu kristalografi system ortorombik dan sumbu indikatrik pada mineral olivine (kiri) dan ortopiroksen (kanan)	45
Gambar 4.8	Hubungan sumbu kristalografi system monoklin dan sumbu indikatrik pada mineral klinopiroksen (kiri) dan hornblende (kanan).....	45
Gambar 4.9	Hubungan sumbu kristalografi system triklin dan sumbu indikatrik	

	pada mineral mikroklin	47
Gambar 5.1	Kenampakan mineral kuarsa dengan sayatan tipis standar (kiri) dan kenampakan kuarsa dengan sayatan lebih tebal (kanan)	48
Gambar 5.2	Kenampakan gelap maksimum dan terang maksimum mineral piroksen.....	49
Gambar 5.3	Diagram warna interferensi Michel Levy(Nesse, 1991).....	50
Gambar 5.4	Urutan cara penentuan warna interferensi dan besarnya bias rangkap mineral	53
Gambar 5.5	Memperlihatkan mineral yang mempunyai orientasi optis Length Slow (kiri) dan orientasi optis length Fast (kanan).....	54
Gambar 5.6	Gambar kiri memperlihatkan kedudukan mineral saat memperlihatkan warna interferensi maksimum. Gambar tengah memperlihatkan gejala adisi (penambahan warna) saat dimasukkan komparator keping gipsum. Gambar kanan, setelah meja obyek diputar 90° , mineral memperlihatkan gejala substraksi (pengurangan warna)	55
Gambar 5.7	Prosedur penentuan orientasi optik	56
Gambar 5.8	Kenampakan berbagai macam sudut pemadaman pada mineral ..	57
Gambar 5.9	Memperlihatkan kedudukan sumbu indikatrik sinar Z terhadap sumbu kristalografi-c.....	58
Gambar 5.10	a) posisi mineral saat warna interferensi maksimum, b) mineral memperlihatkan gejala adisi menjadi biru saat dimasukkan komparator keping gipsum, c) menentukan kedudukan sumbu indikatrik mineral yang sejajar dengan sumbu indikatrik komparator yaitu 45° terhadap belang silang.....	59
Gambar 5.11	d). Besarnya sudut pemadaman $c \wedge Z = + a^{\circ}$, e). Sumbu kristalografi-c disejajarkan dengan benang silang vertikal, catat di nonius meja obyek sebagai X° , f). Sumbu indikatrik Z disejajarkan dengan benang silang vertikal, catat di nonius meja obyek sebagai $X1^{\circ}$	59
Gambar 5.12	Kenampakan beberapa jenis kembaran.....	60
Gambar 5.13	Cara penentuan jenis plagioklas dan sudut pemadaman lembar kembaran albit	61
Gambar 5.14	Kurva untuk penentuan jenis plagioklas dengan kembaran albit (Michel Levy) (Kerr,1977)	62
Gambar 5.15	Cara penentuan sudut pemadaman plagioklas dari kembaran Carlsbad-Albit (Kerr, 1977)	63
Gambar 5.16	Kurva untuk penentuan jenis plagioklas dengan kembaran Carlsbad-Albit.....	63
Gambar 6.1	Indikatrik optik pada mineral isotropic, dengan bentuk permukaan kecepatan sinar sebagai bulatan.....	64
Gambar 6.2	Indikatrik optik sumbu satu positif, ellipsoid memanjang sejajar	

	dengan sumbu optik	65
Gambar 6.3	Indikatrik optik sumbu satu negatif, ellipsoid memanjang tegak lurus dengan sumbu optik	66
Gambar 6.4	Kenampakan bagian-bagian gambar interferensi mineral sumbu satu	67
Gambar 6.5	Kenampakan gambar interferensi sumbu optik (terpusat) mineral sumbu satu	68
Gambar 6.6	Skema kenampakan cahaya konvergen.....	68
Gambar 6.7	Memperlihatkan kenampakan cahaya yang merambat dari titik pusat indikatrik sumbu satu positif.....	69
Gambar 6.8	Cahaya konvergen yang melewati mineral, mengasilkan indikatrik dan keluar mineral dengan arah getar mempunyai pola simetris terhadap melatop	69
Gambar 6.9	Pada gambar interferensi tak terpusat, melatop berada di luar medan pandang.....	70
Gambar 6.10	Kenampakan skematik gambar interferensi kilat sumbu satu pada saat posisi konoskop gelap maksimum	71
Gambar 7.1	Mineral sumbu dua, mempunyai 3 indeks bias	73
Gambar 7.2	Samping, pada bidang X-Z (warna kuning). Jari jari indikatrik n_x hingga n_y akan memalui jari-jari indikatrik yang mempunyai nilai sama dengan n_β . Oleh karena itu sumbu indikatrik Y y dan jari-jari n_β pada bidang X-Z adalah bidang satan sirkular	73
Gambar 7.3	Kenampakan garis sumbu optik mineral sumbu dua	74
Gambar 7.4	Kenampakan indikatrik optik mineral biaxial (+) (atas) dan biaxial (-) (bawah)	75
Gambar 7.5	Kenampakan gambar interferensi garis bagi sudut lancip.....	76
Gambar 7.6	Gambar kiri, isogir berbentuk silang pada saat kedudukan sumbu indikatrik parallel dengan benang silang. Pada saat meja diputar 45° , isogire akan dipecah menjadi 2 bagian berbentuk hyperbole yang bergerak saling menjauhi. Ketika meja obyek diputar, melatop dan atau isogire akan bergerak meninggalkan medan pandang sepanjang bidang sumbu optik	77
Gambar 7.7	Dengan lensa kondensor yang menyebabkan cahaya membentuk kerucut konvergen di dalam butiran mineral	78
Gambar 7.8	Memperlihatkan indikatrik optik negatif mineral sumbu dua, yang memperlihatkan sumbu indikatrik X, Y, dan Z	79
Gambar 7.9	Memperlihatkan kenampakan pembentukan isogire pada sayatan Bxa	80
Gambar 7.10	Pergerakan gambar interferensi (isogir) pada sayatan Bxa, dimana $2V < 40^\circ$	80
Gambar 7.11	Pergerakan gambar interferensi (isogir) pada sayatan Bxa,	

	dimana $2V > 40^\circ$	81
Gambar 7.12	Kenampakan gambar interferensi sumbu optik sumbu dua dengan sudut $2V < 30^\circ$	82
Gambar 7.13	Kenampakan pembentukan isogire pada sayatan sumbu optik dengan sudut $2V > 50^\circ$	82
Gambar 7.14	Kenampakan gambar interferensi sumbu optik sumbu dua dengan sudut $2V > 50^\circ$	83
Gambar 7.15	Pada posisi tersebut di atas, besarnya sudut $2V$ dapat diperkirakan dengan menggunakan panduan gambar interferensi seperti terlihat pada gambar	83
Gambar 7.16	Memperlihatkan kenampakan pembentukan isogire pada sayatan Bxo	84
Gambar 7.17	Memperlihatkan kenampakan dan pergerakan isogire pada sayatan Bxo	84
Gambar 7.18	Memperlihatkan kenampakan pembentukan isogire pada gambar interferensi kilat.....	85
Gambar 7.19	Memperlihatkan kenampakan dan pergerakan isogire pada sayatan optic normal atau gambar interferensi kilat.....	86
Gambar 8.1	Interferensi terpusat, mineral dengan bias rangkap kuat (kiri) dan bias rangkap lemah (kanan)	89
Gambar 8.2	Penentuan tanda optic gambar interferensi terpusat sumbu satu.	90
Gambar 8.3	Kenampakan gambar interferensi tak terpusat dan cara penentuan kuadrannya	90
Gambar 8.4	Penentuan tanda optic gambar interferensi tak terpusat sumbu satu.....	91
Gambar 8.5	Gambar interferensi kilat pada kristal sumbu satu. Arah pergerakan isogir adalah arah sumbu optik.....	92
Gambar 8.6	Penentuan tanda optic gambar interferensi kilat	92
Gambar 8.7	Penentuan tanda optic gambar interferensi sumbu optik	94
Gambar 8.8	Penentuan tanda optic gambar Interferensi Bsl	95
Gambar 8.9	Penentuan tanda optic gambar interferensi Bst.....	96
Gambar 8.10	Penentuan tanda optic gambar interferensi kilat	97
Gambar 9.1	Fotomikroskopik trydimit, yang hadir sebagai pengisi lobang.....	103
Gambar 9.2	Fotomikroskopik kuarsa yang memperlihatkan pemadaman bergelombang	104
Gambar 9.3	Kenampakan plagioklas (albit) pada gneis (atas) dan plagioklas (labradorit) pada gabro (bawah)	109
Gambar 9.4	Kenampakan berbagai macam K-feldspar.....	110
Gambar 9.5	Leusit yang memperlihatkan kembaran poli-sintetik (atas) serta nefelin yang sebagian terlihat memperlihatkan kembaran baveno (tengah) dan bawah.....	119
Gambar 9.6	Foto mikroskopik mineral nosean dalam selbergite, Eifel, Jerman	120

Gambar 9.7	Kenampakan mineral kelompok mika.....	125
Gambar 9.8	Kenampakan klorit pada urat batuan terubah (atas) dan klorit sebagai pengisi lobang gas (amigdaloid) pada basalt, klorit di batuan diorite terubah hidrotermal propilitik, Selogiri.....	128
Gambar 9.9	Kenampakan klorit dengan warna interferensi coklat (atas) dan mikroskopik kloritoid	129
Gambar 9.10	Kenampakan fotomikroskopik serprntin pada harzburgit dan mineral alunit apa zona alterasi advadtage argillic, Bacan	132
Gambar 9.11	Kenampakan beberapa amfibol	135
Gambar 9.12	Kenampakan beberapa amfibol	136
Gambar 9.13	Kenampakan beberapa piroksen.....	144
Gambar 9.14	Kenampakan fotomikroskopik augit pada basanit, Muria, Jepara (atas), titaugit pada limburgit, Baden, Jerman (tengah) dan pigeonit pada diorite, Wonogiri, Jawa Tengah.....	145
Gambar 9.15	Kenampakan beberapa piroksen.....	146
Gambar 9.16	Kenampakan wolastonit (atas) dan hedenbergit skarn di Big Gossan, Tembaga Pura (bawah).....	147
Gambar 9.17	Kenampakan olivine pada harzburgit, P. Bacan (atas) dan olivine pada basalt, Westerwald, Jerman	154
Gambar 9.18	Zonasi andradite-grosularit pada skarn, Big Gossan Tembaga Pura (atas), almadin dalam kinzigite, Odenwald Jerman dan melanite pada fonolit, Stuhli, Jerman (bawah)	158
Gambar 9.19	Kenampakan fotomikroskopik kyanit dalam genis (atas) dan andalusit dalam sekis, Dublin, Irlandia	160
Gambar 9.20	Kenampakan fotomikroskopik stourilit dalam sekis, Sudetes, Republik Ceko (atas) dan Sphene dengan bentuknya yang kas (belah ketupat), relief tinggi pada genis	165
Gambar 9.21	Kenampakan fotomikroskopik Epidote pada zona alterasi propilitik, Selogiri (atas) dan clinozoisit pada sekis (tengah) dan piedmontit pada augen genis	169
Gambar 9.22	Kenampakan fotomikroskopik tormalin dalam alkalin granit (atas) dan cordieirt pada genis, Bavarian, Jerman	173
Gambar 9.23	Kenampakan fotomikroskopik kalsit (atas) dan dolomite (bawah)	176
Gambar 9.24	Kenampakan fotomikroskopik anhidrit pada zona potasik endapan porfiri Cu-Au, Selogiri (atas) dan gipsum yang mengganti sebagian tubuh anhidrit pada endapan skarn Big Gossan, Tembaga Pura (bawah).....	180

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Warna-warna dari beberapa macam mineral (Kerr, 1977)	24
Tabel 3.2	Mineral-mineral dalam bentuk kristal euhedral (Kerr, 1977).....	28
Tabel 3.3	Bentuk-bentuk mineral (Individu) (Kerr, 1977).....	28
Tabel 3.4	Bentuk-bentuk struktur Kristal (Kerr, 1977)	29
Tabel 3.5	Bentuk-bentuk kristal agregat (Kerr, 1977).....	29
Tabel 3.6	Mineral berdasarkan arah belahan (Kerr, 1977).....	31
Tabel 3.7	Hubungan harga indeks bias mineral dengan kenampakan reliefnya	34
Tabel 3.8	Indeks bias mineral (Kerr, 1977)	36
Tabel 5.1	Harga bias rangkap beberapa mineral (Kerr, 1977).....	51
Tabel 5.2	Indeks bias mineral-mineral isotropis (Kerr, 1977).....	52
Tabel 8.1	Mineral-mineral bersumbu optis uniaxial (Kerr, 1977).....	98
Tabel 8.2	Mineral-mineral bersumbu optis biaxial negatif (Kerr, 1977).....	99
Tabel 8.3	Mineral-mineral bersumbu optis biaxial positif (Kerr, 1977)	100
Tabel 9.1	Mineral-mineral kelompok feldspar	108
Tabel 9.2	Beberapa sifat optik penting mineral-mineral kelompok mika.....	123
Tabel 9.3	Ciri optik penting pada mineral kelompok amfibol	134
Tabel 9.4	Ciri optik penting pada mineral kelompok piroksen.....	143
Tabel 9.5	Mineral yang termasuk kelompok olivine	154
Tabel 9.6	Mineral-Bineral kelompok karbonat.....	175
Tabel 9.7	Perbedaan sifat optik kalsit dan dolomit	175

BAB 1

MIKROSKOP POLARISASI

Mikroskop polarisasi yang akan dibahas dan digunakan dalam praktikum ini adalah mikroskop polarisasi bias. Mikroskop polarisasi pantul yang dipergunakan dalam mengamati mineral yang tak tembus cahaya tidak dibahas pada tulisan ini. Di Laboratorium Mineralogi Optik, Jurusan Teknik Geologi, UPN "Veteran" Yogyakarta memiliki enam jenis mikroskop polarisasi yaitu jenis Olympus, Meiji, Nikon, Motik, Carl Zeiss, dan Reichert. Secara umum prinsip penggunaannya sama, hanya pada beberapa mikroskop merk Nikon, Meiji, dan Zeiss sudah dilengkapi dua sistim pencahayaan, baik refraksi dan refleksi, jadi dapat digunakan baik untuk pengamatan petrografi menggunakan sayatan tipis juga dapat digunakan untuk pengamatan mineragrafi menggunakan sayatan poles maupun sayatan tipis poles.

1.1 Bagian-bagian Mikroskop Polarisasi

Setiap mikroskop polarisasi dilengkapi dengan bagian-bagian yang mempunyai fungsi berlainan (lihat gambar 1.1), beberapa perlengkapan penting, diantaranya adalah lensa polarisator, keeping komparator, kondensor, maupun lensa amici bertrand.



Gambar 1.1. Berbagai macam Mikroskop polarisasi, berturut-turut searah jarun jam adalah merk Olympus, Meiji, Nikon (NPL), Nikon, Reichert, Olympus, Motik, dan Carl Zeiss.

Lensa Okuler

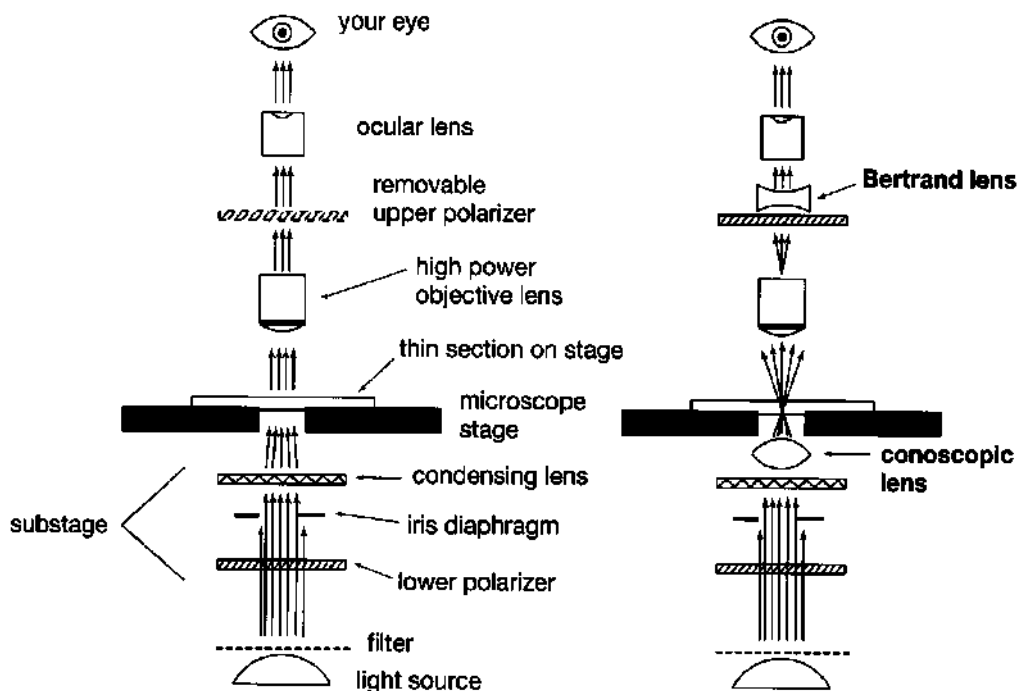
Merupakan tempat mata kita melihat obyek yang kita amati. Lensa ini terbuat dari dua buah lensa cembung yang dirangkai dalam satu unit, umumnya pada tiap mikroskop terdiri dari tiga atau lebih lensa okuler dengan perbesaran yang berlainan serta dilengkapi dengan garis benang silang maupun skala grafis. Lensa ini dapat diganti-ganti sesuai kebutuhan.



Gambar 1.2. Kenampakan lensa okuler pada mikroskop polarisasi Nikon.

Orthoscopic Illumination

Conoscopic Illumination



Gambar 1.3. Perlengkapan dan sistem pencahayaan pada mikroskop polarisasi (Kerr, 1977).

Tubus Mikroskop

Pada tipe Olympus dan Reichert bagian ini dapat digerakkan naik turun untuk mengatur jarak fokus.

Lensa Amici-Bertrand

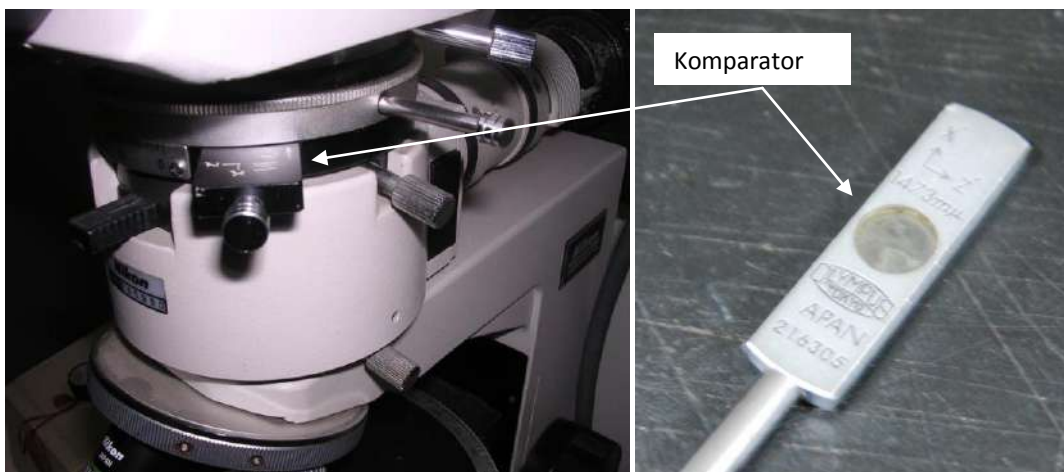
Gunanya untuk memperbesar gambar interferensi pada penentuan sumbu optis dan tanda optis suatu mineral.



Gambar 1.4. Kenampakan lensa amici bertrand pada mikroskop polarisasi Olympus yang berbentuk bulat (kiri) dan pada mikroskop polarisasi Nikon yang berbentuk keping segi empat.

Keping Komparator/kompensator

Gunanya untuk mengetahui posisi sumbu indikatrik suatu mineral. Umumnya terbuat dari keping gipsum dengan nilai retardasi (Δ) sebesar $\pm 530 \mu\text{m}$. Namun beberapa jenis mikroskop dilengkapi pula dengan keping mika ($\Delta = \pm 147,4 \mu\text{m}$) dan keping kwarsa ($\Delta = \pm 900 \mu\text{m}$)



Gambar 1.5. Kenampakan komparator keping gipsum pada mikroskop polarisasi Nikon (kiri) dan komparator keping mika untuk mikroskop polarisasi Olympus.

Polarisator

Terbuat dari lensa polaroid, gunanya untuk menyerap cahaya secara selektif sehingga cahaya yang masuk hanya bergetar pada satu bidang.

Analisor (Polarisator Atas)

Terbuat dari lensa polaroid umumnya memiliki arah getar saling tegak lurus terhadap arah getar polarisator, namun pada mikroskop tipe Olympus arah getar analisator dapat diatur sekehendak kita.



Gambar 1.6. Kenampakan Lensa Polarisator bawah dan Polarisator atas pada mikroskop Nikon (kiri) dan Motik (kanan).

Lensa Obyektif

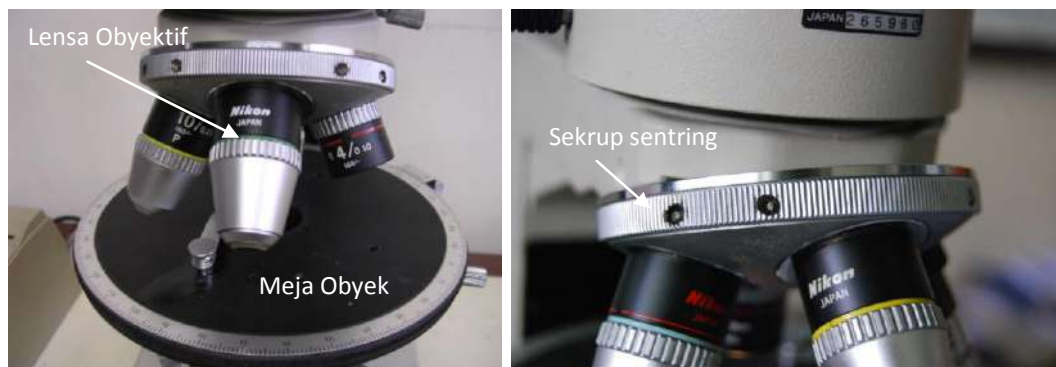
Umumnya paling sedikit disediakan tiga buah lensa obyektif dengan perbesaran yang berlainan. Pada mikroskop tipe Zeiss dan Reichert beberapa lensa obyektif dirangkai dalam satu unit, dilengkapi dengan revolver, sehingga penggantian obyektif dapat dilakukan dengan cepat.

Sekrup pemusat (sentring)

Gunanya untuk mengatur agar sumbu putaran meja tepat pada perpotongan benang silang. Pada mikroskop tipe Olympus dan tipe Zeiss sekrup pemusat terletak pada lensa obyektif sedangkan pada mikroskop Reichert terletak pada tepi meja obyek.

Meja Obyek

Merupakan tempat meletakkan sayatan tipis, pada tepi meja dilengkapi skala 0° - 360° serta skala nonius. Pada mikroskop Zeiss meja obyek dapat digerakkan naik turun untuk mengatur fokus.



Gambar 1.7. Kenampakan Lensa Obyektif dan Meja Obyek (kiri) dan kenampakan dari dekat sekrup pengatur sentring pada tempat kedudukan lensa obyektif (kanan).

Kondensor

Terdiri dari lensa cembung, gunanya untuk memusatkan sinar yang datang dari cermin dibawahnya.

Diafragma

Gunanya untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk ke medan pandang, dengan cara memperbesar atau memperkecil lubang bukaan (apertur).

Cermin.

Selalu terdiri dari cermin datar dan cermin cekung. Masing-masing gunanya untuk mendapatkan pantulan sinar sejajar dan sinar terpusat (konvergen). Pada mikroskop Zeiss kedudukan cermin digantikan oleh lampu.

Sekrup Pengatur Fokus

Gunanya untuk mengatur jarak fokus antara lensa obyektif dengan sayatan tipis. Pada mikroskop Olympus kedua sekrup tersebut letaknya terpisah dibagian atas. Bagian yang bergerak adalah tubusnya, sedangkan pada mikroskop Nikon, Motik, dan Zeiss bagian yang bergerak adalah meja obyeknya, kedua sekrup pengatur fokus terletak pada satu tempat dibagian bawah dari lengan mikroskop. Biasanya pada mikroskop dilengkapi pengatur fokus kasar dan halus.



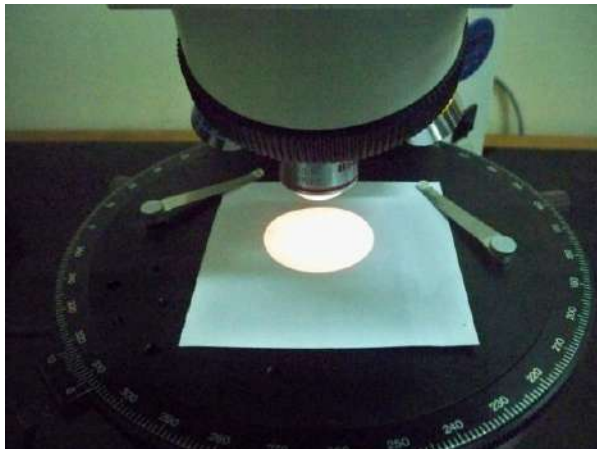
Gambar 1.8. Kenampakan Lensa Kondensor (kiri) dan kenampakan sekrup pengatur fokus pada mikroskop polarisasi Nikon (kanan).

1.2. Cara mempersiapkan Mikroskop Polarisasi

Agar mikroskop siap pakai ada beberapa syarat yang harus dipenuhi yaitu:

1.2.1 Sinar yang masuk ke medan pandangan harus maksimum.

Jika kita mempergunakan mikroskop dengan sumber cahaya (lampu) yang sudah dipasang (oleh pabriknya) di bawah meja obyek maka hanya tinggal menghidupkan lampu, namun bila cahaya yang digunakan berasal dari pantulan cermin, maka kita usahakan agar sinar yang masuk ke dalam medan pandangan harus merata dan maksimum. Bila suatu sayatan tipis diletakan di atas meja obyek, bayangan sinar harus terlihat bulat dan intensitas cahayanya merata.



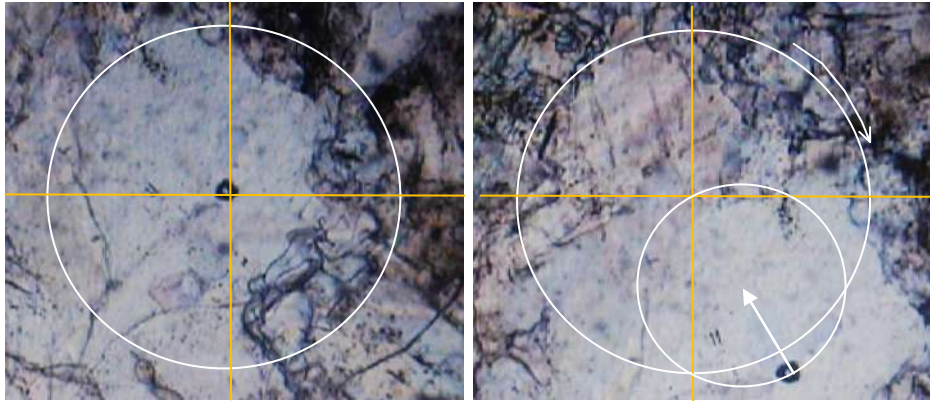
Gambar 1.9. Kenampakan cahaya yang merata yang melewati peraga sayatan tipis mineral.

1.2. 2 Mikroskop harus dalam keadaan terpusat (sentring) atau sumbu putaran meja obyek tepat pada perpotongan benang silang.

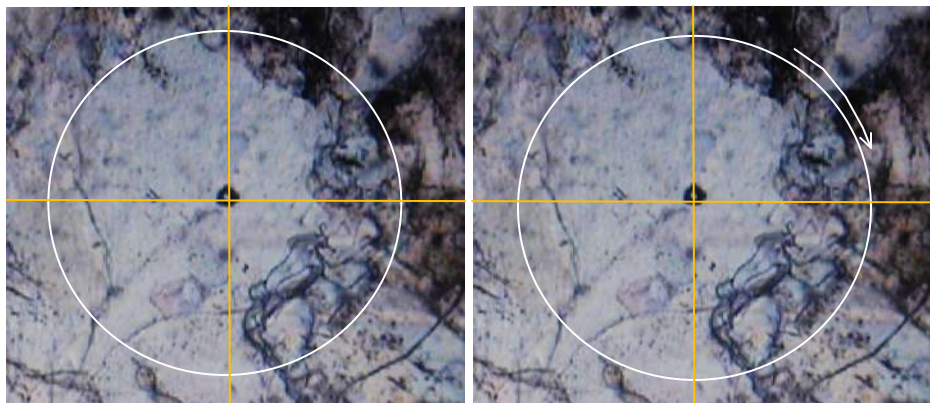
Pada pengamatan mineral, seringkali pada waktu meja obyek

diputar, mineral hilang dari medan pandangan. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa mikroskop belum dalam keadaan sentring. Untuk itu dilakukan cara-cara sebagai berikut:

- a. Syarat 1.2.1 terpenuhi;
- b. Letakkan sayatan tipis pada meja obyek, fokuskan dengan sekrup pengatur kasar maupun halus sehingga diperoleh gambaran obyek yang jelas;
- c. Pilih satu titik kecil (misalnya mineral bijih), letakkan tepat pada perpotongan benang silang;



Gambar 1.10. Kenampakan sayatan tipis pada mikroskop yang belum sentring. Perhatikan titik yang terdapat di tengah medan pandangan, setelah meja obyek diputar, titik tersebut menjauh dari pusat medan pandangan.



Gambar 1.11. Kenampakan sayatan tipis pada mikroskop yang telah sentring. Setelah meja obyek diputar, titik yang terdapat di tengah medan pandangan, tetap pada posisinya.

- d. Putar meja obyek, kalau titik tersebut berputar pada tempatnya, berarti mikroskop sudah sentring. Kalau titik tersebut berputar menjauhi perpotongan benang silang, berarti mikroskop belum sentring;
- e. Apabila mikroskop belum sentring, kita tentukan titik pusat lingkaran yang dibentuk titik (mineral) yang kita putar (setengah jarak kedudukan terjauh dengan perpotongan benang silang);

- f. Putar sekrup pemusat (pin) pada lensa obyektif(untuk mikroskop jenis Zeiss dan Olympus) dan pada meja obyek (untuk jenis Reichert), agar titik (mineral) tersebut bergerak dari kedudukan putaran terjauh ke arah perpotongan benang silang sejauh setengah diameter lintasan putaran;
- g. Ulangi prosedur diatas (a-f), sehingga mikroskop betul- betul dalam keadaan sentring;
- h. Langkah-langkah tersebut harus dilakukan setiap ganti lensa obyektif.

1.2.3 Arah getar polarisator harus sejajar dengan salah satu benang silang

Dengan mempergunakan Mineral biotit :

Mineral biotit apabila sumbu indikatrik sinar Z (berimpit dengan sumbu panjang kristalografi/sumbu *a*) sejajar arah getar polarisator, akan memperlihatkan warna absorpsi maksimum.

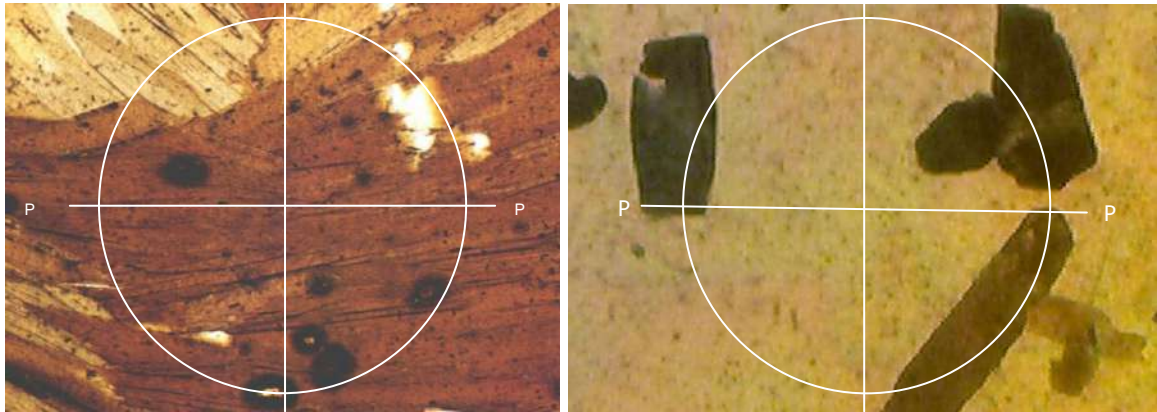
- a. Lensa polarisator dipasang, lensa analisator dilepas;
- b. Pastikan bahwa lensa okuler tepat pada kedudukannya yaitu kedua benang silang terletak pada N-S (vertikal) dan E-W (horisontal);
- c. Pilih kristal biotit yang belahannya terlihat jelas;
- d. Putar meja obyek hingga biotit memperlihatkan warna absorpsi maksimum. Apabila pada saat memperlihatkan warna absorpsi maksimum kedudukan biotit sudah horisontal atau vertikal, berarti arah getar polarisator sudah sejajar salah satu benang silang;
- e. Apabila pada saat memperlihatkan absorpsi maksimum kedudukan biotit miring, berarti arah getar polarisator tidak sejajar salah satu benang silang;
- f. Kalau yang terjadi seperti pada poin e. (arah getar miring), maka letakkan biotit agar sejajar salah satu benang silang (berarti biotit tidak memperlihatkan absorpsi maksimum);
- g. Gerakkan tangkai pengatur polarisator, sampai biotit memperlihatkan warna absorpsi maksimum. Pada keadaan ini berarti arah getar polarisator sudah sejajar dengan salah satu benang silang.

Dengan mempergunakan Mineral Tourmalin

Mineral tourmalin akan memperlihatkan warna absorpsi maksimum jika sinar ordiner/biasa sejajar arah getar polarisator. Sedangkan sinar ekstra ordiner/luar biasa

akan memperlihatkan warna absorpsi minimum jika sejajar arah getar polarisator (indeks bias sinar ordiner lebih besar dari ekstra ordiner).

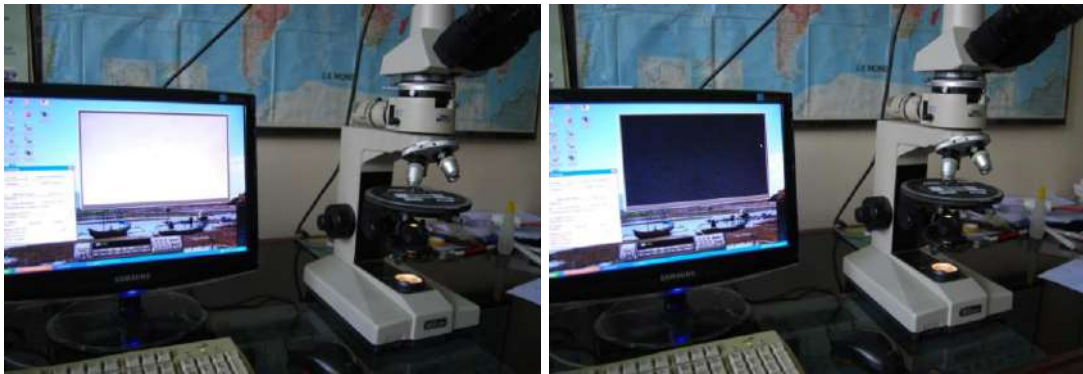
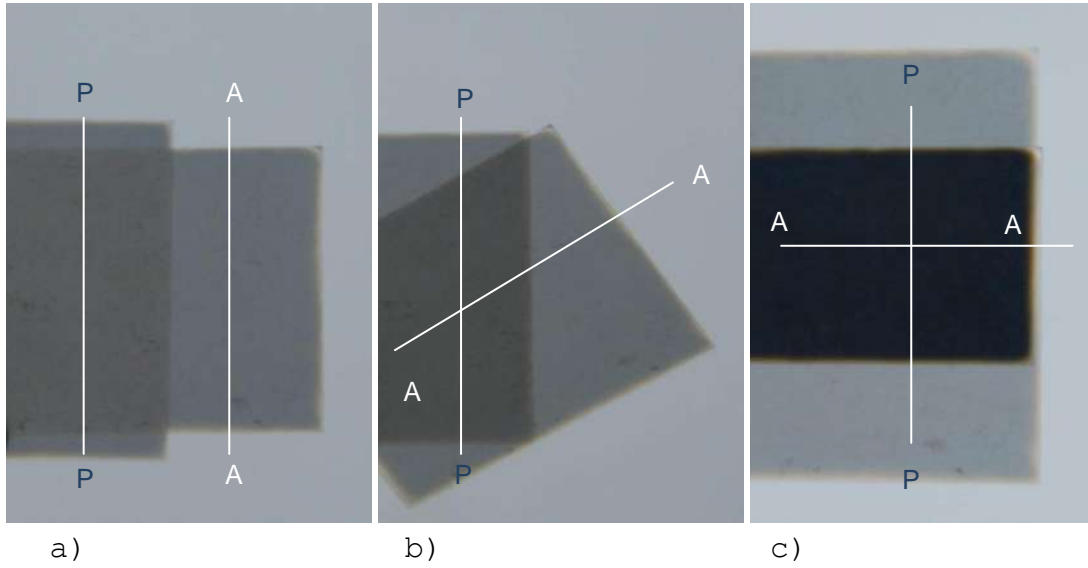
Pada mineral sumbu satu, sinar ekstra ordiner yang sesungguhnya selalu berimpit dengan sumbu c kristalografi (pada mineral tourmalin merupakan sumbu panjang kristalografi). Oleh karena itu pada mineral tourmalin akan memperlihatkan kenampakan warna absorpsi maksimum, jika sumbu panjang kristalografinya tegak lurus arah getar polarisator.



Gambar 1.12. Kenampakan mikroskopik mineral biotit pada ortoskop nikol sejajar. Biotit akan memperlihatkan kenampakan warna absorpsi maksimum, saat sumbu indikatriknya sejajar arah getar polarisator (foto kiri). Mineral tourmaline akan memperlihatkan kenampakan sebaliknya (foto kanan).

1.2.4 Arah getar polarisator harus tegak lurus arah getar analisator

- a. Polarisor sejajar salah satu benang silang (seperti 1.2.3);
- b. Polarisor dan analisator dipasang dengan tanpa sayatan tipis;
- c. Bila medan pandangan nampak gelap berarti polarisor sudah tegak lurus analisator. Bila masih nampak terang berarti bidang arah getaran kedua polaroid tersebut belum tegak lurus, maka analisator harus diputar sambil mengamati medan pandangan hingga didapat kenampakan gelap maksimum.



Gambar 1.13. Gambar atas kenampakan dua lembar lensa polaroid yang memperlihatkan posisi dari kiri ke kanan a) saling sejajar, b) saling membentuk sudut miring, c) saling tegak lurus. Gambar bawah kenampakan mikroskopik saat polarisator sejajar analisator (kiri) dan saat polarisator tegak lurus analisator.

BAB 2

CAHAYA TERKUTUB

2.1. Fenomena Cahaya

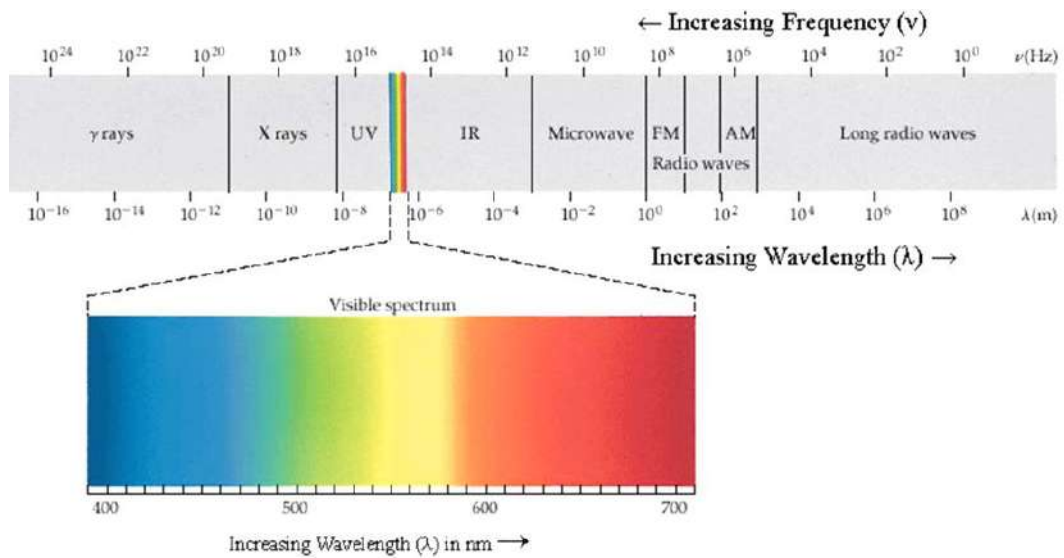
Bagi banyak kalangan cahaya merupakan teka-teki, Sampai sekarang sifat yang pasti dari cahaya belum dapat dipahami secara sempurna. Cahaya dikenal sebagai suatu bentuk energi yang ditransmisikan atau dipancarkan dari satu tempat ke tempat lain dengan kecepatan terbatas, sehingga dapat dideteksi dengan mata. Ada dua teori yang menjelaskan fenomena pergerakan cahaya, yaitu teori partikel dan teori Gelombang. Menurut Nesse (1993) teori gelombang sangat efektif dalam menjelaskan fenomena polarisasi, refleksi, refraksi, serta interferensi. Oleh karena itu pemahaman cahaya selanjutnya akan digunakan teori gelombang.

Teori gelombang, berkeyakinan bahwa cahaya adalah suatu bentuk tenaga pancaran (*radiant energi*) yang bergerak dari satu tempat ke tempat lain seperti gelombang. gelombang cahaya ini mempunyai sifat-elektrik maupun magnetik, oleh karenanya dikenal sebagai pancaran elektro-magnetik (*electro-magnetic radiation*).

Semua pancaran gelombang elektro-magnetik, termasuk cahaya, terdiri dari vektor elektrik dan vektor magnetik, yang bergetar pada bidang yang tegak lurus dengan arah rambat cahaya. Kedua vektor tersebut bergetar pada bidang yang saling tegak lurus. Vektor yang paling berperan dalam kaitannya dengan mineral optik adalah vektor elektriknya. Terdapat hubungan antara vektor elektrik dengan sifat elektrik pada atom suatu mineral yang mempengaruhi, kelakuan cahaya. Tenaga yang berasal dari vektor magnetik secara umum sangat kecil, oleh karenanya untuk pengamatan sifat optik mineral dapat diabaikan (Nesse, 1993).

2.1.1. Spektrum Elektromagnetik

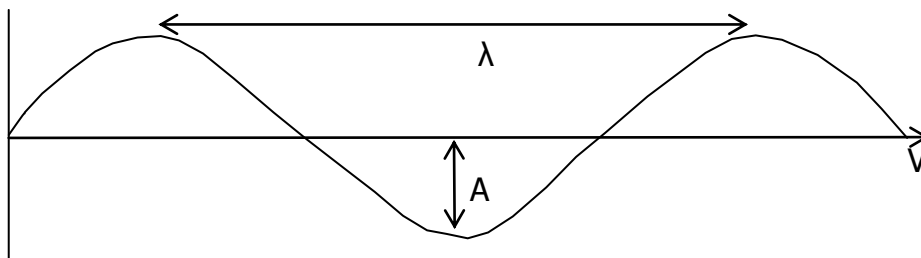
Cahaya yang pancarannya dapat ditangkap oleh mata ini adalah bagian kecil dari spectrum elektromagnetik mulai dari sinar-sinar kosmik hingga gelombang radio dan gelombang elektrik panjang (Gambar 2.1). Cahaya yang dapat kita lihat yang mempunyai hubungan dengan kristalografi-mineralogi optik dikenal sebagai cahaya yang kasat mata (*visible light*). Cahaya ini dicirikan oleh panjang gelombang antara 390-770 μm dengan frekwensi sekitar 10^{15} siklus/detik (Judith, 1991).



Gambar 2. 1 Kenampakan spektrum elektromagnetik.

2.1.2. Gelombang Elektromagnetik

Bentuk simpel dari pancaran gelombang cahaya, seperti gelombang elektromagnetik yang mempunyai kecepatan, frekwensi, serta panjang gelombang, yang dapat digambarkan secara geometrik sebagai berikut:



$f = v/\lambda$
$v = \lambda/T$

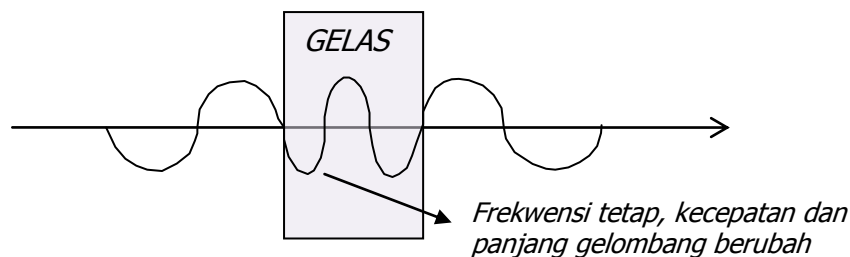
f: frekwensi (Hz), adalah jumlah puncak gelombang pada suatu titik setiap detik, diekspresikan sebagai siklus/detik (Hz). Frekwensi bersifat konstan.
 v: kecepatan gelombang
 λ : panjang gelombang (μm), yaitu jarak antar puncak gelombang
 T: waktu yang dibutuhkan untuk satu getaran
 A: amplitudo, yaitu tinggi puncak gelombang

Gambar 2.2. Gambaran kenampakan gelombang elektromagnetik.

Amplitudo gelombang adalah ukuran intensitas cahaya, sedangkan kecepatan rambat energi gelombang adalah kuadrat dari amplitudo, oleh karena itu apabila amplitudo suatu gelombang besar, maka energi gelombang akan besar.

2.1.3. Kecepatan Gelombang

Sekarang ini telah diterima dan disepakati bahwa di alam bebas (*free space*, nilai kecepatan cahaya adalah $2,997925 \times 10^{10}$ cm/detik. Sedangkan kecepatan cahaya pada media lain adalah tergantung pada sifat media dan frekwensi cahaya yang melewatinya. Dengan beberapa perkecualian yang melibatkan fluorescence, frekwensi suatu gelombang akan tetap konstan, walaupun melewati suatu material. Kecepatan gelombang yang melewati sepotong gelas akan menjadi lebih lambat, sedangkan jumlah puncak gelombang setiap detik (frekwensi) akan sama antara di dalam dan di luar gelas, Karena kecepatan di dalam gelas lebih lambat dibanding di udara, menyebabkan panjang gelombang di dalam gelas menjadi berkurang.



Gambar 2.3 Cahaya yang dilewatkan pada media gelas. Pada saat melewati gelas, kecepatan cahaya akan berkurang. Karena frekwensi selalutetap, maka panjang gelombang pada saat di dalam gelas akan menjadi lebih pendek dibanding pada saat sebelum dan setelah memasuki gelas.

2.1.4. Fase dan Interferensi

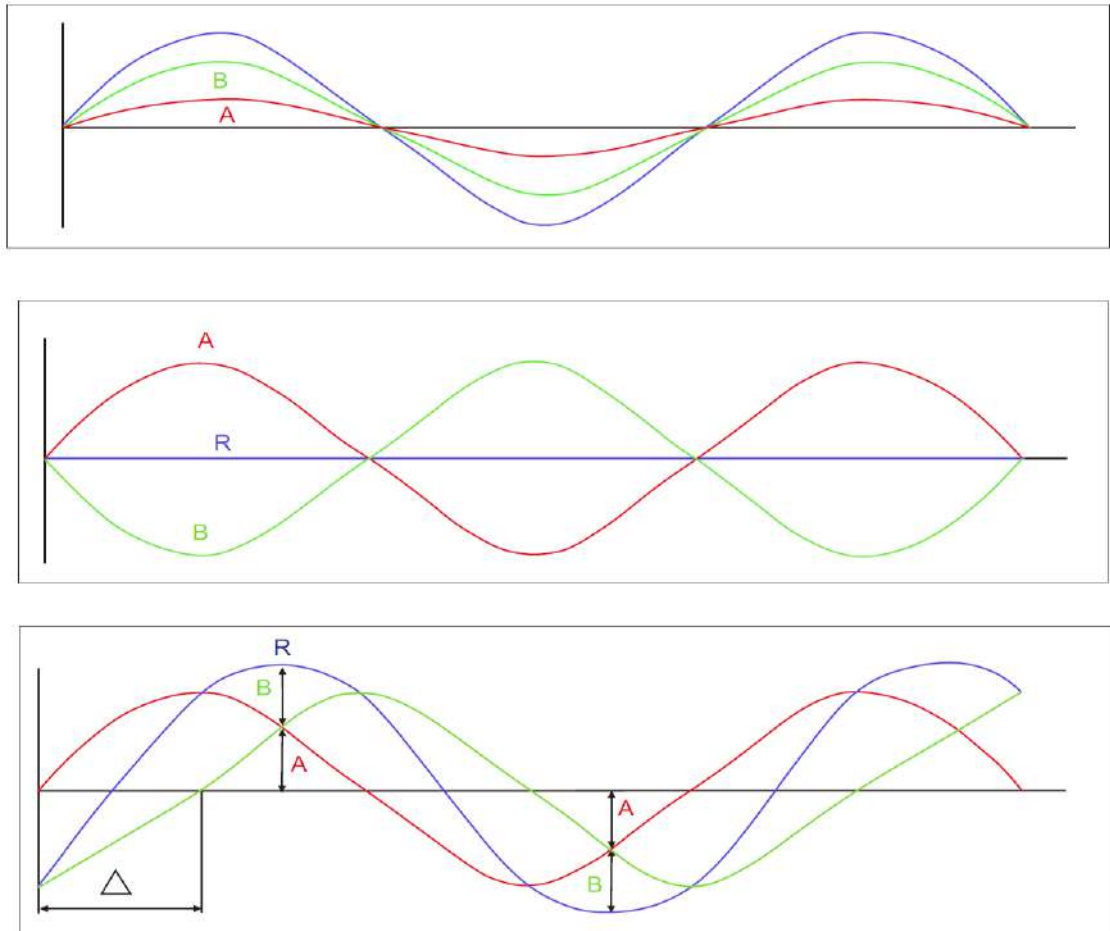
Dua atau lebih gelombang cahaya yang berada pada arah rambat dan bidang getar yang sama, akan mengalami interferensi. Interferensi dua gelombang ini bisa saling menambah (interferensi konstruktif) maupun saling mengurangi (interferensi destruktif). Perbedaan kecepatan antara dua sinar/yang merambat tersebut, pada jangka waktu tertentu, akan menyebabkan adanya perbedaan panjang lintasan. Perbedaan panjang lintasan tersebut disebut **retardasi** (Δ), yang biasanya diukur dalam milimikron (μm), jika sinar cepat memerlukan waktu t_1 detik dan sinar lambat memerlukan waktu t_2 detik untuk melewati kristal, maka besarnya retardasi adalah:

$$\Delta = (t_2 - t_1) v \text{ atau } \Delta = d (n_2 - n_1)$$

Bifrefringer (Bias Rangkap) adalah selisih indeks bias dari sinar yang bergetar (maksimum)

Δ = perbedaan panjang lintasan dari dua sinar yang berbeda kecepatan, tergantung besarnya bias rangkap dan panjang lintasan (tebal sayatan)

Δ = Mempunyai panjang gelombang tertentu. Yang tercermin oleh warna tertentu yang dikenal sebagai warna interferensi



Gambar 2.4 Memperlihatkan harga retardasi dari beberapa genampakan pergerakan gelombang cahaya. a). Gelombang A dan B *in Phase* ($\Delta= 1\lambda$), sehingga membentuk gelombang dengan interferensi konstruktif, dan menghasilkan gelombang resultante (R). b) Gelombang A dan B *out of Phase* ($\Delta= i+1/2\lambda$). Amplitudo Gelombang A dan B mempunyai nilai sama, tetapi berlawanan, kedua gelombang tersebut saling mengurangi (interfrensi destruktif), menghasilkan amplitudo nol. Dalam pengamatan terlihat tanpa cahaya. c) Gelombang A dan B kadang *in phase* kadang *out of phase*. Resultante gelombang adalah jumlah dari kedua gelombang tersebut.

2.1.5. Permukaan Kecepatan Sinar (*ray-velocity surface*)

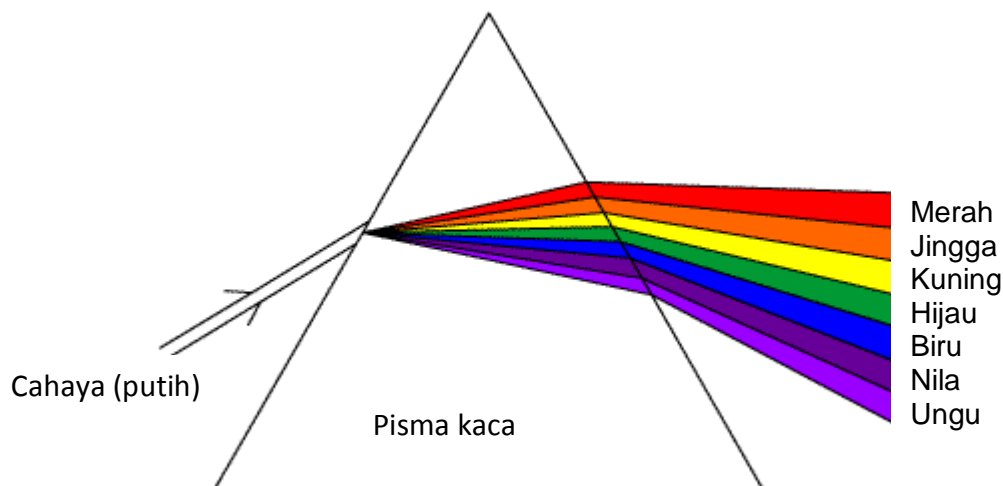
Cahaya yang bergerak dari suatu sumber akan membentuk sinar dengan jarak tertentu. Apabila kita ambil suatu titik sebagai sumber cahaya, maka dari sumber tersebut akan bergerak sinar ke segala arah dengan kecepatan tertentu. Pada jangka waktu tertentu akan menghasilkan jarak tertentu. Titik-titik akhir dari sinar pada jangka waktu

tertentu tersebut apabila dihubungkan akan membentuk suatu permukaan, yang dikenal sebagai permukaan kecepatan sinar.

Karena medium isotropik diartikan dimana suatu cahaya yang melewatinya akan bergerak dengan kecepatan sama, maka bentuk permukaan sinarnya adalah sebagai bulatan. Hal ini berbeda dengan medium anisotropik, dimana cahaya yang melewatinya akan bergetar ke segala arah dengan kecepatan yang berbeda-beda, Pada medium tersebut permukaan kecepatan sinar akan berbentuk elipsoide.

2.1.6. Dispersi

Cahaya matahari yang dikenal sebagai cahaya putih mengandung seluruh kisaran panjang gelombang dari cahaya kasat mata, hal ini dapat dikenali pada gejala terbentuknya pelangi, atau apabila sinar matahari tersebut dilewatkan pada suatu prisma. Cahaya yang mengandung komponen lebih dari satu panjang gelombang disebut sebagai cahaya polikromatik (*polychromatic*), Pemisahan cahaya polikromatik menjadi beberapa komponen panjang gelombang yang berbeda disebut dispersi (*dispersion*), Setiap komponen cahaya yang mempunyai panjang gelombang tertentu yang tidak mengalami dispersi lagi disebut cahaya monokromatik.



Gambar 2.5 Menunjukkan dispersi cahaya yang melewati prisma.

2.1.7. Persepsi Warna

Setiap panjang gelombang dari cahaya akan menghasilkan warna yang berbeda. Sebagai contoh, cahaya yang mempunyai panjang gelombang $660 \mu\text{m}$ dipersepsikan sebagai warna merah, cahaya dengan panjang gelombang $600 \mu\text{m}$ dipersepsikan sebagai warna orange.

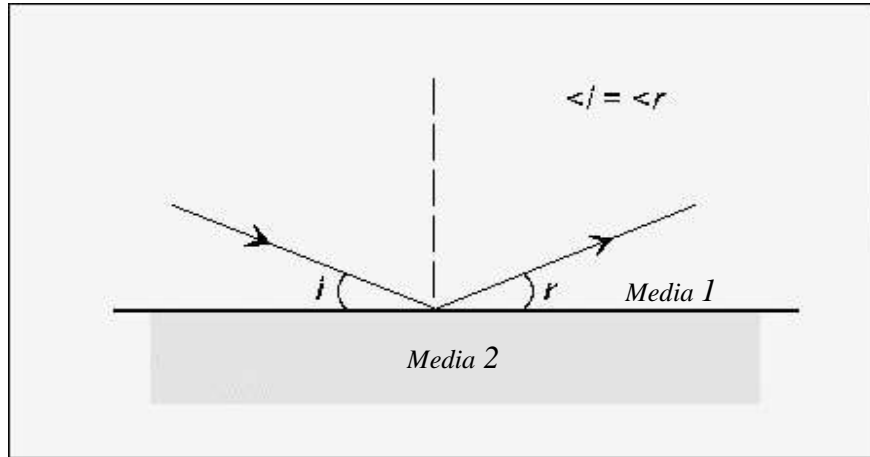
Cahaya yang mencapai mata kita pada dasarnya adalah cahaya monokromatik. Persepsi itu untuk apapun panjang gelombang yang datang. Walaupun sebenarnya kita tidak dapat membedakan dengan pasti apakah cahaya yang kita tangkap tersebut adalah monokromatik atau gabungan dari beberapa panjang gelombang tertentu yang menghasilkan sensasi warna.

Warna suatu benda atau mineral adalah warna dari cahaya yang tidak diabsorpsi pada proses pancaran atau pemantulan. Biasanya warna mineral adalah sama dengan warna cahaya yang dipantulkan atau ditransmisikan. Mineral yang berwarna putih atau transparan disebabkan karena benda tersebut memantulkan seluruh spektrum cahaya kasat mata. Mineral yang berwarna hitam, karena mineral tersebut menyerap seluruh spektrum cahaya kasat mata. Mineral yang mempunyai warna tertentu, disebabkan karena adanya seleksi dari komponen cahaya kasat mata, yaitu ada komponen yang diabsorpsi dan ada yang dipantulkan ke mata kita. Warna mineral sangat tergantung dari cahaya yang datang mengenainya. Mineral yang berwarna putih di bawah cahaya matahari, akan berwarna biru di bawah cahaya biru, tetapi mineral yang berwarna hitam di bawah sinar matahari, akan tetap berwarna hitam di bawah cahaya biru, karena mineral tersebut tidak punya kemampuan untuk memantulkan atau mentransmisikan komponen cahaya monokromatik.

Persepsi warna mineral pada sayatan tipis berbeda dengan persepsi warna mineral yang belum disayat (megaskopis). Warna mineral yang tebal, seperti telah dibahas di atas adalah warna dari komponen cahaya yang dipantulkan atau dipancarkan. Sedangkan warna mineral yang disayat tipis di bawah mikroskop polarisasi adalah warna dari cahaya yang diabsorpsi. Mineral yang berwarna putih atau transparan pada sayatan tipis umumnya tidak berwarna, karena tidak ada atau sedikit cahaya yang diserap. Sebaliknya mineral yang berwarna gelap pada sayatan tipis umumnya memperlihatkan kenampakan warna, karena banyak komponen cahaya yang diserap. Energi cahaya yang diabsorpsi biasanya akan diubah menjadi energi panas.

2.1.8. Pemantulan (Refleksi)

Ketika cahaya menyentuh batas dua media, sebagian dari mereka akan masuk ke dalam media yang baru, dan sebagian dipantulkan. Sudut datang dari cahaya tersebut besarnya sama dengan sudut pantul.



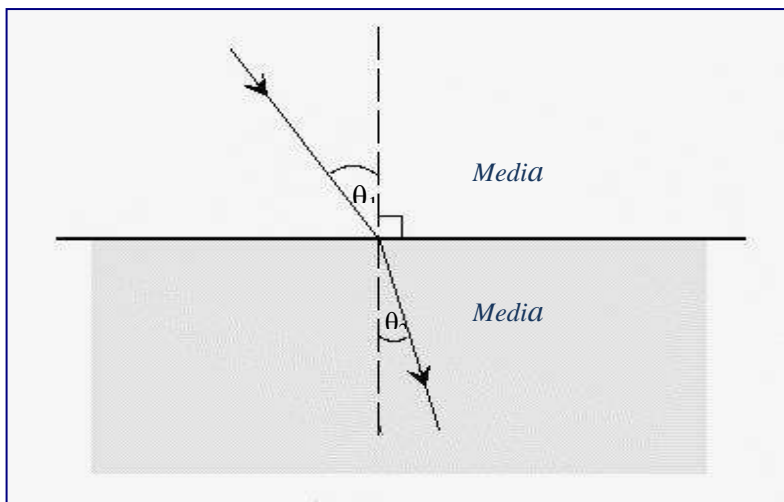
Gambar 2.6 Memerlihatkan kenampakan refleksi cahaya.

Pembiasan (refraksi)

Hukum fisika mengatakan bahwa arah rambat cahaya berbentuk garis lurus. Hukum tersebut betul jika cahaya merambat pada media yang homogen, Cahaya akan dibelokkan apabila melewati batas dua media yang berbeda, dengan kecepatan yang juga berbeda. Besarnya pembiasan sangat dikontrol oleh perbedaan kecepatan cahaya pada dua media yang bersinggungan, hasil pengukuran pembiasan disebut sebagai **indeks bias (n)**, yang didefinisikan sebagai perbandingan kecepatan cahaya pada ruang hampa udara (V_1) dengan kecepatan cahaya pada media yang diukur (V),

$$n = \frac{V_1}{V}$$

Kecepatan cahaya di udara sedikit lebih lambat dibandingkan kecepatan cahaya pada hampa udara. Indeks bias udara adalah 1,000274.



Gambar 2.7 Memerlihatkan kenampakan refraksi cahaya.

θ_1 : sudut datang
 θ_2 : sudut bias

n_1 : indeks bias media 1
 n_2 : indeks bias media 2

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{Kalau media 1 adalah udara} \quad n_2 = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

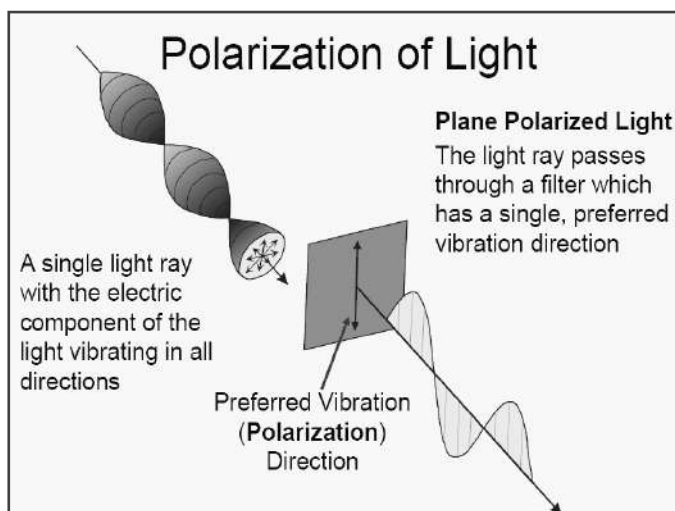
Indeks bias media selain udara pada umumnya berkisar antara 1,4 - 2,0.

Cahaya untuk observasi pada dasarnya ada 3 yaitu :

- Dengan cahaya ordiner (ordinary light), sistem yang jarang digunakan;
- Dengan cahaya terkutub (plane polarised light), cahaya dikutubkan sebelum masuk ke mineral;
- Dengan cahaya terkutub silang (crossed polarized light), cahaya dikutubkan sebelum dan sesudah masuk mineral.

2.2. Cahaya Terkutub (Polarized light)

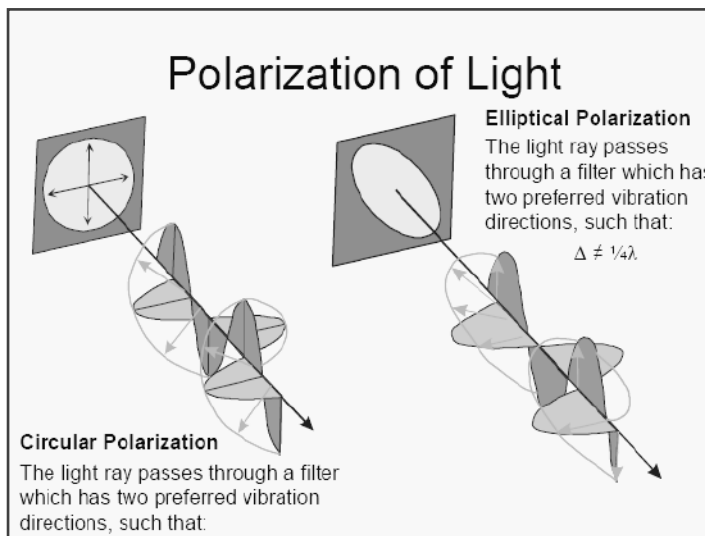
Cahaya ordiner, yang datang langsung dari matahari atau *incandescent light bulb* (bohlam yang memancarkan cahaya kasat mata), digetarkan ke segala arah pada bidang yang tegak lurus dengan arah rambatnya. Cahaya terkutub adalah gelombang cahaya yang bergetar hanya pada satu atau dua bidang getar.



Gambar 2.8 Memperlihatkan kenampakan cahaya yang tidak terpolarisasi dan cahaya terpolarisasi. Pada mikroskop polarisasi, cahaya yang melewati mineral, bergetar melalui satu bidang polaroid (Nesse, 1991).

Ada tiga macam cahaya yang terpolarisir, yaitu polairisasi bidang (*linier wave polarization*), polarisasi sirkuler (*circular polarization*), dan polarisasi eliptikal (*elliptical polarization*). Polarisasi sirkuler dan eliptikal terbentuk apabila gelombang cahaya

digetarkan pada dua bidang yang terpolarisir. Dua gelombang tersebut mempunyai amplitudo yang sama serta arah getarnya saling tegak lurus satu sama lain. Pada polarisasi sirkular antara dua gelombang yang bergetar mempunyai retardasi $\frac{1}{4} \lambda$, sedangkan pada polarisasi eliptikal, harga retardasinya tidak sama dengan $\frac{1}{4} \lambda$.



Gambar 2.9 Memperlihatkan kenampakan cahaya yang terpolar sirkular dan eliptikal (Nesse, 1991).

Pada polarisasi bidang, vektor elektriknya bergetar hanya pada satu bidang, Gelombang cahaya yang merambat terlihat sangat sederhana dengan hanya bergetar pada satu bidang polarisasi. Pada pembahasan selanjutnya, yang berhubungan dengan sifat optik mineral akan mengacu pada cahaya polarisasi bidang. Terdapat beberapa metode polarisasi cahaya, diantaranya polarisasi dengan pantulan, polarisasi dengan absorpsi dan polarisasi dengan bias rangkap.

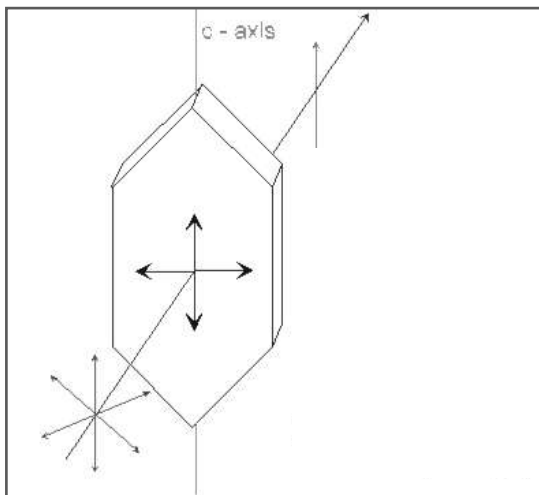
2.2.1. Polarisasi dengan pantulan

Pada tahun 1882 Malus menemukan bahwa cahaya yang dipantulkan dari sudut tertentu pada media yang halus, transparan, dan nonkonduktor akan terpolarisasi pada satu bidang, dimana bidang polarisasi maksimum sejajar dengan permukaan pantulnya. Sir Bavid Brewster, mendemonstrasikan bahwa polarisasi komplit dari pantulan terjadi apabila jumlah sudut datang dan sudut bias sama dengan 90° . Pada media gelas, polarisasi maksimum akan terbentuk apabila sudut datang dari cahaya adalah sebesar 57° .

2.2.2. Polarisasi dengan Absorpsi

Beberapa mineral anisotropik mempunyai sifat absorpsi yang kuat, diantaranya adalah turmalin. Turmalin mempunyai sifat absorpsi kuat pada gelombang cahaya yang bergetar tegak lurus dengan sumbu-C kristalografinya, serta mentransmisikan gelombang cahaya yang bergetar sejajar dengan sumbu-C kristalografinya.

Pada tahun 1852, William Herapath meneliti suatu senyawa anorganik yang ia sebut sebagai iodocinchondine-sulfate, yang mempunyai sifat seperti turmalin. Senyawa tersebut kemudian dikenal sebagai kristal herapathite, sebagai penghormatan atas penemuannya. Istilah "polaroid" yang dikembangkan pada tahun 1930-an oleh Edwin Land, pada mulanya adalah sebagai kumpulan kristal-kristal sangat halus dari herapathite yang disusun secara terorientasi pada binder plastik. Pada saat ini nama polaroid merupakan beberapa filter sintetik yang diproduksi pabrik, dibuat sedemikian rupa sehingga mempunyai sifat absorpsi yang kuat, serta mentransmisikan cahaya yang bergetar pada satu bidang.

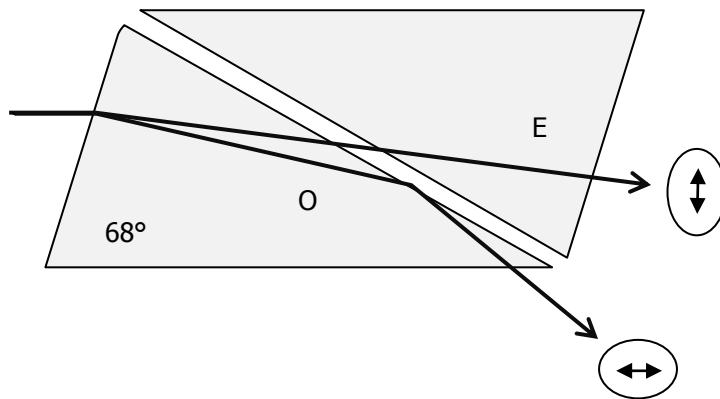


Gambar 2.10 Memperlihatkan cahaya yang bergetar melewati Kristal dan polaroid. Hanya cahaya yang sejajar dengan bidang Polaroid yg dibiaskan, sedangkan sinar lain yang bergetar ke semua arah diabsorpsi.

2.2.3. Polarisasi dengan bias rangkap

Cahaya polarisasi dapat juga dihasilkan dari perbedaan indeks bias dua sinar dari mineral anisotropik. Cahaya polarisasi ini umumnya dibuat dari kristal kalsit yang bersih, yang dipotong secara diagonal kemudian direkatkan kembali dengan balsam Kanada. Cahaya yang masuk ke dalam kalsit akan dibagi menjadi dua bidang yang terpolarisir, yang bergetar saling tegak lurus dengan kecepatan yang berbeda, yang dikenal sebagai sinar ordiner (ω) dan sinar ekstraordiner (ϵ). Nilai $n_{\omega} = 1.658$, $n_{\epsilon} = 1.486$ dan $n_{\text{Balsam Kanada}} = 1.537$, sehingga $n_{\epsilon} < n_k < n_{\omega}$. Pada saat cahaya yang melewati kalsit mencapai balsam Kanada, sinar ordiner yang mempunyai indeks bias lebih besar dari balsam Kanada

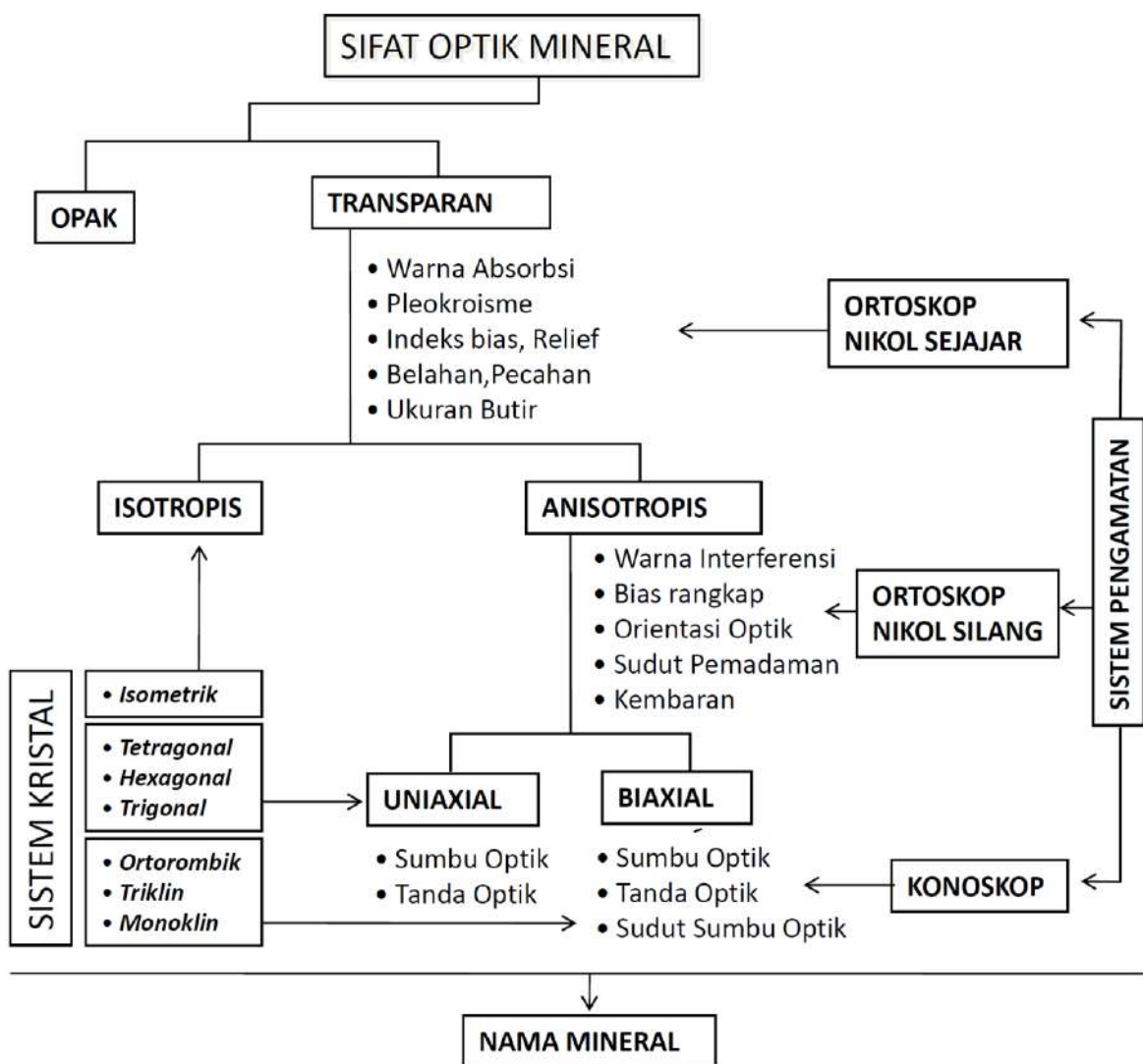
seluruhnya akan dipantulkan. Sedangkan sinar ekstraordiner yang mempunyai indeks bias lebih kecil dari balsam kanada akan terus dilewatkan dan keluar membentuk cahaya polarisasi satu bidang.



Gambar 2.11 Kenampakan bias rangkap pada mineral kalsit.
 $n_E=1.4864$, $n_{\text{balsam}}=1.528$,
 $n_O=1.6584$.

BAB 3 ORTOSKOP NIKOL SEJAJAR

Untuk melakukan pengamatan sifat-sifat optik mineral diperlukan beberapa tahapan, yaitu dari ortoskop nikol sejajar, ortoskop nikol silang dan konoskop (Gambar 3.1). Berdasarkan ketembusan terhadap cahaya, mineral dibagi menjadi mineral opak dan mineral transparan. Mineral opak adalah mineral yang tidak tembus cahaya, sedangkan mineral transparan adalah mineral yang tembus cahaya.



Gambar 3.1. Diagram alir identifikasi sifat optik mineral.

Pengamatan mikroskop polarisasi nikol sejajar adalah pengamatan dengan tidak menggunakan analisator atau analisator sejajar arah polarisator. Artinya kita mengamati cahaya polarisasi yang merambat melewati kristal, tetapi hanya pada satu bidang getar yang sejajar dengan arah getar polarisator.

Sifat optik yang dapat diamati antara lain warna absorpsi, pleokrisme, index bias, relief dan juga bentuk belahan/pecahan, serta ukuran butir.

3.1 Warna dan pleokrisme

Terjadinya warna merupakan akibat dari gejala serapan cahaya yang melintasi Kristal. Warna mana yang teramati adalah warna cahaya yang melewati sumbu indikatrik yang sedang bergetar sejajar dengan arah getar polarisator.

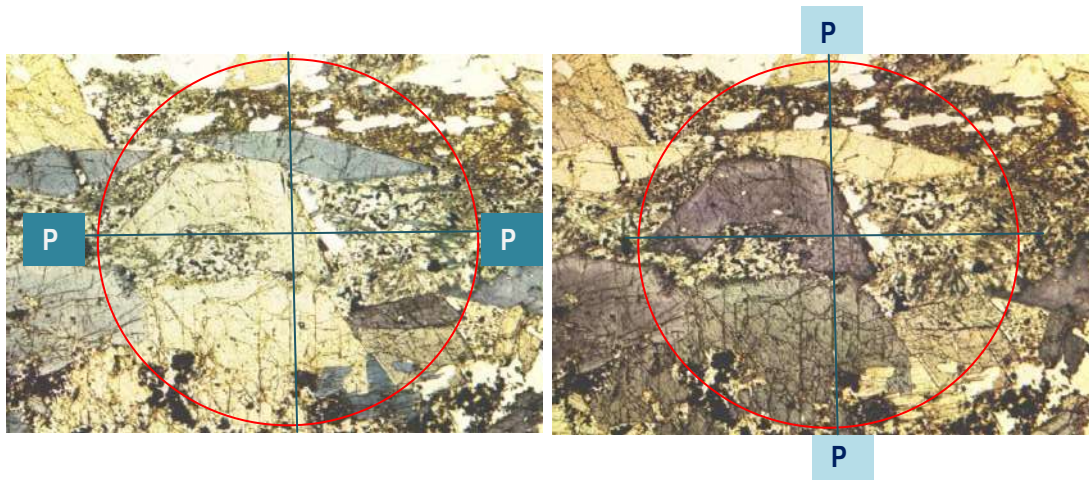
Idiochromatis adalah warna asli mineral. Allochromatis adalah warna akibat pigmen lain, seperti inklusi kristal-kristal halus atau oleh adanya elektron-elektron dari logam-logam transisi (Cr, Fe, Mn all) pada mineral yang bersangkutan. Kehadiran warna bagaimanapun sangatlah berarti, karena banyak mineral yang mudah dikenal karena mempunyai warna yang khas (lihat tabel 2.2), sebagai contoh biotit berwarna coklat, gloukofan berwarna ungu biru, klorit berwarna hijau.

Jika cahaya yang melewati sumbu indikatrik suatu mineral dengan kenampakan warna yang berbeda, maka apabila meja obyek diputar lebih dari 90° , maka mineral tersebut akan menampilkan lebih dari satu warna. Gejala demikian disebut sebagai gejala pleokrisme.

Pleokrisme Dwikroik jika dicirikan oleh dua warna yang berbeda (mineral dengan sistim kristal hexagonal dan tetragonal). Sedangkan pleokrisme Trikroik jika dicirikan oleh perubahan tiga warna yang berbeda (mineral dengan sistem kristal ortorombik, monoklin, dan triklin). Sedang pada mineral yang bersistem kristal isometrik tidak mempunyai sifat pleokrisme.

Suatu mineral yang mempunyai sifat trikroik, dalam satu sayatan tipis maka tidak akan memperlihatkan tiga kali perubahan warna, tetapi hanya dua kali perubahan warna, karena hanya ada dua sumbu yang dapat dilewati sinar (harus dengan dua atau lebih mineral dengan sayatan berbeda arah).

Warna mana yang nampak dalam mikroskop, tergantung sumbu indikatrik sinar mana yang sedang bergetar sejajar arah getar polarisator. Pleokroik lemah jika perbedaan warna absorpsi tidak begitu menyolok, sehingga perubahan warna selama pengamatan tidak begitu jelas, seperti pada beberapa mineral piroksen. Sedangkan istilah Pleokroik kuat digunakan jika perbedaan warnanya cukup jelas dan kontras.



Gambar 3.2 Memperlihatkan perubahan warna pada mineral gloukofan. Setelah meja obyek diputar 90°, terdapat mineral yang berubah dari biru menjadi transparan, Ungu menjadi transparan, sedangkan mineral lainnya berubah dari ungu menjadi biru. Pada sayatan tersebut kita dapat melihat gejala trikroik melalui tiga mineral.

Tabel 3.1. Warna-warna dari beberapa macam mineral (Kerr, 1977).

Sumbu Optik	Tanda	merah	jingga	orange	coklat	Kuning
Isotropis		Sphalerite Spinel Cilachite Perovskite	Sodalite Fluorite Perovakite Garnet	Perovakite	Sphalerite Fluorite Spinel Collophane Cilachite Perovskite Garnet	Sodalite Spharelite Flourite Spinel Collophane Garnet
Anisotropis Uniaxial	(+)	Rutile			Zircon Cassiterite Rutile	Zircon Cassiterite Rutile [Chloritoid]
	(-)		Tourmaline Corundum		(Biotite) Dravite Stilpomelane Tourmaline Apalite	[Biotite] Dravite Stilpnomelane Schorlite Tourmaline Jarosite
Anisotropis Biaxial	(+)	Piedmontite Perovakite	Piedmontite Titanite Staurolite Clinochlore Perovakite	Piedmontite Staurolite Perovakite	Piedmontite Titanite Staurolite Clinochlore Aegirine- augite Chondrodite Perovakite	Piedmontite Titanite Staurolite Monazite Chloritoid Clinochlore Aegirine- augite Chondrodite

	(+)	Iddingsite			Iddingsite	
	(-)	Allanite	Hypersthene Andalusite Dumortierite		Biotite Allanite Phlogopite Basaltic Hornblende Aegirine Hypersthene Hornblende	Biotite Epidote Glaucothane Allanite Phlogopite Actinolite Glaucanite

Lanjutan warna-warna dari beberapa macam mineral (Kerr, 1977).

Sumbu Optik	Tanda	Hijau	Biru	Ungu	Abu-abu	Hitam
Isotropis		Flourite Spinel Perovakite Garnet	Sodalite Flourite Spinel Lazurite	Flourite Perovakite	Sodalite Cliachite Perovakite	Spinel Garnet
Anisotropis Uniaxial	(+)	Rutile [Chloritoid] [Chlorite]	Rutile [Chloritoid] [Chlorite]	Rutile	Zircon Cassiterite Rutile	
	(-)	[Biotite] Stilpnomelane Schorlite Tourmaline Apalite	Schorlite Corundum Apalite	Schorlite Corundum	Schorlite Apalite	Schorlite
Anisotropis Biaxial	(+)	Sphene Chloritoid Clinochlore Aegirine-augite Perovakite	Chloritoid	Piedmontite Perovakite	Sphene Perovakite	Sphene
	(+/-)	Crocidolite Chlorite Reibeckite	Crocidolite Chlorite Reibeckite	Crocidolite		
	(-)	Biotite Epidote Lamprobolite Aegirine Hypersthene Actinolite Glaucanite Hornblende	Epidote Glaucophan Dumortierite Cordierite Lazulite	Glaucothane Dumortierite	Glaucothane	Aegirine Glaucanite

Lanjutan warna-warna dari beberapa macam mineral (Kerr, 1977).

Sumbu Optik	Tanda	Mineral Tak Berwarna					
Isotropis		Amisite	Leucite	Halite			
		Analcime	Nosean	Hauyene			
		Berthierine	Opal	Hydrogrossular			
		Clay	Periclase	Sylvite			
		Collophane	Perovskite	Volcanis Glass			
		Flourite	Sodalite				
		Garnet	Sphalerite				
		Greenalite	Spinel				
Anisotropis Uniaxial	(+)	Alunite	Leusite	Chabazite	Vesuvianite		
		Apophyllite	Melilite	Chalcedony	Xenotime		
		Brucite	Osumilite	Eucryptite	Zircon		
		Cassiterite	Quartz				
	(-)	Angkerite	Indialite	Corundum			
		Apatite	Magnesite	Cristobalite			
		Apophyllite	Melilite	Dolomite			
		Beryl	Nepheline	Tourmaline			
		Calcite	Rodhocorsite	Vesuvianite			
		Canerinite	Scapolite	Vishnevite			
	Anisotropis Biaxial	(+)	Augite	Cabazite	Gibbsite	Mesolite	Wairakite
			Anhydrite	Clay	Gypsum	Monazite	Prehnite
			Anthophyllite	Clinozoisite	Heulandite	Natrolite	Pumpelly
			Boehmite	Colemanite	Humite grup	Ulexite	Rhodonit
Barrite			Cordierite	Jadeite	Omphasite	Sapphiri	
Celestelite			Cumingtonite	Kieserite	Orthopyroxene	Siliman	
Carnalite			Diaspore	Lawsonite	Pectolite	Spodumen	
Zoisite			Trydimite	Thomsonite	Pigeonite	Thenardi	
Topaz							
(+/-)			Olivine				
		Plagioklas					
(-)		Andalusite	Margarite	Epidote	Stilbite		
		Anortoclase	Monticellite	Glauberite	Strontiane		
		Axinite	Muscovite	Glaucophane	Talc		
		Aragonite	Nahcolite	K-feldspar	Tremolite		
		Borax	Orthopyroxen	Kernite	Trona		
	Boehmite	Phlogopite	Kyanite	Wairakite			
	Cordierite	Palygorskite	Laumintite	Witherite			
	Chabazite	Scolite	Lepidolite	Wollastonite			
	Chlorite	Serpentine					
	Clay	Polyhalite					
	Clinoptilolite	Richterite					
	Clintonite	Shapphirine					

3.2 Ukuran Mineral

Ukuran mineral dibawah kenampakan mikroskop, dapat dihitung dari perkalian perbesaran lensa okuler dan lensa obyektif, dapat pula langsung dengan mikrometer obyek atau penggaris. Untuk mengetahui ukuran tiap bagian, dipergunakan lensa okuler yang berskala. Dari perhitungan tersebut dapat diketahui diameter dari lingkaran medan pandangan. Dengan demikian kita akan bisa mengetahui ukuran setiap mineral (umumnya dengan skala mm)



Gambar 3.3 Kenampakan lensa okuler dan obyektif dengan angka perbesarannya (atas). Gambar samping memperlihatkan skala grafis pada medan pandang.

3.3 Bentuk Mineral

Ditinjau dari keutuhan bidang kristalnya (dalam praktek dilakukan dengan mengamati bidang batas dari suatu mineral) dapat dibagi :

- a. Euhedral jika seluruhnya dibatasi oleh bidang kristalnya sendiri;
- b. Subhedral jika sebagian dibatasi oleh bidang kristalnya sendiri;
- c. Anhedral jika tidak dibatasi bidang kristalnya sendiri.


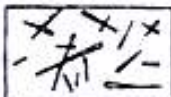


Suatu jenis mineral bisa tumbuh dengan bentuk euhedral, subhedral, maupun anhedral. Tetapi ada mineral-mineral tertentu yang hampir selalu hadir euhedral, dan ada mineral yang hampir tidak pernah hadir dengan bentuk euhedral.

Mineral yang tumbuh dengan bentuk euhedral, akan memperlihatkan bentuk sesuai dengan struktur atomnya. Mineral tertentu akan mempunyai bentuk kas tertentu (bentuk alami), seperti biotit yang berbentuk *tabular*, silimanit yang berbentuk *fibrous*, leusit yang *trapezohedron* dan lain sebagainya (lihat tabel 3.3, 3.4, 3.5). Tetapi kenampakan mikroskopis adalah dua dimensi, sehingga kita perlu membayangkan secara tiga dimensi. Kita juga harus memperhatikan arah sayatan, karena pada mineral yang *fibrous*, kalau dipotong tegak lurus arah memanjangnya, maka tidak akan nampak *fibrous*.






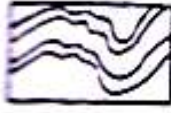
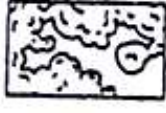



Tabel 3.2 Mineral-mineral dalam bentuk kristal euhedral (Kerr, 1977)

cc = very common		c = common		r = rare		rr = very rare	
Isometric	Tetragonal	Hexagonal	Orthorhombik	Monocline	Tricline		
Pyrite c	Rutile c	Quartz c	Celestite r	Colemanite c	Microcline r		
Fluorite r	Cassiterite c	Corundum c	Forsterite c	Gibbsite r	Plagioclase c		
Spinel r	Melilite c	Calcite r	Olivine c	Monazite r			
Magnetite c	Idocrase c	Dolomite r	Fayalite c	Lazulite rr			
Perovskite c	(Vesuvianite) c	Jarosite rr	Monticellite c	Orthoclase c			
Leucite cc	Scheelite r	Alunite rr	Topaz r	Sanidine cc			
Sodalite c	Zircon c	Apatite cc	Andalusite r	Adularia c			
Hauyne c	Scapolite r	Dahllite c	Zoisite r	Aegirine-augite c			
Garnet cc		Cancrinite r	Staurolite c	Spodumen c			
Analcime r		Tourmaline r	Lawsonite r	Jadeit rr			
		Chabazite c	Dumortierite r	Lamprobolite cc			
		Nepheline r		Sphene c			
				Epidote c			
				Pyroxene c			
				Amphibole c			





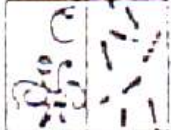
Tabel 3.3 Bentuk-bentuk mineral (Individu) (Kerr, 1977)

 Equant grains		 Acicular		 Lathlike		 Columnar	
Fluorite	Forsterite	Rutile	Ilmenite	Borax	Amphibole		
Quartz	Olivine	Silimanite	Aragonite	Trona	Glaucophane		
Periclase	Fayalite	Aragonite	Kernite	Quartz	Beryl		
Rutile	Chondrodite	Dumortierite	Barite	Corudum	Scapolite		
Cassiterite	Garnet	Tourmaline	Celestite	Orthoclase	Idocrase		
Spinel	Zircon	Stilbite	Gypsum	Sanidine	Topaz		
Magnetite	Topaz	Natrolite	Aegirine	Microcline	Kyanite		
Chromite	Andalusite		Millite	Anorthoclase	Zoisite		
Anhydrite	Axinite		Dumortierite	Plagioclase	Clinozoisite		
Apatite	Allanite		Tourmaline	Nepheline	Staurolite		
Schoelite	Cordierite		Epidote	Cancrinite	Micas		
Leucite	Sphene		Piedmontit	Pyroxene	Chlorites		
Sodalite	Lawsonite		Prehnite	Spodumen	Barite		
Hauyne	Glaucosite		Pyrophyllite	Wollastonite			
Melilite	Analcim		Kyanite				

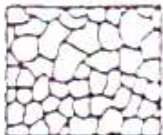




Tabel 3.4 Bentuk-bentuk struktur Kristal (Kerr, 1977)

				
Shatter cracks	Shards	Perlitic cracks	Lithophysae	Flow (with phenocrysts)
Glass Halloysite Opal	Glass Montmorillonite	Glass	Tridymite	Lechatelierite Glass
				
Banded	Colloform	Oolitic	Pisolitic	Organic structures
Lechatelierite Dahllite Chalcedony Opal Calcite Aragonite Barite Fluorite	Opal Siderite Collophane Halloysite	Limonite Calcite Siderite Collophane Camosite Palagonite	Cliachite Limonite	Bone (a) : Collophane Celluler (b) : Chalcedony Opal Quartz

Tabel 3.5 Bentuk-bentuk kristal agregat (Kerr, 1977)

				
Radiated	Spherulitic	Graphi	Cemented	Incipient Crystals
Dahllite Cummingtonite Pumpellyite Schorlite (tourmaline) Prochlorite Pyrophyllite Natrolite Chalcedony Gibbsite Thomsonite Aragonite Dumortierite	Chalcedony Cristobalite Calcite Siderite Dahllite Orthoclase prennite	Quartz-Feldspar Quartz-Staurolite Quartz-Actinolite Nepheline-Feldspar Corundum-andalusite Glass-Leucite	Giobbsite Antigorite	Crisstobalite in glass

Lanjutan bentuk-bentuk kristal agregat (Kerr, 1977)

 Granular	 Fibrous	 Acicular	 Lathlike	 Foliated
Quartz Calcedony Gibbsite Calcite Dolomite Magnesite Siderite Barite Celestite Anhydrite Gypsum Polyhalite Alunite Jarosite Dahllite Olivine Epidote Kaolinite Halloysite Montmorillonite analcime	Brucite Trona Gypsum Polyhalite Jadeite Erionite Wollastonite Anthophyllite Tremolite-actinolite Cummingtonite Grunerite Nephrite Riebeckite Sillimanite Prehnite Sepiolite Antigorite Lizardite Chrysotile Mesolite Pyrophyllite	Aragonite Dumortierite Tourmaline Stilbite Natrolite Laumontite Thomsonite scolecite	Feldspar Hedenbergite Jadeite Wollastonite Tremolite-actinolite Grunerite Glaucothane Beryl Scapolite Topaz Andalusite Tourmaline Zoisite Clinozoisite Epidot Piedmontite Staurolite Biotite Thomsonite Scolecite Idocrase (vesuvianite) Scapolite Dumortierite aragonite	Graphite Hematite Brucite Carnotite Muscovite Biotite Stilpnmelane Phlogopite Lepidolite Prochlorite Clinocllore Pennine Chloritoid Anthophyllite Iddingsite Talc Pyrophyllite Kaolinite Montmorillonite Dickite illite

3.4 Belahan dan pecahan

Setiap mineral mempunyai kemampuan dan kecenderungan untuk terpisah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil melalui bidang yang lurus dengan arah tertentu sesuai dengan bentuk kristalnya. Bidang yang lurus dengan arah tertentu tersebut disebut Belahan. Apabila bidang-bidang tersebut tidak dikontrol oleh bentuk kristalnya (struktur atomnya), tetapi dikontrol oleh faktor lain seperti kembaran maka bidang tersebut dinamakan "*parting*". Apabila bidang-bidang tersebut tidak lurus, dengan arah tidak tertentu dan tidak dikontrol oleh struktur atomnya, bidang tersebut dinamakan pecahan (Gambar 3.3).

Setiap mineral dicirikan oleh pola belahan tertentu (bias satu arah atau lebih dengan dengan sudut antar belahan yang tertentu (Tabel 3.7 dan 3.8). Apabila suatu mineral dipotong dengan arah sayatan yang berlainan, maka dalam pengamatan mikroskopis akan memperlihatkan pola belahan yang berlainan pula (Gambar 3.4).

Tabel 3.6 Mineral berdasarkan arah belahan (Kerr, 1977)

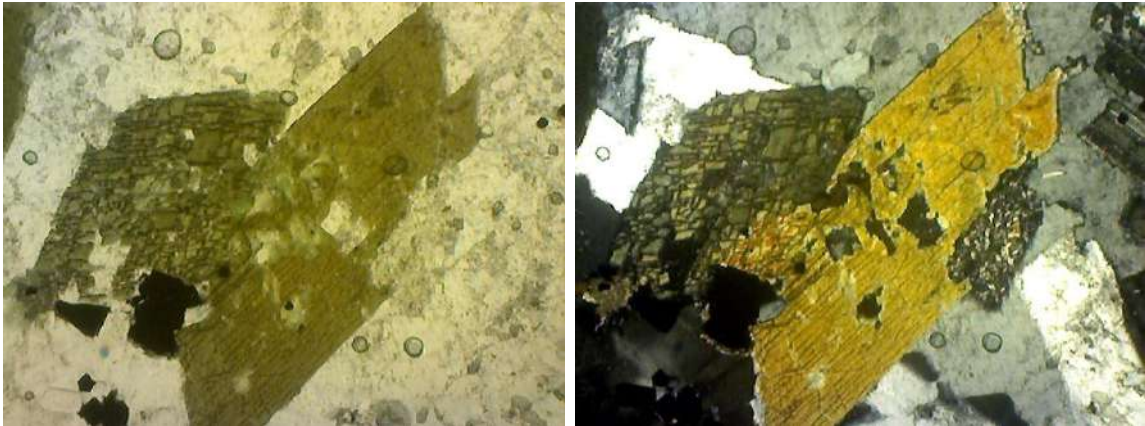
Belahan 1 Arah	Belahan 2 arah	Belahan 3 Arah atau lebih
Alunite	Andalusite	Axinite
Biotite	Anorthoclase	Anhidrite
Chlorite	Anthophyllite	Barite
Chloritoid	Augite	Corundum
Corundum	Aegirine	Calcite
Cordierite	Cummingtonite	Diaspore
Cancrinite	Diopside	Dolomite
Condrodite	Enstatite	Halite
Clinozoisite	Gloucophane	Iddingsite
Dumortierite	Grunerite	Kyanite
Epidote	Hornblende	Lawsonite
Gypsum	Hedenbergite	Magnesite
glouconite	Hyperstene	Nepheline
Heulandite	Jadeite	Perovskite
Kaolinite	Laumontite	Rutile
Lepidolite	Lamprobolite	Sulfur
Montmorillonite	Microcline	Siderite
Mulite	Natrolite	Spinel
Monasite	Orthoclase	sphalerite
Muscovite	Plagioclase	
Prehnite	Pumpellyte	
Pyrophyllite	Pigeonite	
Phlogopite	Riebeckite	
Piemontite	Rutile	
Staurolite	Scapolite	
Stilpnomelansillimanite	Spodemene	
Thomsonite	Scheelite	
Topaz	Sphene	
Talk	Sanidine	
Zoisite	Tremolite-actinolite	
	wollastonite	



Gambar 3.4 Memperlihatkan Kenampakan fotomikroskopik belahan pada mineral plogopit (kiri) dan pecahan pada olivin (kanan) . Foto pada posisi nikol sejajar.

Sebagai contoh, pada mineral kelompok amfibol mempunyai sifat dua belahan yang membentuk sudut lancip. Tetapi sifat tersebut tak selalu nampak dalam sayatan tipis. Apabila mineral amfibol dipotong sejajar sumbu C kristalografinya, maka yang

terlihat hanya belahan-belahan yang searah. Jadi kalau kita mendapati mineral dengan belahan satu arah, ada kemungkinan mineral tersebut adalah kelompok amfibol.



Gambar 3.5 Gambar kiri memperlihatkan kenampakan belahan pada mineral hornblende yang dipotong relatif tegak lurus sumbu-c kristalograf (mineral kiri), sedangkan gambar mineral kanan belahan yang terlihat saat mineral terpotong relative sejajar atau hampir sejajar sumbu-c kristalografi.

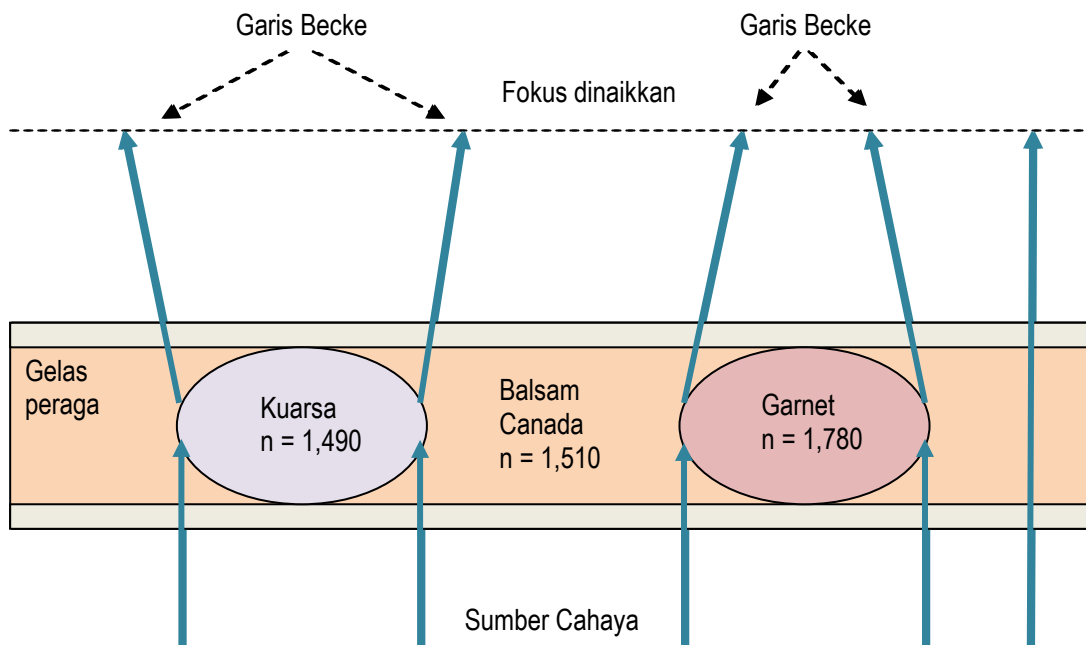
3.5 Indeks bias

Setiap jenis mineral mempunyai indeks bias tertentu dan umumnya merupakan salah satu ciri khas. (lihat tabel 2.9). Pengukuran indeks bias dapat dilakukan secara relatif misal dengan metode pergerakan garis "*becke*" atau secara absolute misal dengan minyak imersi. Dalam praktikum ini hanya dilakukan pengukuran secara relatif, yaitu dengan metode pergerakan garis *becke*. Indeks bias yang akan diukur dibandingkan dengan indeks bias dari bahan yang standar seperti balsam kanada maupun kwarsa (relatif lebih kecil atau lebih besar).

Cara ini dapat langsung digunakan pada mineral isotropis. Sedang pada mineral anisotropis, karena terdapat dua indeks bias yang berbeda, maka kedua mineral yang akan diukur, sumbu indikatrik panjang/pendeknya harus sejajar. Cara ini juga sangat susah, jika mineral yang diamati terdapat dalam suatu sayatan batuan, karena bahan disekitar mineral yang diamati lebih dari satu macam.

3.5.1. Pengukuran Indeks Bias Dengan Garis Becke

Garis Becke adalah suatu garis terang yang timbul pada batas antara dua media yang saling bersentuhan, karena adanya perbedaan indeks bias dari kedua media tersebut. Garis Becke akan lebih jelas bila cahaya yang masuk dikurangi. Bila tubus dinaikkan (meja obyek diturunkan) maka garis becke akan bergerak ke media yang mempunyai indeks bias yang besar. Sebaliknya bila tubus diturunkan maka garis becke akan bergerak kearah media yang mempunyai indeks bias lebih kecil.



Gambar 3.6 Sketsa yang memperlihatkan terbentuknya garis Becke. Modifikasi dari Perkins dan Henke (2000).

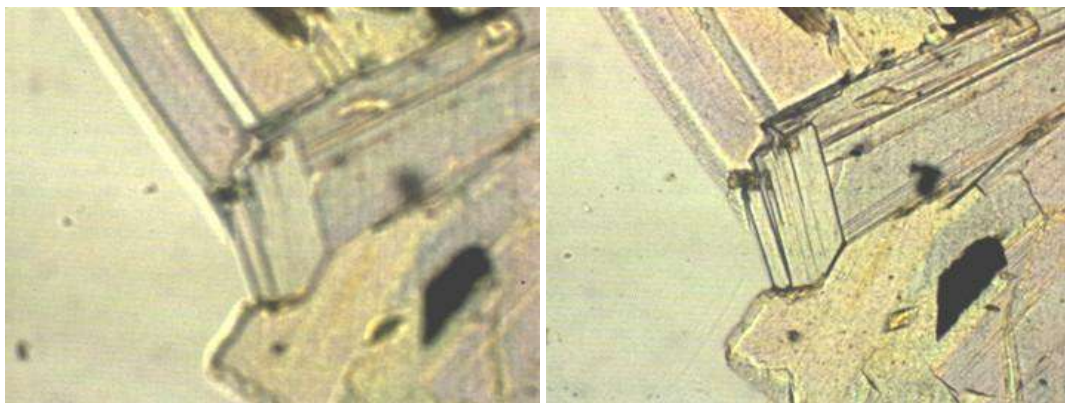


Foto 3.7 Memperlihatkan kenampakan garis Becke yang terbentuk di sekitar mineral. Gambar kiri mikroskop dalam keadaan fokus. Gambar kanan Meja obyek diturunkan, garis Becke bergerak kedalam mineral, mengindikasikan bahwa indeks bias mineral lebih tinggi dari minyak imersi. Perkins dan Henke (2000).

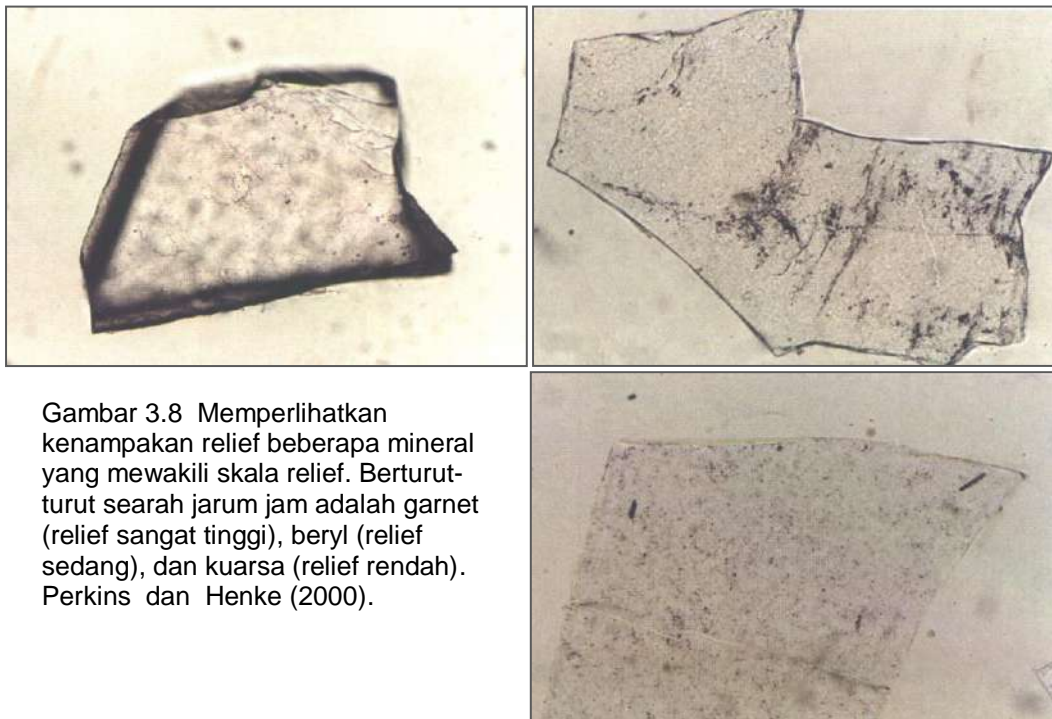
3.6 Relief

Relief adalah kenampakan yang timbul akibat adanya perbedaan indeks bias antara suatu mineral dengan media yang terdapat di sekitarnya, karena pada umumnya perekat sayatan tipis adalah balsam kanada, maka skala relief pembandingnya adalah balsam kanada. Jadi balsam kanada tidak mempunyai relief atau bereliefnya nol ($n_{kb} = 1,537$).

Mineral yang mempunyai perbedaan indeks bias yang besar dengan indeks bias balsam Kanada (bisa lebih kecil maupun lebih besar) akan mempunyai relief yang tinggi sampai sangat tinggi dan sebaliknya. Mineral-mineral **relief rendah** sinar-sinarnya mempunyai indeks bias antar 1,543 - 1,493 atau 1,545- 1,599, mineral-mineral **relief sedang** mempunyai indeks bias antar 1,493 - 1,443 atau 1,600 - 1,699, sedangkan **mineral-mineral relief tinggi - sangat tinggi** mempunyai indeks bias $>1,700$ atau $<1,44$. Dalam pemerian mineral, kita biasanya memakai skala relief sangat tinggi, tinggi, sedang, dan rendah (lihat foto 2.6).

Tabel 3.7 Hubungan harga indeks bias mineral dengan kenampakan reliefnya.

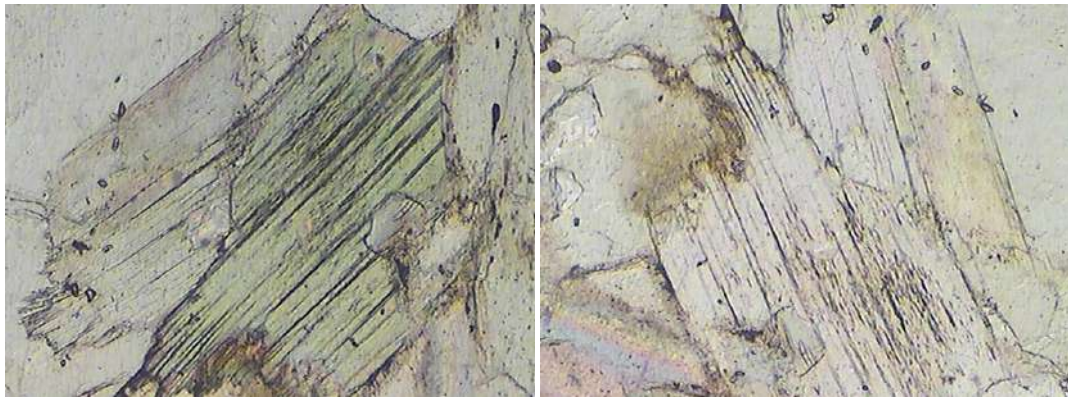
Indeks Bias	Relief	Contoh Mineral
$>1,40$	Extrem	Rutil
1.78-1.90	Sangat Tinggi	Garnet (Almandin)
1.68-1.78	Tinggi	Epidot
1.57-1.68	Sedang	Beryl, Aktinolit
1.49-1.57	Rendah	Kuarsa



Gambar 3.8 Memperlihatkan kenampakan relief beberapa mineral yang mewakili skala relief. Berturut-turut searah jarum jam adalah garnet (relief sangat tinggi), beryl (relief sedang), dan kuarsa (relief rendah). Perkins dan Henke (2000).

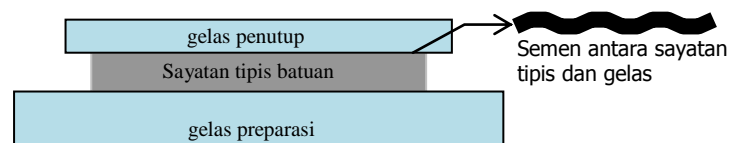
Kenampakan relief suatu mineral adalah tergantung sinar mana yang sedang bergetar sejajar dengan arah getar polarisator, jadi jika mineral anisotrop sinar-sinarnya

mempunyai perbedaan indeks bias minimum dan indeks bias maksimum sangat besar maka akan menampilkan relief bervariasi (misal pada kalsit, muskovit).



Gambar 3.9 Kenampakan relief pada mineral muskovit. Foto kiri memperlihatkan relief tinggi, sebaliknya pada foto kanan, setelah meja obyek diputar 90°, muskovit memperlihatkan relief rendah.

Sayatan tipis yang standard, secara detil pada umumnya bentuk batas antara sayatan tipis mineral dengan semen perekat sangat tidak beraturan. Demikian juga antara butiran satu dengan butiran disebelahnya. Batas atas dan batas bawah dari sayatan tipis umumnya bergelombang.



Gambar 3.10 Sketsa yang memperlihatkan morfologi semen perekat antara sayatan tipis dengan gelas penutup

Jika ada perbedaan indeks bias antara mineral dengan semen perekat, ketidakteraturan batas kedua media tersebut akan menyebabkan terkonsentrasinya atau tersebarnya cahaya oleh proses pemantulan dan pembiasan. Gejala ini akan menimbulkan efek relief tiga dimensi.

Perbedaan indeks bias yang kecil akan menimbulkan efek relief yang lemah, sebaliknya perbedaan indeks bias yang besar akan menimbulkan relief yang kuat. Relief diamati pada posisi paralel nikol sebaiknya menggunakan lensa objektif sedang dan diafragma diperkecil.

Tabel 3.8 Indeks bias mineral (Kerr, 1977).

Index	mineral	index	mineral
1,40 – 1,46 (<i>n</i>)	Opal	1,494-1,500 (α)	Stilbite
1,412 (α)	Trona	1,496-1,499 (α)	Heulandite
1,434 (<i>n</i>)	Fluorite	1,496-1,500 (<i>t</i>)	Cancribite
1,447 (α)	Borax	1,496-1,510 (<i>n</i>)	Hauvne
1,454 (α)	Kernite	1,500-1,508 (γ)	Stilbite
1,458-1,462 (<i>n</i>)	Lechatelierite	1,500-1,526 (<i>t</i>)	Dolomite
1,469 (α)	Tridymite	1,50-1,57 (<i>n</i>)	Antigorite
1,472 (γ)	borax	1,501-1,505 (γ)	Heulandite
1,47-1,63 (<i>n</i>)	palagonite	1,502 (α)	Laumontite
1,473-1,480 (α)	Natrolite	1,505 (α)	Mesolite
1,473 (γ)	tridymite	1,505-1,526 (γ)	Sepiolite
1,478-1,485 (α)	Chabazite	1,506 (γ)	Mesolite
1,48-1,61 (<i>n</i>)	Volcanic glass	1,507-1,524 (<i>n</i>)	Cancribite
1,48-1,49 (γ)	Chabazite	1,508 (α)	Leucite
1,483-1,487 (<i>n</i>)	Sodalite	1,509 (γ)	Leucite
1,484 (α)	Cristobalite	1,509-1,527 (<i>t</i>)	Magnesite
1,485-1,493 (γ)	Natrolite	1,510 (α)	Palygorskite
1,486 (<i>t</i>)	Calcite	1,512 (α)	Scolecite
1,487 (<i>n</i>)	Analcime	1,512-1,530 (α)	thomsonite
1,487 (γ)	Cristobalite	1,513 (γ)	Montmorillonite
1,488 (γ)	Kernite	1,514 (γ)	Laumontite
1,490-1,506 (α)	Sediolite	1,517-1,520 (<i>n</i>)	Sanidine
1,492 (α)	Montmorillonite	1,517-1,557 (γ)	Chrysotile
1,493-1,546 (α)	chrysotile	1,518 (α)	Orthoclase
1,518-1,522 (α)	microcline	1,540 (γ)	Trona
1,518-1,542 (γ)	Thomsonite	1,540-1,571 (<i>t</i>)	Scapolite
1,519 (γ)	Scolecite	1,541-1,552 (γ)	Oligoclase
1,520 (α)	Gypsum	1,541-1,579 (α)	Biotite
1,522-1,536 (α)	Anorthoclase	1,544 (<i>n</i>)	Halite
1,524-1,526 (γ)	Sanidine	1,5442 (ω)	Quartz
1,525-1,530 (γ)	Microcline	1,545 (γ)	Erionite
1,525-1,532 (α)	Albite	1,545-1,555 (α)	Andesine
1,526 (γ)	Orthoclase	1,546-1,560 (γ)	Lizardite
1,527-1,543 (<i>t</i>)	Nepheline	1,548 (α)	Polyhalite
1,527-1,541 (γ)	Anorthoclase	1,549-1,561 (<i>n</i>)	Halloysite
1,529 (γ)	Gypsum	1,550-1,607 (ω)	Scapolite
1,530 (α)	Erionite	1,551-1,562 (α)	Phloccopite
1,530 (α)	Aragonite	1,552 (α)	Pyrophyllite
1,530-1,547	Nepheline	1,552-1,562 (γ)	Andesine
1,531 (α)	Chalcedony	1,5533 (<i>t</i>)	Quartz
1,532-1,545 (α)	Oligoclase	1,554-1,567 (α)	Gibbsite
1,532-1,552 (α)	Cordierite	1,555-1,563 (α)	Labradorite
1,533 (γ)	Palygorskite	1,555-1,564 (α)	Antigorite
1,535-1,570 (α)	Illite	1,556-1,570 (α)	Muscovite
1,536-1,541 (γ)	Albite	1,560 (α)	Lepidolite
1,538-1,545 (α)	Talc	1,560 (α)	Dickite
1,538-1,554 (α)	Lizardite	1,561 (α)	Kaolinite
1,539 (γ)	Chalcedony	1,562-1,571 (γ)	Labradorite
1,539-1,570 (γ)	Cordierite	1,562-1,573 (γ)	Antigorite

Lanjutan table indeks bias mineral (Kerr, 1977).

Index	Mineral	Index	Mineral
1,563 – 1,571	α	1,620	α
1,564 – 1,590		1,621 – 1,655	
ε		α 1,621 – 1,670	γ
1,565 – 1,650	γ	1,622	α
1,566	ω	1,623 – 1,635	ω
1,566	γ	1,623 – 1,676	γ
1,566	γ	1,625 – 1,655	γ
1,567	γ	1,625 – 1,655	γ
1,568 – 1,598	ω	1,626 – 1,629	ε
1,570	α	1,628 – 1,658	ε
1,57 – 1,61	η	1,629 – 1,640	α
1,57 – 1,62	η	1,630 – 1,651	ε
1,57 – 1,575	α	1,631	γ
1,57 – 1,582	γ	1,632 – 1,634	ω
1,57 – 1,588	α	1,632 – 1,655	ω
1,572	ω	1,632 – 1,655	
1,574 – 1,638		ω	
γ		1,633 – 1,701	γ
1,575 – 1,582	α	1,634	γ
1,575 – 1,590	γ	1,635	η
1,576 – 1,583	γ	1,635 – 1,640	α
1,576 – 1,589	γ	1,635 – 1,655	ω
1,576 – 1,597	γ	1,636	α
1,582 – 1,588	γ	1,639 – 1,642	γ
1,585	ε	1,639 – 1,647	γ
1,586	α	1,639 – 1,657	α
1,588 – 1,658	α	1,639 – 1,668	γ
1,590 – 1,612	α	1,64 – 1,77	α
1,592	ε	1,641 – 1,651	α
1,592 – 1,643	α	1,642	α
1,593 – 1,611	γ	1,645 – 1,665	γ
1,596 – 1,633	ε	1,648	γ
1,598 – 1,606	γ	1,650 – 1,665	α
1,598 – 1,652	α	1,650 – 1,698	
1,599 – 1,667		α	
γ		1,651 – 1,688	α
1,600	γ	1,651 – 1,681	α
1,600 – 1,628	α	1,652 – 1,698	ω
1,600 – 1,628	α	1,654	
1,603 – 1,604	α	γ	
1,605	γ	1,655 – 1,666	γ
1,607 – 1,629	α	1,655 – 1,669	α
1,610 – 1,644	γ	1,657 – 1,661	γ
1,612 – 1,634	α	1,657 – 1,663	α
1,613 – 1,628	ε	1,658	ω
1,614	γ	1,658 – 1,674	γ
1,614	γ	1,659 – 1,678	α
1,614 – 1,675	α	1,66 – 1,80	γ
1,615 – 1,629	ε	1,664 – 1,686	γ
1,615 – 1,629	α	1,665	α
1,617 – 1,638	γ	1,687 – 1,688	γ
1,619 – 1,626	ε	1,670 – 1,680	γ

BAB 4

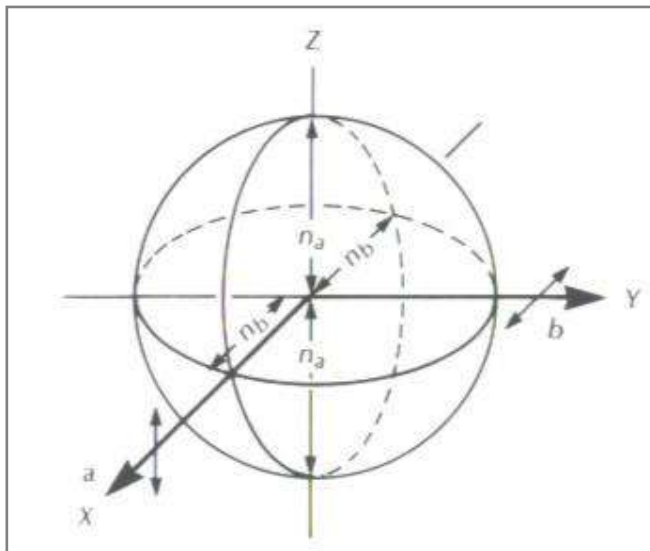
OPTIK ISOTROPIK DAN ANISOTROPIK

4.1. Optik Indikatrik Isotropik

Pada sistem kristal isometrik, seluruh sumbu kristalografinya saling tegak lurus dan sama panjang. Cahaya yang melewati kristal bersistem isometrik mempunyai indeks bias sama, sehingga akan digetarkan ke segala arah dengan kecepatan sama. Beberapa mineral isotropik, antara lain:

Halite	NaCl
Fluorite	CaF ₂
Periclase	MgO
Garnet	(Ca,Mg,Fe ²⁺ ,Mn) ₃ (Al,Fe ³⁺ ,Cr) ₂ (SiO ₄) ₃

Pada mineral isotropik, karena nilai indeks bias untuk seluruh arah getar sinar ke segala arah sama, maka Indikatrik optik pada mineral isotropik berbentuk bulat.



Gambar 4.1. Kenampakan indikatrik optik isotropik. Karena indeks bias untuk seluruh arah getar baik melalui sumbu indikatrik Z, Y, maupun X adalah sama, maka indikatrik optik mineral isotropik, mempunyai bentuk bulat.

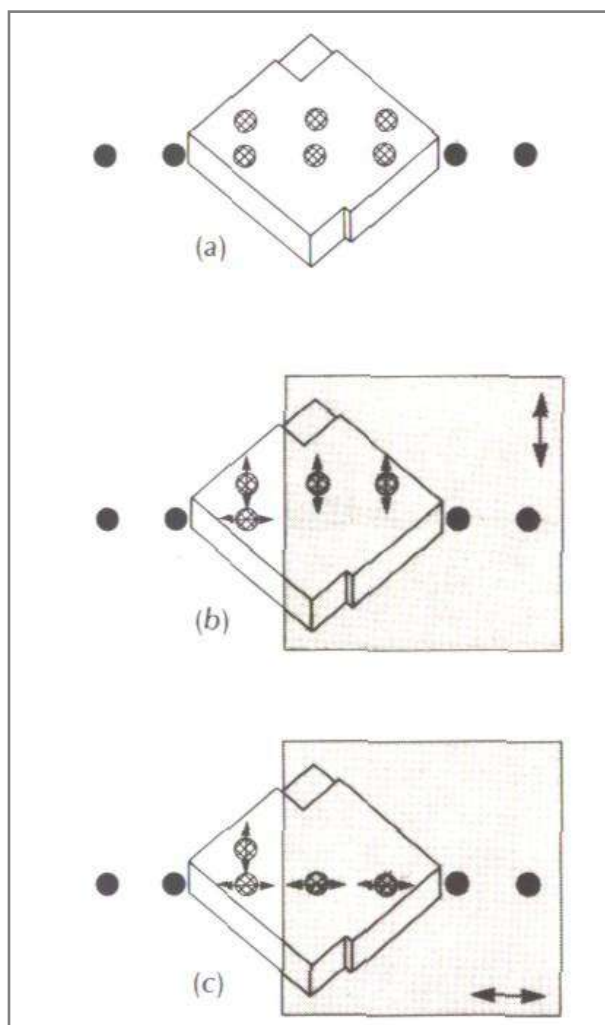
Karena mempunyai kecepatan yang sama, sinar-sinar yang mencapai polarisator atas akan mempunyai nilai bias rangkap nol, sehingga menghasilkan warna interferensi

hitam. Sehingga kenampakan optic mineral yang mencapai polarisator atas seperti harga bias rangkap, orientasi optik, sudut pemadaman, kembaran tidak dapat diamati.

4.2. Optik Indikatrik Anisotropik

Mineral-mineral anisotropik adalah mineral yang mempunyai indeks bias tidak sama, sehingga sinar dilewatkan pada mineral tersebut mempunyai kecepatan yang berbeda, yaitu mineral-mineral yang mempunyai sistem kristal hexagonal dan tetragonal, oortorombik, monoklin, triklin.

Seperti telah banyak kita pahami, cahaya yang dilewatkan pada rombohedral kalsit, akan dipisahkan menjadi dua sinar yang memberi kenampakan sinar yang mencerminkan harga indeks bias kedua sinar yang melewati kristal kalsit tersebut.



Gambar 4.2. Bias rangkap yang diperlihatkan mineral kalsit. a) Mineral kalsit rombohedral yang bening, di atas titik-titik yang membentuk garis lurus. Titik-titik yang terlihat pada kalsit terlihat menjadi 2 garis, karena cahaya dipisah menjadi dua sinar yang saling tegak lurus. b). Film polarisator dengan arah getar sejajar diagonal pendek rombohedral, melewatkan satu set titik, dan mengabsorb titik yang lain. c) jika film diputar 90° , sinar pada titik yang awalnya dilewatkan menjadi diabsorb, dan melewatkan titik yang satunya.

Dengan memutar mineral kalsit yang diletakkan pada kertas dengan garis titik-titik, satu titik akan tetap pada tempatnya, sedangkan titik lain akan berubah. Hal ini disebabkan:

- Sinar yang berhubungan dengan titik yang bergerak dikenal sebagai sinar extraordinary yang mempunyai n_{ϵ} ;
- Sinar yang berhubungan dengan titik yang tetap dikenal sebagai sinar ordinary yang mempunyai n_{ω} .

4.2.1 Bias Rangkap Retardasi dan interferensi

Warna yang nampak pada pengamatan sayatan tipis saat polarisator dan analisator disilangkan dikenal sebagai warna interferensi, yang dihasilkan oleh dua sinar yang melewati mineral dengan ketebalan tertentu dengan kecepatan yang berbeda.

Cahaya polarisasi yang masuk pada mineral anisotropik akan dipecah menjadi dua sinar yaitu sinar cepat dan sinar lambat yang bergetar tegak lurus satu sama lain.

Perbedaan kecepatan antara dua sinar/ yang merambat tersebut, pada jangka waktu tertentu, akan menyebabkan adanya perbedaan panjang lintasan. Perbedaan panjang lintasan tersebut disebut **retardasi** (Δ), yang biasanya diukur dalam milimikron (μm), jika sinar cepat memerlukan waktu t_1 detik dan sinar lambat memerlukan waktu t_2 detik untuk melewati kristal, maka besarnya retardasi adalah:

$$\Delta = (t_2 - t_1) V \text{ atau } \Delta = d (n_2 - n_1)$$

Birefringer (bias rangkap) adalah selisih indeks bias ($n_2 - n_1$) dari sinar yang bergetar (maksimum).

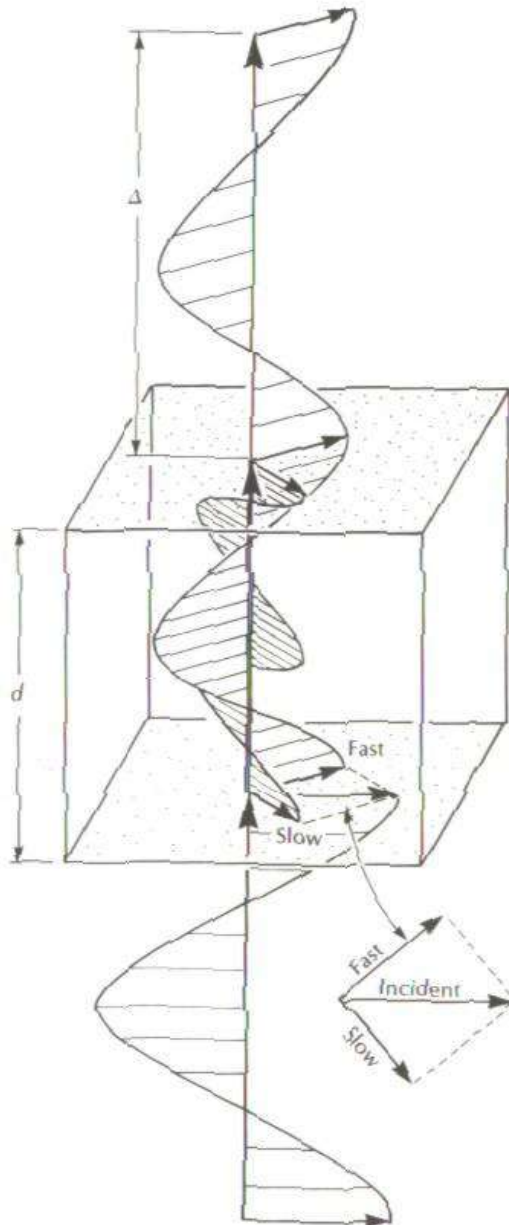
d = panjang lintasan (tebal sayatan), biasanya 0,03 mm.

n_2 = indeks bias sinar lambat.

n_1 = indeks bias sinar cepat.

Δ = retardasi adalah perbedaan panjang lintasan dari dua sinar yang berbeda kecepatan, tergantung besarnya bias rangkap dan panjang lintasan (tebal sayatan).

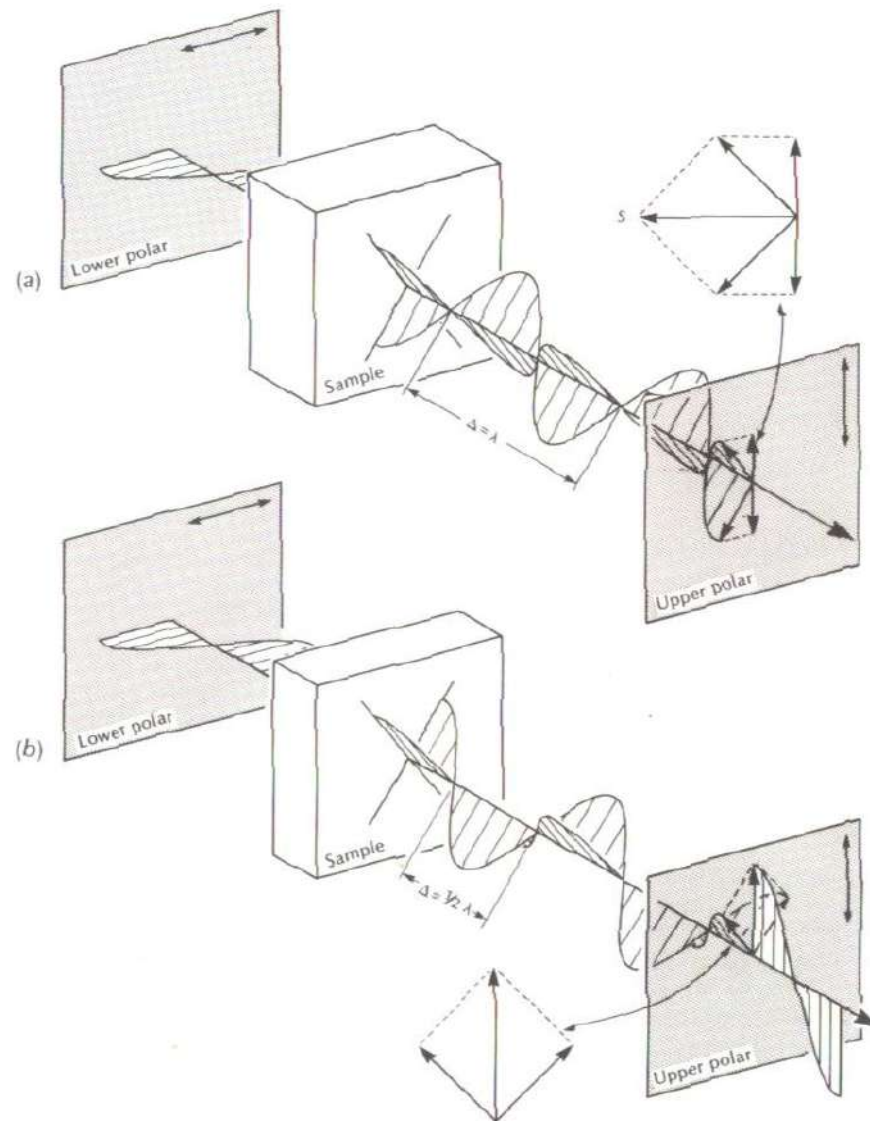
Δ = Mempunyai panjang gelombang tertentu, yang tercermin oleh warna tertentu yang dikenal sebagai warna interferensi.



Gambar 4.3. Diagram yang memperlihatkan pembentukan retardasi. Cahaya yang masuk pada mineral dengan ketebalan (d), dipisahkan menjadi sinar cepat dan sinar lambat. Pada saat sinar lambat melewati mineral, sinar cepat juga akan melewati mineral plus jarak Δ , yang dikenal sebagai retardasi. (sumber gambar: Nesse, 1991).

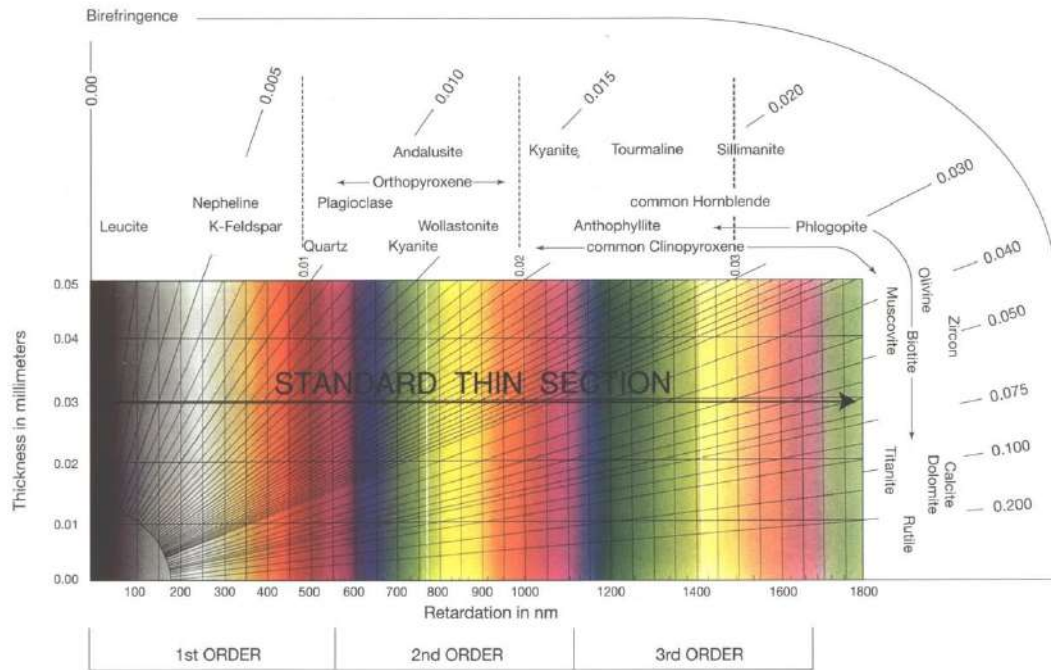
Interferensi warna polikromatik

Cahaya polikromatik atau cahaya putih mengandung komponen cahaya dengan panjang gelombang yang beragam. Karena perbedaan panjang gelombang, sebagian akan mencapai polarisator atas dalam kondisi *in phase* dan sebagian *out of phase* kemudian ditransmisikan sampai mata pengamat.



Gambar 4.4. Interferensi pada polarisator atas. Gambar a) retardasinya adalah 1λ . Vektor kedua sinar berlawanan dengan arah getar polarisator atas, sehingga menghasilkan interferensi yang destruktif, dan tidak ada cahaya yang dilewatkan. Sedangkan gambar b) retardasinya $1/2 \lambda$. Komponen vektor kedua sinar mencapai polarisator atas dengan arah yang sama, sehingga menghasilkan retardasi yang konstruktif. Cahaya lewat polarisator, mineral memperlihatkan warna interferensi yang cerah. (sumber gambar: Nesse, 1991).

Kombinasi panjang gelombang yang melewati polarisator atas akan menghasilkan kenampakan warna interferensi, yang tergantung pada besarnya retardasi antara sinar cepat dengan sinar lambat. Kenampakan tabel warna interferensi dan bias rangkap dapat dilihat pada tabel warna interferensi Michel Levy.



Gambar 4.5. Kenampakan tabel warna interferensi Michel Levy (sumber gambar: Perkios dan Henke, 2000)

Pada pojok tepi kiri dari tabel warna, ketebalan dan besarnya retardasi adalah 0, dan seluruh panjang gelombang saling meniadakan pada saat sampai polarisator atas, sehingga menghasilkan warna hitam. Dengan penambahan ketebalan yang terkait dengan penambahan retardasi, warna interferensi akan berubah dari hitam ke abu-abu, putih, kuning hingga merah dan kemudian diulangi dari sekuen warna dari biru, hijau kuning hingga merah, warna semakin lebih pucat.

Pada gambar tabel tersebut, pengulangan sekuen warna dari merah ke biru adalah pada harga retardasi 550, 1100, dan 1650 μm . Batas ini memisahkan sekuen warna kedalam orde warna satu, dua dan tiga. Di atas orde empat, dengan harga retardasi $>2200 \mu\text{m}$, warna semakin pudar dan menjadi putih krem.

4.3. Hubungan sumbu indikatrik dan sumbu kristalografi

Terdapat dua macam bidang polarisasi yang berhubungan dengafin pembahasan sifat optik suatu mineral, yaitu yang terdapat di bawah kristal yang disebut sebagai polarisator, dan satunya yang terdapat di atas kristal yang dikenal sebagai analisator

(polarisator atas). Sebelum mencapai permukaan mineral, cahaya yang melewati polarisator akan digetarkan pada satu bidang. Setelah mencapai permukaan mineral cahaya tersebut akan bergetar pada dua bidang yang saling tegak lurus, membentuk sinar cepat dan sinar lambat. Kedua vektor tersebut apabila menyentuh analisator akan diproyeksikan dan digetarkan pada satu bidang yang tegak lurus bidang getar polarisator.

Seperti telah dikenal luas bahwa sistem kristalografi secara umum dibagi menjadi enam kelompok, yaitu sistem isometrik, tetragonal, heksagonal, ortorombik, monoklin, dan triklin. Dari sifat sistem kristal yang ada dan sifat cahaya, hubungan tersebut menghasilkan tiga kenampakan optik yang berbeda, yaitu kenampakan optik isotropik, kenampakan optik anisotropik uniaxial, dan kenampakan optik anisotropik biaxial.

4.3.1. Indikatrik pada sistem kristal isometrik

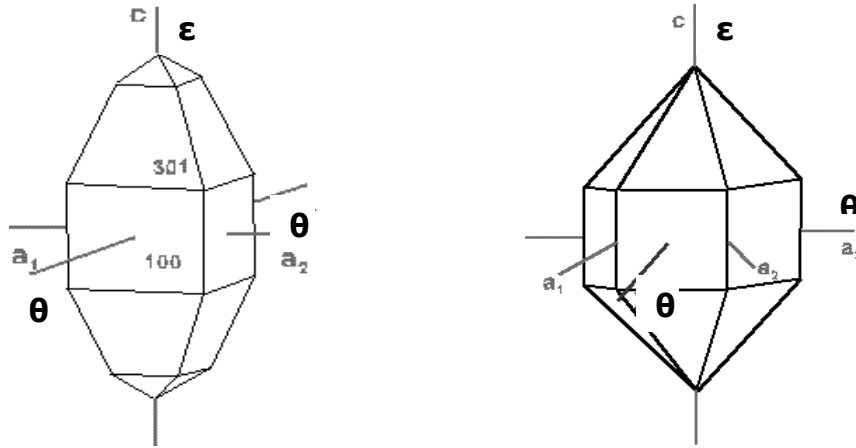
Pada sistem kristal isometrik, seluruh sumbu kristalografinya saling tegak lurus dan sama panjang. Cahaya yang melewati kristal bersistem isometrik akan digetarkan ke segala arah dengan kecepatan sama. Beberapa mineral isotropik, antara lain:

Halite	NaCl
Fluorite	CaF ₂
Periclase	MgO
Garnet	(Ca,Mg,Fe ²⁺ ,Mn) ₃ (Al,Fe ³⁺ ,Cr) ₂ (SiO ₄) ₃

4.3.2. Indikatrik pada sistem tetragonal dan heksagonal

Sistem tetragonal dan heksagonal (termasuk trigonal), seluruh sumbunya saling tegak lurus. Sumbu kristalografi-c, mempunyai panjang yang berbeda dengan sumbu a₁, a₂, dan a₃. Cahaya yang melewati kristal dengan sistem seperti ini, akan dibagi menjadi dua sinar, yaitu sinar biasa (ordiner) dan sinar luar biasa (ekstraordiner). Sumbu sinar luar biasa selalu berimpit dengan sumbu kristalografi-c, sehingga arah getar sinar luar biasa yang sesungguhnya selalu sejajar dengan sumbu kristalografi-c. Sedangkan sumbu sinar biasa selalu terletak pada bidang yang mengandung sumbu a₁ dan a₂ (tetragonal) atau sumbu a₁, a₂, dan a₃ (heksagonal). Beberapa mineral anisotropik uniaxial diantaranya:

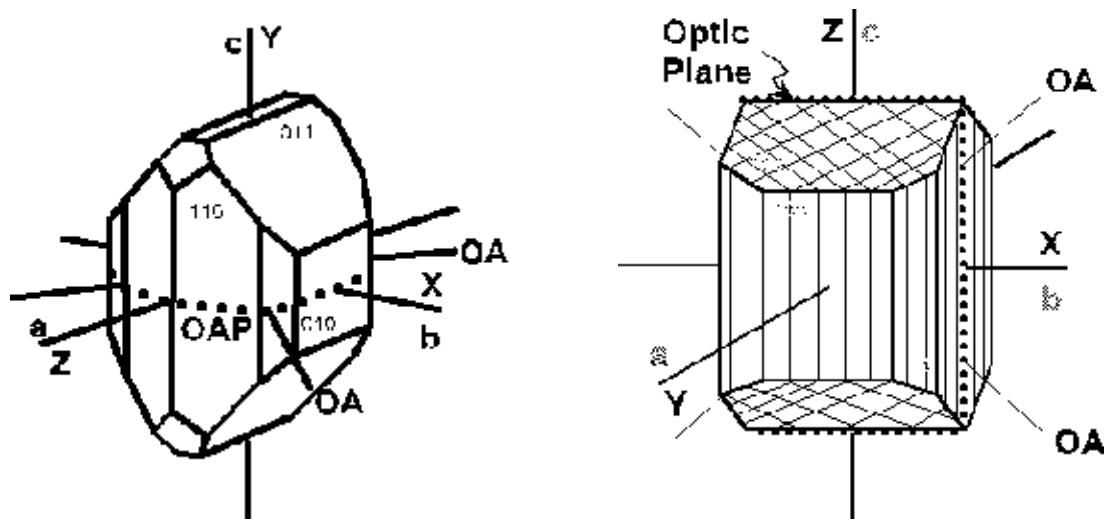
Kuarsa	SiO ₂
Kalsit	CaCO ₃
Nefelin	NaAlSiO ₄
Apatit	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (F,Cl,OH)
Zircon	ZrSiO ₄



Gambar 4.6. Hubungan sumbu kristalografi system tetragonal dan sumbu indikatrik pada mineral zircon (kiri). Gambar kanan hubungan sumbu kristalografi sistem heksagonal (trigonal) dan sumbu indikatrik pada mineral kuarsa (sumber gambar: Nesse, 1991)

4.3.3. Indikatrik pada sistem kristal ortorombik

Pada sistem kristal ortorombik, monoklin, dan triklin mempunyai tiga sumbu kristalografi yang tidak sama panjang, yaitu sumbu-*a*, sumbu-*b*, dan sumbu-*c*. Terdapat tiga sumbu sinar yang mempunyai kecepatan yang berbeda, berturut-turut dari yang paling cepat adalah sinar X, sinar Y, dan sinar Z.



Gambar 4.7. Hubungan sumbu kristalografi sistem ortorombik dan sumbu indikatrik pada mineral olivine (kiri) dan ortopiroksen (kanan) (sumber gambar: Nesse, 1991).

Pada sistem ortorombik ketiga sumbu tersebut saling tegak lurus, sehingga masing-masing sumbu sinar berimpit dengan salah satu sumbu kristalografinya:

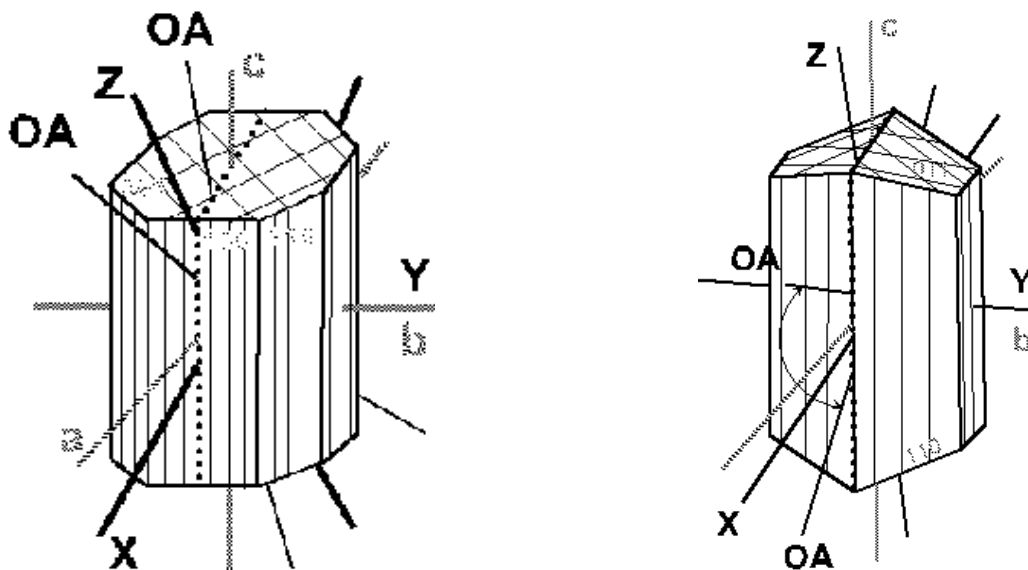
1. Sumbu-*a* // Z, sumbu-*b* // Y, sumbu-*c* // X. Contoh andalusit;

2. Sumbu- a // Z, -,sumbu- b // X, sumbu- c // Y. Contob olivin;
- 3 .Sumbu- a // Y, sumbu- b // X, sumbu- c // Z. Contob hipersten;
4. Sumbu- a // Y, sumbu- b // Z, sumbu- c // X. Contoh lawsonit;
- 5 .Sumbu- a // X, sumbu- b // Y, sumbu- c // Z. Contoh prehnit;
6. Sumbu- a // X, sumbu- b // Z, sumbu- c // Y.

4.3.4. Indikatrik pada sistem kristal monoklin

Pada sistem kristal monoklin sumbu- c tegak lurus dengan sumbu- b , tetapi membentuk sudut tumpul dengan sumbu- a . Sedangkan sumbu- b tegak lurus dengan sumbu- a . Salah satu sumbu sinar selalu berimpit dengan sumbu- b . Sedangkan kedua sumbu sinar yang lain berada pada bidang yang mengandung; sumbu- a dan sumbu- b , tetapi tidak berimpit dengan sumbu-sumbu tersebut. Besarnya sudut antara kedua sumbu sinar dengan kedua sumbu ktistalografi pada bidang yang tegak lurus sumbu- b adalah tertentu, dan merupakan salah satu pencari pada mineral yang bersistem monoklin. Terdapat tiga kemungkinan hubungan antara sumbu sinar dengan sumbu kristalografi, yaitu:

1. Sumbu- b // X, sumbu- a // Y, sumbu- c ^Z. Contoh pigeonit;
2. Sumbu- b // Y, sumbu- a ^X, sumbu- c ^Z. Contoh hornblende;
3. Sumbu- b // Z, sumbu- a ^Y, sumbu- c ^X. Contoh riebekit.

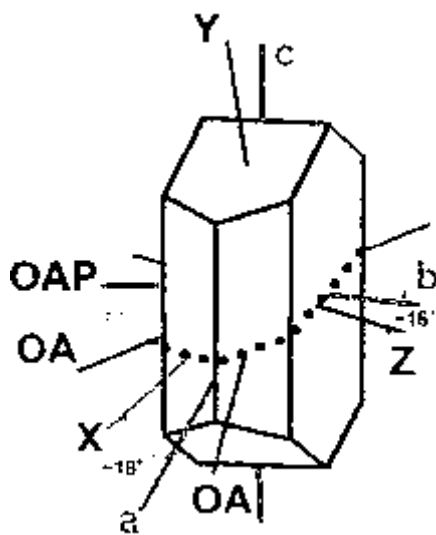


Gambar 4.8. Hubungan sumbu kristalografi system monoklin dan sumbu indikatrik pada mineral klinopiroksen (kiri) dan hornblende (kanan) (sumber gambar: Nesse, 1991).

4.3.5. Indikatrik pada sistem kristal sistem triklin

Seluruh sumbu kristalografi pada sistem triklin tidak sama panjang dan tidak saling tegak lurus, sehingga tidak ada salah satu sumbu sinar yang berimpit dengan salah satu sumbu kristalografi. Setiap sumbu sinar mempunyai sudut tertentu dengan sumbu kristalografinya. Kemungkinannya hubungan antara sumbu kristalografi dengan sumbu indikatrik sama dengan pada sistem ortorombik, perbedaannya pada sistem ortorombik setiap sumbu sinar sejajar dengan salah satu sumbu kristalografinya.

Contoh: kianit, sumbu- $a \wedge X$, sumbu- $b \wedge Z$, dan sumbu- $c \wedge Y$,



Gambar 4.9. Hubungan sumbu kristalografi sistem triklin dan sumbu indikatrik pada mineral mikroclin (sumber gambar: Nesse, 1991).

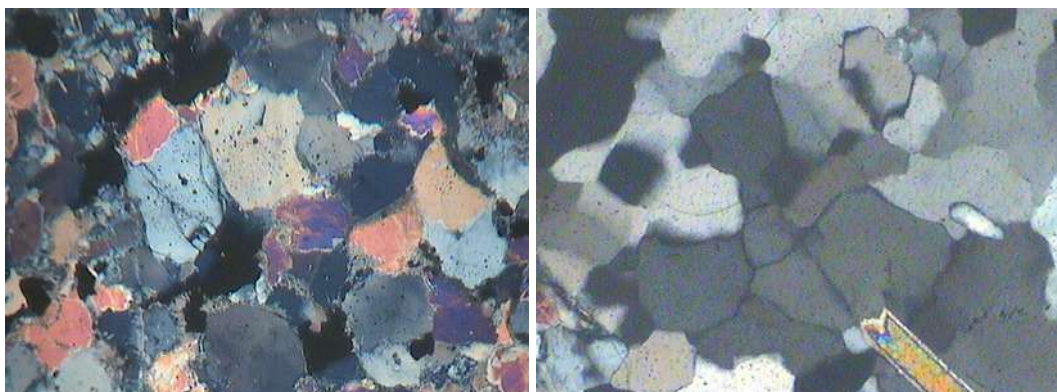
BAB 5

ORTOSKOP NIKOL SILANG

Pengamatan ortoskop nikol silang, adalah pengamatan sifat-sifat optik mineral, dimana cahaya melewati dua lensa polarisator, yaitu polarisator bawah dan polarisator atas (analisor). Dengan ketentuan bahwa arah getar polarisator harus tegak lurus arah getar analisor. Sifat-sifat optik yang dapat diamati antara lain warna interferensi, *birefringence* (bias rangkap), orientasi optis, pemadaman dan sudut pemadaman maupun kembaran.

5.1. Warna Interferensi

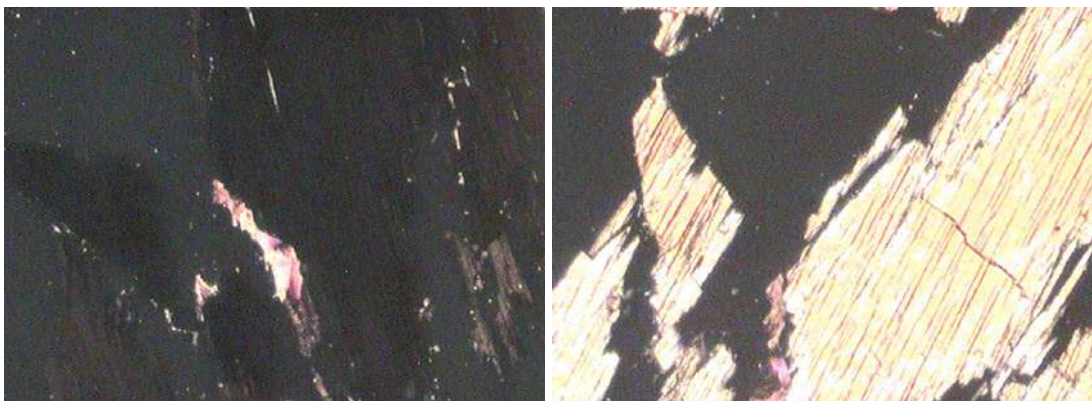
Warna interferensi adalah kenampakan warna sebagai manifestasi dari perbedaan panjang gelombang dua vektor cahaya yang bergetar saling tegak lurus yang melewati lintasan sayatan tipis kristal dengan kecepatan yang berbeda yang diteruskan melalui lensa analisor kepada mata pengamat. Warna interferensi adalah harga retardasi dari cahaya yang dibiaskan dan merambat melewati kristal. Semakin tebal sayatan tipis mineral, maka akan semakin besar harga retardasinya. Sebagai contoh, jika mineral kuarsa dengan sayatan standar tebal 0,03 mm mempunyai harga retardasi sekitar 250 nm yang dimanifestasikan sebagai warna abu-abu, maka ketika tebal sayatan mineral kuarsa 0,04 nm, harga retardasi kuarsa akan menjadi sekitar 350 nm, dan akan memperlihatkan warna interferensi kuning.



Gambar 5.1. Kenampakan mineral kuarsa dengan sayatan tipis standar (kiri) dan kenampakan kuarsa dengan sayatan lebih tebal (kanan).

Cara menentukan warna interferensi

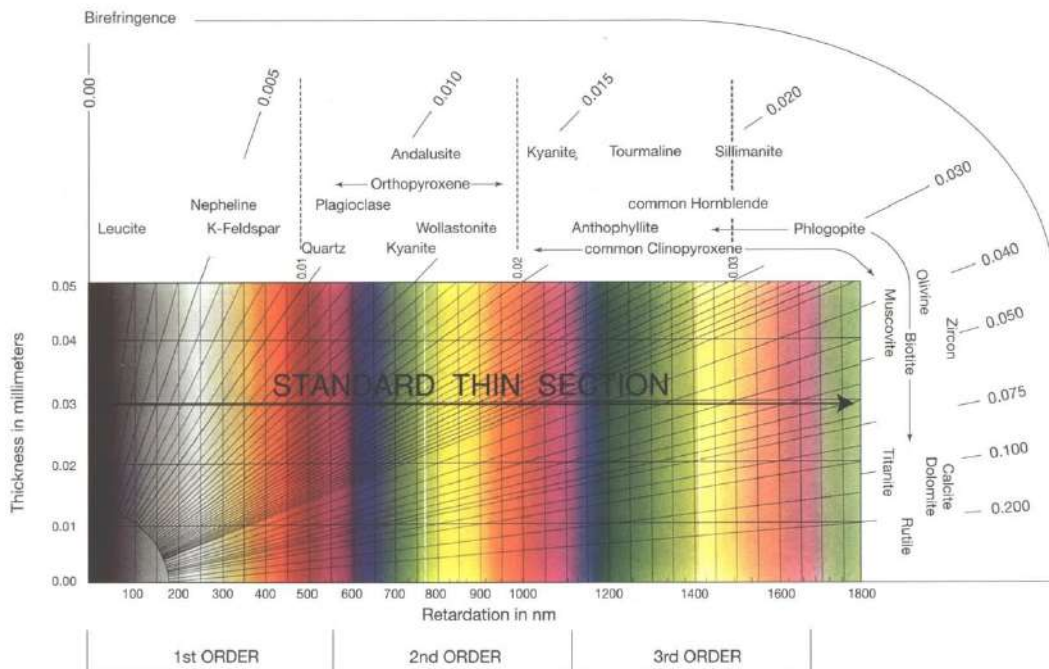
Warna interferensi suatu mineral ditentukan pada saat mineral menunjukkan kenampakan terang maksimum atau pada saat kedudukan sumbu indikatrik mineral membentuk sudut 45° dengan arah getar polarisator dan analisator. Kedudukan kenampakan terang maksimum pada mineral adalah berselisih 45° dengan kedudukan kenampakan gelap maksimum pada mineral, karena pada saat gelap maksimum kedudukan sumbu indikatrik mineral sedang sejajar atau tegak lurus dengan kedudukan kedua lensa polarisator. Sehingga untuk menentukan kedudukan terang maksimum akan lebih mudah menentukan lebih dahulu kedudukan gelap maksimum, baru kemudian memutar meja obyek sebesar 45° .



Gambar 5.2. Kenampakan gelap maksimum dan terang maksimum mineral piroksen.

Mineral dengan harga retardasi sekitar $350-450 \mu m$ mempunyai warna interferensi relatif sama dengan mineral yang mempunyai harga retardasi sekitar $950-1000 \mu m$, yang terlihat sebagai warna orange. Karena terjadi perulangan warna seperti yang terlihat dalam tabel Michel Levy, maka rangkaian warna interferensi dibagi menjadi beberapa orde, mulai dari orde pertama, kedua dan seterusnya. Mineral yang mempunyai retardasi tinggi ordenya, makin cerah (kuat) warnanya, misalnya kuning orde II lebih kuat dibandingkan kuning orde I (lihat tabel warna interferensi).

Seringkali kita kesulitan pada saat harus menentukan warna interferensi yang kita lihat apakah termasuk orde 1, orde 2, atukah orde 3. Untuk memastikan orde mana warna interferensi yang kita amati, kadang perlu dilakukan pengecekan dengan menggunakan komparator yang mempunyai harga panjang gelombang tertentu, misal komparator keping gipsium dengan harga panjang gelombang $530 \mu m$.



Gambar 5.3 Diagram warna interferensi Michel Levy(Nesse, 1991).

5.2. Bias Rangkap (Birefringence)

Cahaya yang masuk dalam media optis anisotrop akan dibiaskan menjadi 2 sinar, yang bergetar dalam dua bidang yang saling tegak lurus. Harga bias rangkap merupakan selisih maksimum kedua indeks bias sinar yang bergetar melewati suatu mineral. Selisih maksimum sinar yang bergetar atau bias rangkap mineral adalah jika sinar yang bergetar adalah sinar yang mempunyai indeks bias maksimum dan indeks bias minimum.

Pada mineral-mineral yang mempunyai sistem kristal tetragonal, hexagonal dan trigonal selisih indeks bias maksimum terdapat pada sayatan yang sejajar sumbu kristalografi-*c*, karena pada sayatan ini sinar yang bergetar adalah sinar biasa (ordiner) dan sinar luar biasa (extra ordiner) yang sesungguhnya.

Sedang untuk mineral-mineral yang bersistem kristal orthorombik, triklin, dan monoklin harga selisih indeks bias maksimum terdapat pada sayatan yang dipotong sejajar dengan bidang sumbu optik, karena pada sayatan ini sinar yang bergetar adalah sinar X (cepat) dan sinar Z (lambat). Sayatan-sayatan diatas dalam pengamatan konoskop akan memperlihatkan gambar interferensi kilat.

Dalam praktikum ini, karena peraga yang digunakan adalah mineral yang terdapat dalam sayatan tipis batuan, maka sebagian besar mineral tidak terpotong sejajar sumbu kristalografi-*c* (untuk uniaxial) maupun terpotong sejajar dengan bidang sumbu optik (untuk biaxial). Oleh karena itu dalam pengamatan ini tidak semua mineral dapat

ditentukan bias rangkapnya, tetapi hanya bisa ditentukan selisih indeks bias sinar yang sedang bergetar (bisa selisih maksimum bisa tidak maksimum).

Tabel 5.1 Harga bias rangkap beberapa mineral (Kerr, 1977).

Birefringence	Mineral	Birefringence	Mineral
0,00 – 0,002	Analcime (possibly)	0,008 – 0,009	Enstatite
0,00 – 0,002	Perovskite	0,008 – 0,011	Bytownite
0,00 – 0,003	Serpophite	0,009	Celestite
0,00 – 0,004	Haliyne (occas)	0,009	Gypsum
0,001	Leucite	0,009	Quartz
0,001	Mesolite	0,009 – 0,010	Topaz
0,001	Hallosyte	0,009 – 0,011	Albite
0,001 – 0,004	Pennine	0,010 – 0,012	Axinite
0,001 – 0,011	Prochlorite	0,010 – 0,015	Staurolite
0,002 – 0,010	Chabazite	0,010 – 0,016	Hypersthene
0,003	Cristobalite	0,01 – 0,03	Allanite
0,003 – 0,004	Apatite	0,010 – 0,036	Scapolite
0,003 - 0,004	Nepheline	0,011 - 0,013	Anorthite
0,004	Tridymite	0,011 – 0,014	Chrysolite
0,004	Riebeeckite	0,011 – 0,020	Dumortierite
0,004 – 0,006	Idocrase	0,012	Barite
0,004 – 0,008	Beryl	0,012	Mullite
0,004 – 0,009	Dahllite	0,012 – 0,013	Natrolite
0,004 – 0,011	Clinochore	0,012 – 0,023	Jadeite
0,005	Collophane	0,013 – 0,016	Chloritoid
0,005	Kaolinite	0,013 – 0,018	Glaucofane
0,005 – 0,006	Mellite	0,013 – 0,027	Spodumene
0,005 – 0,007	Anorthoclase	0,014	Wollastonite
0,005 – 0,011	Clinozoisite	0,014 – 0,018	Monticellite
0,006	Dickite	0,014 – 0,045	Epidote
0,006 – 0,008	Stilbite	0,015 – 0,023	Albite
0,006 – 0,012	Thomsonite	0,016	Kyanite
0,006 – 0,018	Zoisite	0,016 – 0,025	Anthophyllite
0,007	Sanidine	0,018 – 0,019	Hedenbergite
0,007	Heulandite	0,019	Brucite
0,007	Andesine	0,019	Lawsonite
0,007	Scolecite	0,019	Polyhalite
0,007	Microcline	0,019 – 0,025	Dravite
0,007 – 0,008	Chamosite	0,019 – 0,026	Horblende
0,007 – 0,008	Labradorite	0,020	Alunite
0,007 – 0,009	Antigorite	0,020 – 0,023	Silimanite
0,007 – 0,009	Oligoclase	0,020 – 0,032	Glauconite
0,007 – 0,011	Andalusite	0,020 – 0,033	Prehnite
0,007 – 0,011	Cordierite	0,021	Monmorilonite
0,007 – 0,028	Cancrinite	0,021 – 0,025	Augite
0,008	Chalcedony	0,021 – 0,033	Pigeonite
0,008	Orthoclase	0,022	Gibbsite
0,008 – 0,009	Corundum	0,022 – 0,027	Nephrite

Lanjutan harga bias rangkap(Kerr, 1977).

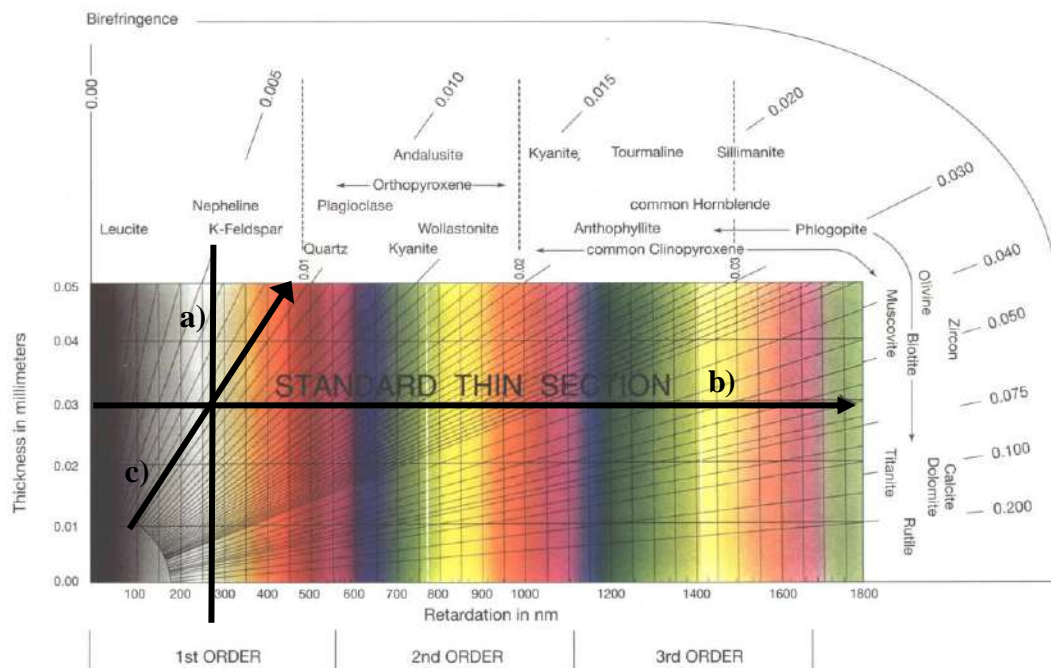
Birefringence	Mineral	Birefringence	Mineral
0,022 – 0,027	Tremolite – actinolite	0,044	Anhydrite
0,022 – 0,040	Schorlite	0,044 – 0,047	Phlogopite
0,025 – 0,029	Cummingtonite	0,045	Lepidolite
0,026 – 0,072	Lamprobolite	0,048	Diaspore
0,027 – 0,035	Chondrodite	0,048	Pyrophyllite
0,029 – 0,031	Diopside	0,049 – 0,051	Monazite
0,029 – 0,037	Aegirine-augite	0,060 – 0,062	Zircon
0,030 – 0,035	Hydromuscovite	0,061 – 0,082	Piedmontite
0,030 – 0,050	Talc	0,092 – 0,141	Sphene
0,033 – 0,059	Biotite	0,097	Cassiterite
0,035 – 0,040	Forsterite	0,105	Jarosite
0,036 – 0,038	Lazulite	0,156	Aragonite
0,037 - 0,041	Olivine	0,172	Calcite
0,037 – 0,041	Muscovite	0,180 – 0,190	Dolomite
0,037 – 0,059	Aegirine	0,191 – 0,199	Magnesite
0,038 – 0,044	Iddingsite	0,231 – 0,242	Siderite
0,042 – 0,051	Fayalite	0,286 – 0,287	Rutile
0,042 – 0,054	Grunerite		

Tabel 5.2 Indeks bias mineral-mineral isotropis (Kerr, 1977).

Relief	Mineral	Indexs
Moderate relief	Opal	1,40 - 1,46
	Fluorite	1,434
	Lechatelierte	1,458 – 1,462
	Sodalite	1,483 – 1,487
	Analcine	1,487
	Hauyne	1,496 – 1,510
Low Relief	Balsam = 1,537	
	Halite	1,544
	Halloysite	1,549 – 1,561
	Serphopite	1,50 – 1,57
	Clachite	1,57 – 1,61
	Collophane	1,57 – 1,62
	Moderate to Strong Relief	Periclase
Glossularite		1,736 – 1,763
Pyrope		1,741 – 1,760
Almandite		1,778 – 1,815
Spessarite		1,792 – 1,820
Uvarovite		1,838 – 1,870
Andradite		1,837 – 1,887
Very High Relief	Limonite	2,00 – 2,10
	Spinel	1,72 – 1,78
	Chromite	2,07 – 2,16
	Perovskite	2,34 – 2,38
	Sphalerite	2,37 – 2,47
	Volcanic glass (mineraloid)	1,48 – 1,61
	Palagonite (mineraloid)	1,47 – 1,63

Cara menentukan harga bias rangkap:

- Menentukan warna interferensi maksimum serta ordenya (lihat tabel warna interferensi Michel Levy di bawah);
- Potongkan garis vertikal sebagai harga retardasi pada warna interferensi dengan garis horisontal harga ketebalan sayatan (standart 0,03 mm), dan tentukan titik potongnya;
- Melalui titik potong tersebut, tarik garis miring hingga memotong garis paling atas/kanan, kemudian baca harga birefringence atau selisih harga indeks biasnya.



Gambar 5.4. Urutan cara penentuan warna interferensi dan besarnya bias rangkap mineral (Gambar dari Nesse, 1991).

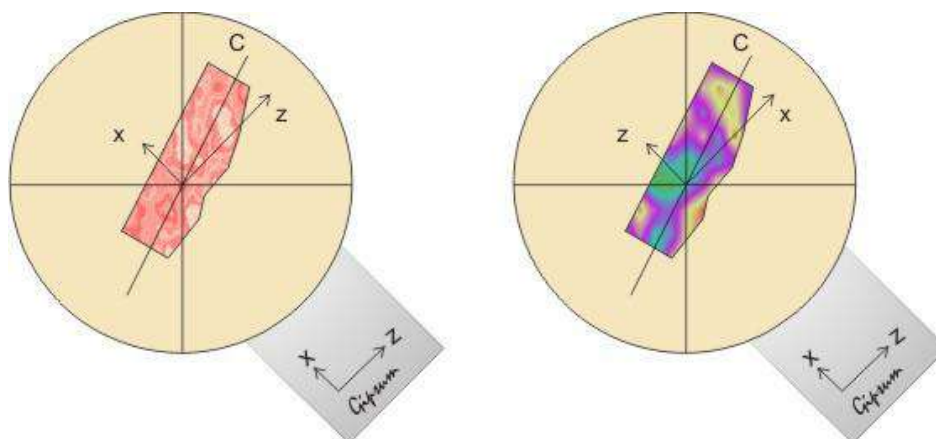
5.3. Orientasi Optik

Orientasi optik merupakan hubungan antara sumbu panjang kristalografi mineral dengan sumbu indikatriknya (arah getar sinar). Pada umumnya sumbu panjang kristalografi pada mineral merupakan sumbu kristalografi-*c*. Tetapi pada kelompok filosilikat umumnya sumbu kristalografi-*c* merupakan sumbu terpendek, sedang yang paling panjang adalah sumbu *a* kristalografi. Untuk mempermudah pemahaman dalam pembahasan lebih lanjut, kita anggap bahwa sumbu panjang kristalografi adalah sumbu kristalografi-*c*. Tetapi anggapan ini tidak berlaku untuk perkecualian seperti pada filosilikat.

Kedudukan sumbu sinar suatu mineral terhadap sumbu kristalografinya adalah tertentu, sehingga orientasi optik pada mineral juga tertentu.

Orientasi optik "*Length Slow*" apabila sumbu kristalografi panjang mineral (c) sejajar atau hampir sejajar sumbu indikatrik sinar lambat (Z). Orientasi optik "*Length Fast*" apabila sumbu panjang mineral (c) sejajar atau hampir sejajar sumbu indikatrik sinar cepat (X).

Pada beberapa mineral (contoh olivin) kedudukan sumbu panjang kristalografinya berimpit dengan sumbu indikatrik sinar Y (sinar intermediet). Oleh karenanya orientasi optik mineral olivin sangat tergantung pada arah sayatannya. Pada sayatan yang tegak lurus sumbu indikatrik sinar X , sinar yang bergetar pada mineral adalah sinar Y dan sinar Z , sehingga sinar Y berperan sebagai sinar cepat. Orientasi optik mineral olivin yang disayat demikian mempunyai orientasi optik "length fast" (sumbu kristalografi- c berimpit dengan sumbu indikatrik sinar cepat). Sebaliknya kalau disayat tegak lurus sumbu sinar Z , sinar yang bergetar adalah sinar X dan sinar Y . Sinar Y berperan sebagai sinar lambat, sehingga orientasi optik mineral olivin pada sayatan demikian adalah "length slow".



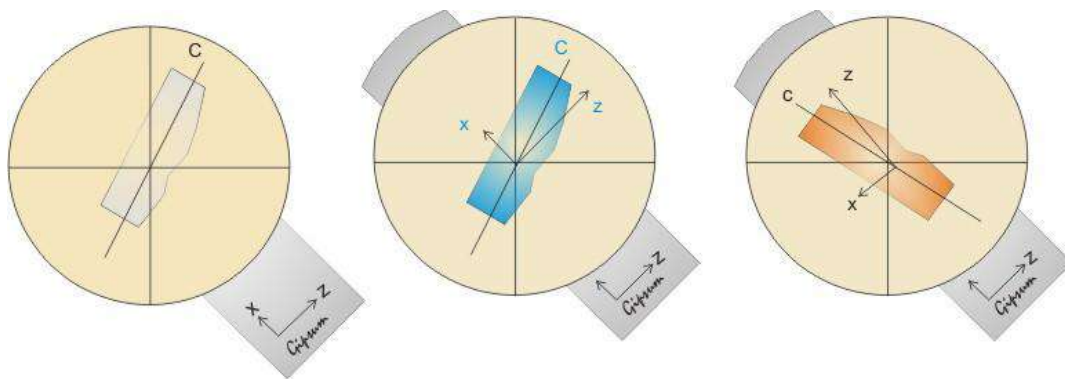
Gambar 5.5 Memperlihatkan mineral yang mempunyai orientasi optik Length Slow (kiri) dan orientasi optik length Fast (kanan).

Sumbu indikatrik mineral merupakan sumbu kayal. Untuk menentukannya dipakai komparator/kompensator (misal keping gypsum atau keping mika) yang sudah ditentukan kedudukannya, yaitu sinar cepat (X) berkedudukan NW - SE dan sinar lambat (Z) berkedudukan NE-SW.

Addisi adalah gejala yang terjadi apabila sumbu indikatrik sinar Z mineral sejajar dengan sumbu indikatrik sinar Z komparator. Gejala ini terlihat dengan adanya penambahan warna interferensi (karena bertambahnya retardasi).

Substraksi adalah gejala yang terjadi apabila sumbu indikatrik sinar Z mineral tegak lurus dengan sumbu indikatrik sinar Z komparator. Gejala ini terlihat dengan adanya pengurangan warna interferensi (karena berkurangnya retardasi).

Dalam pengamatan suatu mineral apabila meja obyek diputar lebih dari 90° , maka akan bisa diamati baik gejala adisi maupun substraksi. Gejala mana bisa dilihat, tergantung kedudukan sumbu indikatrik mineral terhadap sumbu indikatrik komparator.

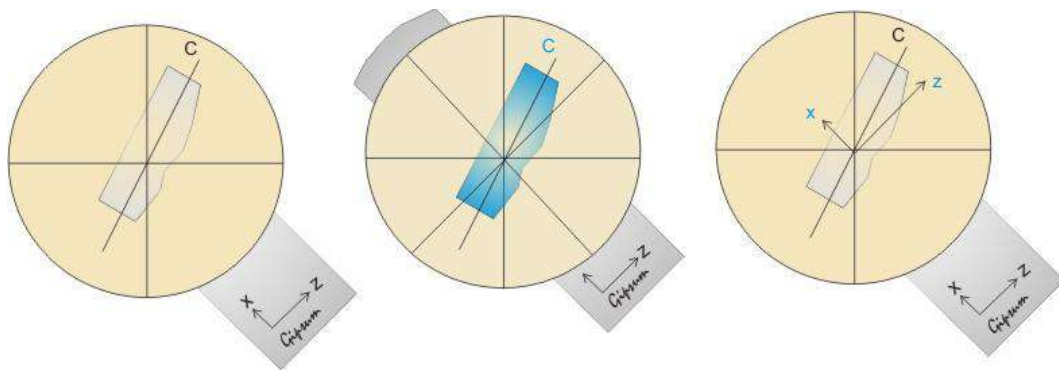


Gambar 5.6. Gambar kiri memperlihatkan kedudukan mineral saat memperlihatkan warna interferensi maksimum. Gambar tengah memperlihatkan gejala adisi (penambahan warna) saat dimasukkan komparator keping gipsium. Gambar kanan, setelah meja obyek diputar 90° , mineral memperlihatkan gejala substraksi (pengurangan warna).

Cara Menentukan orientasi optik :

- Menentukan kedudukan sumbu panjang kristalografi mineral;
- Menentukan kedudukan sumbu indikatrik mineral agar posisinya diagonal terhadap arah getar polarisator/analisisator (kita tidak tahu mana sinar yang cepat dan mana sinar yang lambat). Kedudukan sumbu indikatrik pada posisi diagonal adalah pada waktu mineral memperlihatkan warna interferensi maksimum (warna interferensi minimum/gelap maksimum terjadi jika kedudukan sumbu indikatriknya sejajar dengan arah getar polarisator/analisisator);
- Lihat apakah pada waktu terang maksimum kedudukan sumbu panjang kristalografi ada di sebelah kiri atau kanan dari kedudukan diagonal. Kalau kedudukan sumbu panjang kristalografi ada disebelah kiri kedudukan diagonal, maka kedudukan sumbu indikatrik yang terdekat dengan sumbu panjang kristalografi ada disebelah kanannya (+);

- d. Masukkan komparator (keping gipsum);
 - e. Misal terjadi gejala addisi langsung gambar kedudukan sumbu indikatrik mineral (misalnya sinar Z sejajar sumbu indikatrik sinar Z komparator;
 - f. Lihat posisi sumbu indikatrik mineral terhadap sumbu panjang kristalografi mineral;
9. Jika sumbu Z sejajar atau kurang dari 45° terhadap sumbu panjang kristalografi (c) maka orientasi optiknya adalah "length slow", jika sumbu X sejajar atau kurang dari 45° terhadap sumbu panjang kristalografi (c) maka orientasinya adalah "length fast".



Gambar 5.7. Prosedur penentuan orientasi optik. Gambar kiri memperlihatkan posisi mineral saat warna interferensi maksimum. Gambar tengah mineral memperlihatkan gejala adisi (penambahan warna) menjadi biru saat dimasukkan komparator keping gipsum. Gambar kanan, menentukan kedudukan sumbu indikatrik mineral yang sejajar dengan sumbu indikatrik komparator.

5.4. Pemadaman dan Sudut Pemadaman

Pemadaman adalah gejala dimana mineral memperlihatkan kenampakan gelap maksimum, hal ini terjadi apabila sumbu indikatrik (arah getar sinar) mineral sejajar dengan arah getar polarisator atau analisator.

Pada pengamatan mineral anisotrop, apabila meja obyek diputar 360° , maka akan terjadi gelap maksimum empat kali. Tidak semua mineral memperlihatkan pemadaman yang sempurna, ada yang pemadamannya bintik-bintik (misal pada biotit) dan ada yang pemadamannya bergelombang (misal pada kuarsa).

Sudut pemadaman

Sudut pemadaman adalah sudut yang dibentuk oleh sumbu panjang kristalografi (sumbu- c) dengan sumbu indikatrik mineral (baik sinar cepat atau sinar lambat).

$$\text{Sudut Pemadaman} = c \wedge X \text{ atau } c \wedge Z$$

Ada 3 macam sudut pemadaman :

a. Paralel

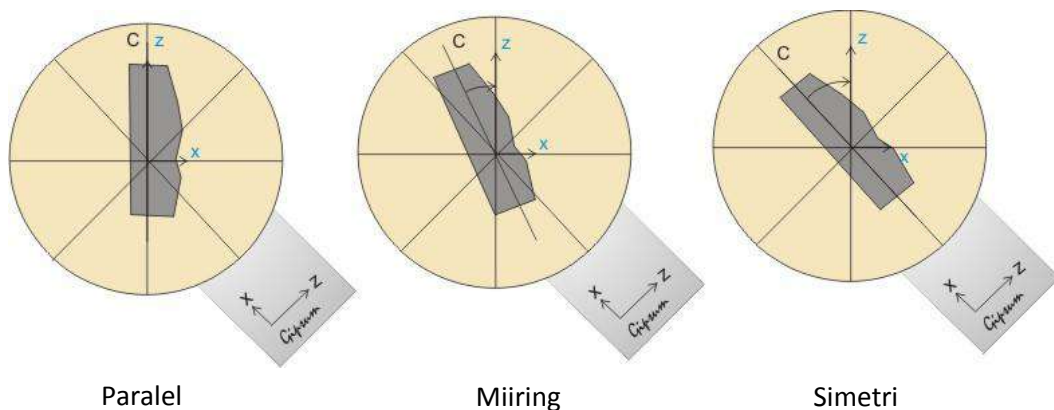
Apabila sumbu- c sejajar atau tegak lurus dengan sumbu indikatrik mineral ($c \wedge X, Z = 0^\circ$ atau $c \wedge X, Z = 90^\circ$)

b. Miring

Apabila sumbu sumbu- c membentuk sudut dengan sumbu indikatrik mineral atau $c \wedge X, Z = 1^\circ - 44^\circ$

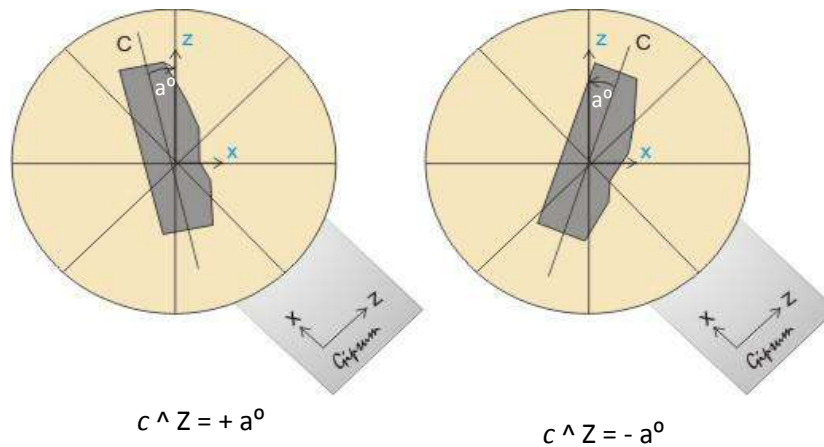
c. simetri

Jika mineral menjadi padam pada kedudukan dimana benang silang membagi sudut yang dibentuk oleh dua arah belahan sama besar atau apabila sumbu- c membentuk sudut 45° dengan sumbu indikatrik mineral, $c \wedge X, Z = 45^\circ$



Gambar 5.8. Kenampakan berbagai macam sudut pemadaman pada mineral. Gambar kiri sudut pemadaman paralel $c \wedge X, Z = 0^\circ$ atau $c \wedge X, Z = 90^\circ$ gambar tengah mineral dengan sudut pemadaman miring $c \wedge X, Z = 1^\circ - 44^\circ$, dan gambar kanan mineral dengan sudut pemadaman simetri $c \wedge X, Z = 45^\circ$.

Jika kedudukan sumbu indikatrik disebelah kanan sumbu- c maka harga sudut pemadamannya adalah positif dan sebaliknya.



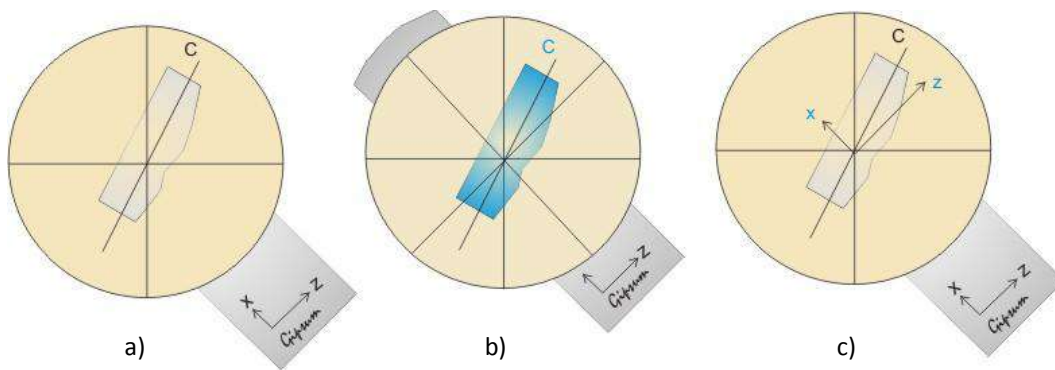
Gambar 5.9. Memperlihatkan kedudukan sumbu indikatrik sinar Z terhadap sumbu kristalografi-c.

Cara menentukan sudut pemadaman

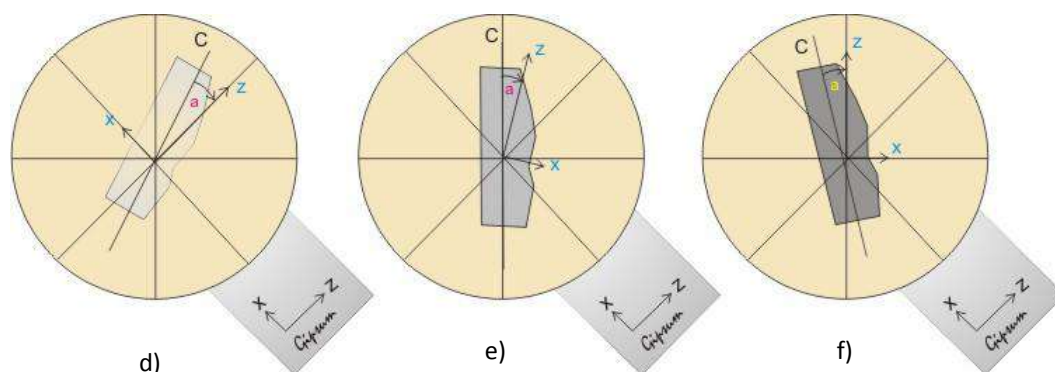
- Menentukan kedudukan sumbu panjang kristalografi mineral;
- Menentukan kedudukan mineral pada saat warna interferensi maksimum (sumbu indikatrik posisinya diagonal);
- Karena kedudukan sumbu indikatrik diagonal ($N 45^\circ E$) maka kita harus mengetahui apakah sumbu panjang kristalografi mineral pada saat interferensi maksimum kedudukannya kurang dari 45° atau lebih dari 45° agar bisa ditentukan harga sudut pemadamannya positif atau negatif;
- Masukkan keping komparator, amati apakah terjadi gejala addisi atau substraksi. Gambar kedudukan sumbu indikatrik mineral (sejajar kedudukan sumbu indikatrik komparator atau diagonal).

Catatan : prosedur a - d sama dengan prosedur menentukan orientasi optik.

- a° adalah sudut pemadaman c^Z ;
- Cara mengukur a° adalah meletakkan kedua garis yang membatasinya pada salah satu benang silang (merupakan arah getar polarisator/analisisator) misalkan kita pakai benang silang vertikal;
- Putar meja obyek ke kiri hingga sumbu-c berimpit dengan benang silang tegak. Catat skala noniusnya, misal X° putar lagi meja obyek ke kiri hingga sumbu indikatrik sinar Z berimpit benang silang vertikal (dicirikan oleh pemadaman maksimum) catat misal X_1° ;
- Sudut pemadaman $c^Z = X_0^\circ = |X^\circ - X_1^\circ|$
 $c^X = -(90^\circ - X_0^\circ)$.



Gambar 5.10. a) posisi mineral saat warna interferensi maksimum, b) mineral memperlihatkan gejala addisi menjadi biru saat dimasukkan komparator keping gipsum, c) menentukan kedudukan sumbu indikatrik mineral yang sejajar dengan sumbu indikatrik komparator yaitu 45° terhadap benang silang.



Gambar 5.11 d). Besarnya sudut pemataman $c \wedge Z = + a^\circ$, e). Sumbu kristalografi-c disejajarkan dengan benang silang vertikal, catat di nonius meja obyek sebagai X^0 , f). Sumbu indikatrik Z disejajarkan dengan benang silang vertikal, catat di nonius meja obyek sebagai $X1^\circ$.

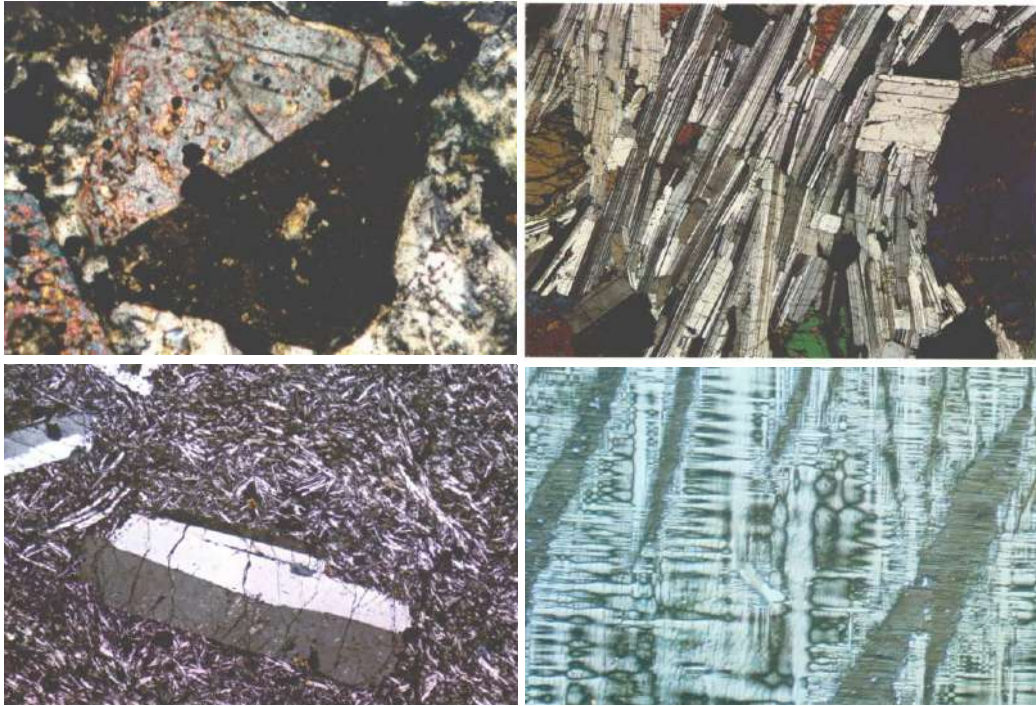
5.5 Kembaran

Pada kenampakan mikroskopis kembaran nampak sebagai lembar-lembar yang memperlihatkan warna interferensi dan pemataman yang berbeda. Kenampakan tersebut dapat disebabkan karena pada waktu proses kristalisasi terganggu (kembaran tumbuh) atau karena adanya proses deformasi pada waktu kristal tersebut sudah terbentuk (kembaran deformasi).

Secara diskriptif keduanya dapat dibedakan dengan melihat bentuk dari masing-masing lembar kembarannya. Kembaran tumbuh, lebar-lembar kembarannya tertentu dan bidang batasnya lurus. Sedang pada kembaran deformasi lebar lembar kembarannya berubah dan batasnya sering melengkung.

Kembaran tumbuh bisa terbentuk karena suatu kristal bagian-bagiannya mengalami rotasi secara mekanis antara satu dengan lainnya. Atau bisa terbentuk oleh

karena pertumbuhan dua kristal atau lebih yang saling mengikat, sehingga membentuk satu wujud.



Gambar 5.12 Kenampakan beberapa jenis kembaran, berturut-turut searah jarum jam adalah kembaran baveno pada diopsid, kembaran albit pada plagioklas, kembaran periklin (*cross hatch*) pada mikroklin, dan kembaran karlsbad pada sanidin.

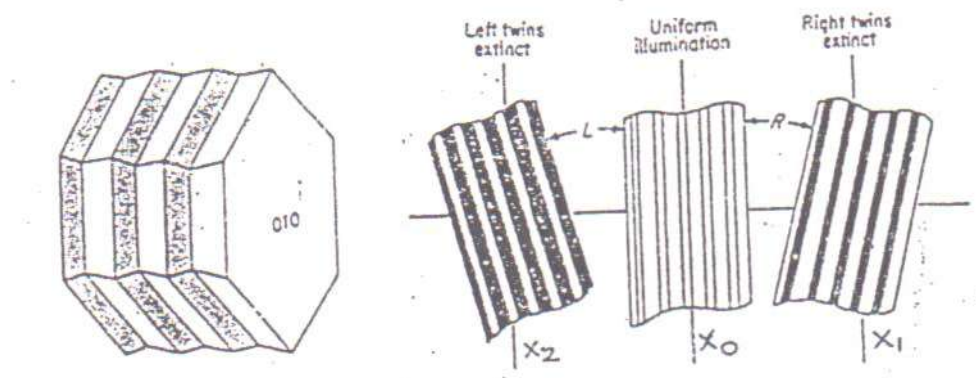
Ada beberapa macam kembaran, dengan dasar pembagian yang bermacam-macam pula. Tetapi untuk kebutuhan praktikum ini, hanya kita bagi secara diskriptif praktis dengan melihat bentuk dan pola kembarannya saja. Bentuk-bentuk kembaran tersebut antara lain albit, karlsbad, baveno, periklin (*cross hatch*), karlsbad-albit. Bagaimanapun juga, kembaran sering mempunyai arti penting di dalam pengamatan mineral, terutama kembaran yang terdapat pada mineral plagioklas.

5.5.1 Penentuan plagioklas dengan kembaran

5.5.1.1. Metode Michel Levy

Kembaran pada plagioklas yang mengikuti "Hukum Albit" memiliki bidang kembaran sejajar dengan bidang (010). Untuk mengukur sudut pemadaman, carilah kristal plagioklas yang terpotong tegak lurus bidang {010} atau sejajar sumbu b, yang dicirikan oleh :

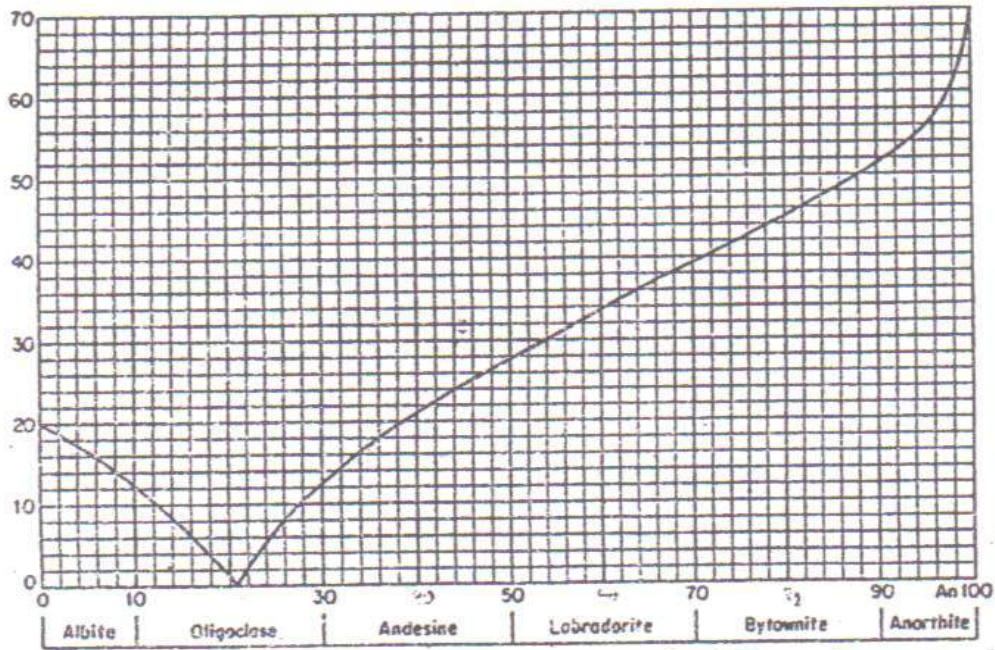
1. Garis-garis perpotongan antara bidang komposisi dengan bidang sayatan (garis-garis kembaran) nampak jelas dan tajam;
2. Bila garis kembaran diletakkan sejajar dengan benang silang tegak maka semua lembar kembaran memberikan warna interferensi yang sama dan merata;
3. Besarnya sudut pemadaman untuk lembar kembaran yang menjadi gelap pada pemutaran meja obyek searah putaran jarum jam ($|x_0 - x_1| = P$) adalah sama dengan harga sudut pemadaman untuk lembaran yang menjadi gelap bila meja obyek diputar berlawanan arah jarum jam ($|x_0 - x_2| = Q$) Selisih antara kedua sudut pemadaman tersebut tidak boleh lebih dari 6° ($|P - Q| \leq 6^\circ$);
Jika syarat-syarat tersebut terpenuhi maka harga sudut pemadamannya adalah $:(P+Q)/2 = Z^\circ$.



Gambar 5.13. Cara penentuan jenis plagioklas dan sudut pemadaman lembar kembaran albit. a). kristal plagioklas dengan kembaran albit b). cara pengukuran sudut pemadaman dari kembaran albit (Kerr,1977).

Untuk penelitian petrografi batuan beku, langkah tersebut harus dilakukan sebanyak mungkin, kemudian diambil harga sudut pemadaman yang paling besar (sudut pemadaman yang paling besar adalah yang paling mendekati sayatan yang tegak lurus bidang (010). Harga sudut pemadaman dimasukkan kedalam kurva Michel Levy sebagai ordinatnya kemudian tarik garis horisontal hingga memotong kurva yang ada. Dari perpotongan tersebut kita tarik garis ke bawah maka komposisi dan jenis plagioklasnya dapat diketahui. Bila harga sudut pemadaman kurang dari 20° maka harus kita ukur harga indeks biasnya.

Plagioklas yang berkomposisi An_{0-20} memiliki indeks bias lebih kecil daripada indeks bias Kanada balsem, sedangkan yang berkomposisi An_{21-100} memiliki indeks bias lebih besar daripada indeks bias Kanada balsem.



Gambar 5.14. Kurva untuk penentuan jenis plagioklas dengan kembaran albit (Michel Levy) (Kerr,1977).

5.5.1.2. Dengan kembaran Carlsbad-Albite

Carilah kristal plagioklas yang memperlihatkan kembaran Carlsbad-Albite yang terpotong tegak lurus bidang (010) yang dicirikan oleh :

1. Garis-garis perpotongan antara bidang komposisi dengan bidang sayatan (garis-garis kembaran) kelihatan jelas dan tajam;
2. Bila garis kembaran diletakkan sejajar dengan benang silang tegak maka semua lembar kembaran memberikan warna interferensi yang sama dan merata.

Salah satu kembaran Carlsbad (misal sebelah kiri) ditentukan dengan cara yang sama dengan metode sebelumnya yakni

$$\frac{|X_0 - X_1| + |X_0 - X_2|}{2} = S^\circ$$

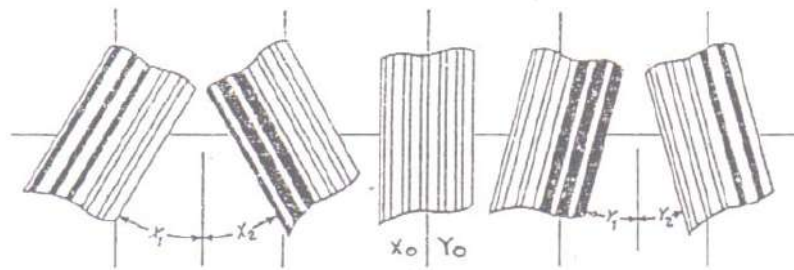
Dengan syarat $|X_0 - X_1| - |X_0 - X_2| \leq 6^\circ$

Dan sudut pemadaman untuk lembar kembaran albit pada lembar kembaran Carlsbad sebelah kanan adalah :

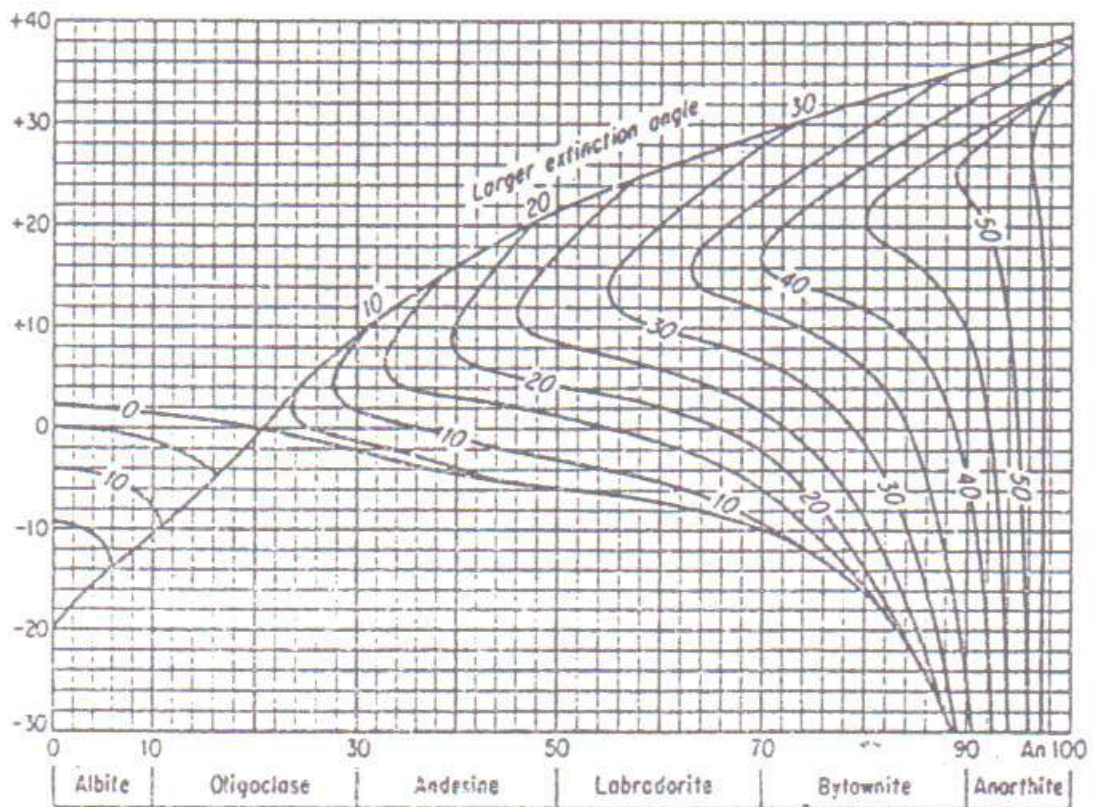
$$\frac{|Y_0 - Y_1| + |Y_0 - Y_2|}{2} = T^\circ$$

Dengan syarat $|Y_0 - Y_1| - |Y_0 - Y_2| \leq 6^\circ$

Harga sudut pemadaman diplot dengan grafik dimana harga sudut pemadaman yang lebih kecil sebagai ordinal sedangkan harga sudut pemadaman yang lebih besar diplot pada kurva, kemudian tarik garis horisontal dari sudut pemadaman yang lebih kecil, potongkan dengan kurva sudut pemadaman yang lebih besar. Dari perpotongan tersebut lalu ditarik garis kebawah maka jenis plagioklas dapat diketahui. Bila harga sudut pemadaman kurang dari 20° maka harus diketahui terlebih dahulu indeks biasanya.



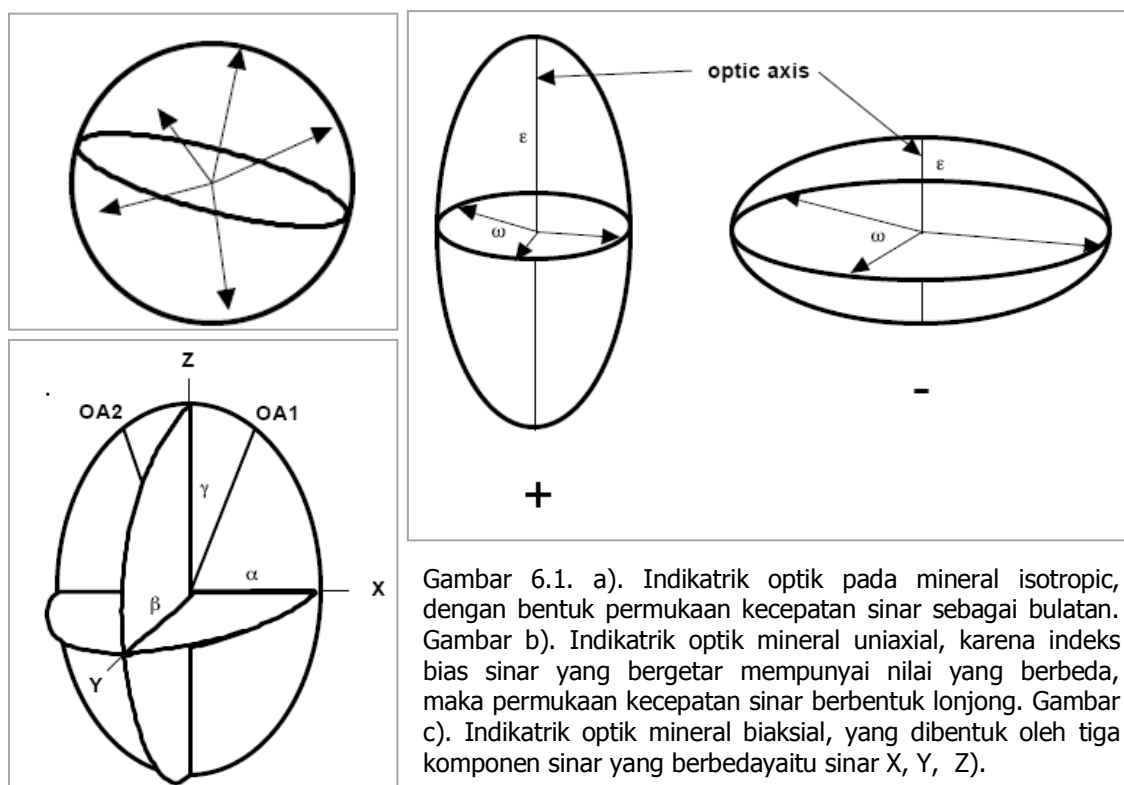
Gambar 5.15. Cara penentuan sudut pemadaman plagioklas dari kembaran Carlsbad-Albite (Kerr, 1977)



Gambar 5.16. Kurva untuk penentuan jenis plagioklas dengan kembaran Carlsbad-Albit (menurut F.E. Wright, dari Kerr, 1977).

BAB 6 OPTIK SUMBU SATU

Seperti telah dikenal luas bahwa sistem kristalografi secara umum dibagi menjadi enam kelompok, yaitu sistem isometrik, tetragonal, heksagonal, ortorombik, monoklin, dan triklin. Dari sifat sistem kristal yang ada dan sifat cahaya, hubungan tersebut menghasilkan tiga kenampakan optik yang berbeda, yaitu kenampakan optik isotropik isotropik, kenampakan optik anisotropik uniaxial, dan kenampakan optik anisotropik biaxial.



Gambar 6.1. a). Indikatrik optik pada mineral isotropic, dengan bentuk permukaan kecepatan sinar sebagai bulatan. Gambar b). Indikatrik optik mineral uniaxial, karena indeks bias sinar yang bergetar mempunyai nilai yang berbeda, maka permukaan kecepatan sinar berbentuk lonjong. Gambar c). Indikatrik optik mineral biaxial, yang dibentuk oleh tiga komponen sinar yang berbedayaitu sinar X, Y, Z).

Mineral sumbu satu adalah mineral yang mempunyai sumbu optik satu, yaitu mineral-mineral yang mempunyai system kristal hexagonal dan tetragonal, diantaranya nepheline $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, apatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F,Cl,OH})$, calcite CaCO_3 , dolomite $(\text{Ca,Mg})\text{CO}_3$, quartz SiO_2 , zircon ZrSiO_4 , tourmaline-borosilicate .

Seperti telah banyak kita pahami, cahaya yang dilewatkan pada rombohedral kalsit, akan dipisahkan menjadi dua sinar yang memberi kenampakan sinar yang mencerminkan harga indeks bias kedua sinar yang melewati kristal kalsit tersebut.

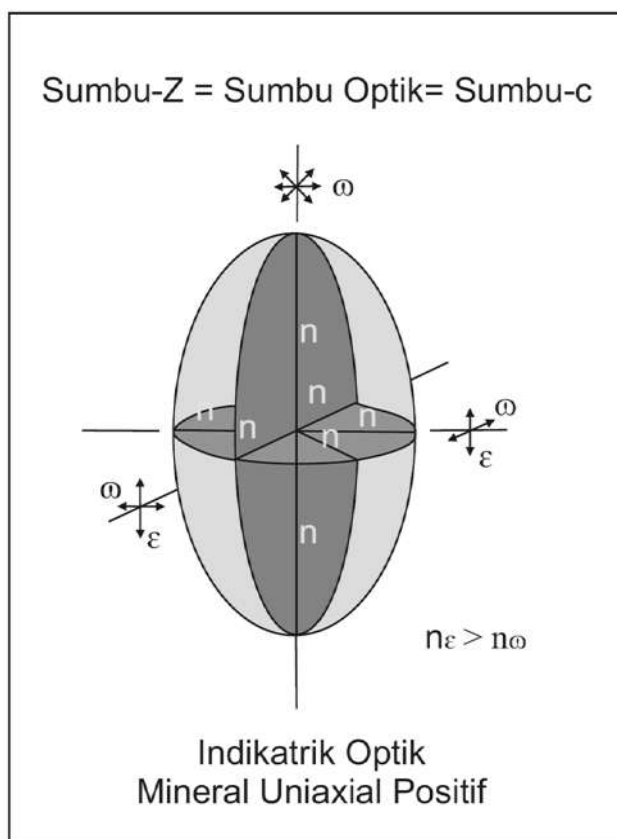
Dengan memutar mineral kalsit yang diletakkan pada kertas dengan garis titik-titik, satu titik akan tetap pada tempatnya, sedangkan titik lain akan berubah. Hal ini disebabkan:

- Sinar yang berhubungan dengan titik yang bergerak dikenal sebagai sinar extraordinary yang mempunyai n_{ϵ} ;
- Sinar yang berhubungan dengan titik yang tetap dikenal sebagai sinar ordinary yang mempunyai n_{ω} .

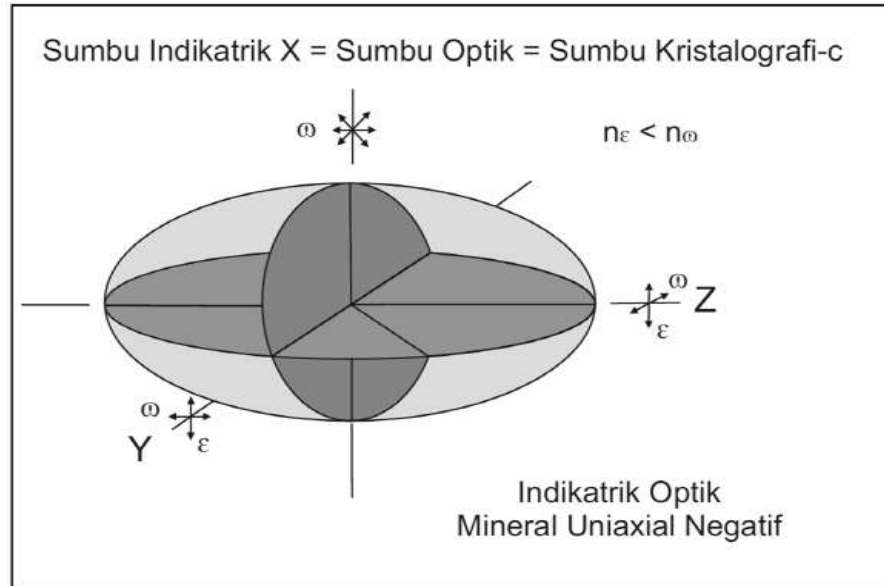
6.1. Indikatrik mineral sumbu satu

Indikatrik optik adalah gambar geometrik yang member gambaran bahwa indeks bias digambarkan sebagai radius yang parallel dengan arah sinar yang bergetar. Dalam mineral isotropik, indikatrik optik berbentuk bulat, karena indeks bias sinar yang bergetar ke segala arah mempunyai nilai yang sama.

Pada mineral sumbu satu, karena n_{ω} and n_{ϵ} nilainya tidak sama, indikatrik optik mempunyai bentuk ellipsoid, dengan kenampakan tergantung orientasi kedua indeks bias tersebut terhadap sumbu optik.



Gambar 6.2. Indikatrik optik sumbu satu positif, ellipsoid memanjang sejajar dengan sumbu optik. Kenampakan ini terbentuk jika sinar ekstraordinar merupakan sinar lambat (sinar Z) atau $n_{\omega} < n_{\epsilon}$. (Sumber gambar : Nesse, 1991).



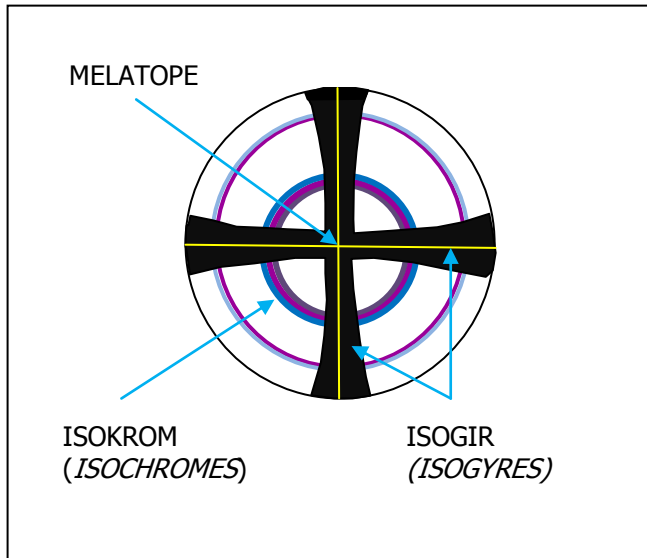
Gambar 6.3. Indikatrik optik sumbu satu negatif, ellipsoid memanjang tegak lurus dengan sumbu optik. Kenampakan ini terbentuk jika sinar ekstraordinar merupakan sinar cepat (sinar X) atau $n_x > n_z$. (Sumber gambar : Nesse, 1991)

6.2. Gambar interferensi sumbu satu

Untuk pengamatan gambar interferensi menggunakan mikroskop polarisasi, terdapat beberapa langkah yang perlu diperhatikan, diantaranya:

1. Dengan lensa perbesaran maksimum, fokuskan pada bagian mineral yang bersih, tidak terdapat retakan ataupun inklusi;
2. Pasang lensa tambahan kondensor, fokuskan kembali, serta buka aperture diafragma secara maksimum;
3. Posisi nikol silang;
4. Masukkan lensa amici Bertrand atau lepas lensa okular dan langsung lihat ke tubus mikroskop;
5. Dalam pengamatan ini, bukan mengamati butiran mineral, tetapi warna interferensi yang muncul pada permukaan atas lensa obyektif.

Gambar Interferensi terbentuk dari kenampakan warna interferensi yang berbentuk sebagai gelang-gelang warna relative konsentris yang disebut isokrom (*isochromes*) dan kenampakan lengan yang berbentuk silang berwarna hitam yang disebut isogir (*isogyres*). Titik perpotongan dua lengan isogir yang menyilang disebut melatope. Bentuk kenampakan gambar interferensi secara menyeluruh tergantung pada arah sayatan pada mineral.



Gambar 6.4. Kenampakan bagian-bagian gambar interferensi mineral sumbu satu.

Terdapat 3 kenampakan gambar interferensi mineral sumbu satu, yaitu:

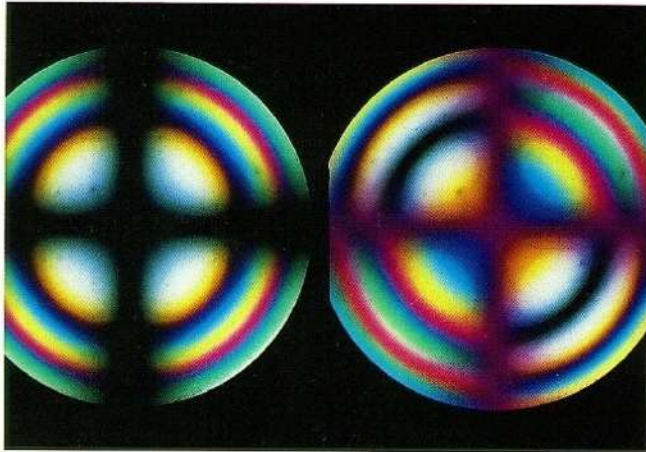
1. Gambar Interferensi Sumbu Optik (Terpusat) (*Optic Axis Figure*);
2. Gambar Interferensi Tak Terpusat (*Off Centred Optic Axis Figure*);
3. Gambar Interferensi Kilat (*Flash Figure*).

Setiap tipe gambar interferensi, mencerminkan arah sayatan terhadap sumbu indikatriknya.

6.2.1. Gambar interferensi sumbu optik (terpusat)

Kenampakan gambar interferensi sumbu optik, terbentuk pada mineral yang dipotong tegak lurus sumbu optiknya atau sumbu optik mineral dalam posisi vertikal. Mineral pada sayatan ini akan nampak gelap maksimum (hitam) dalam pengamatan nikol silang.

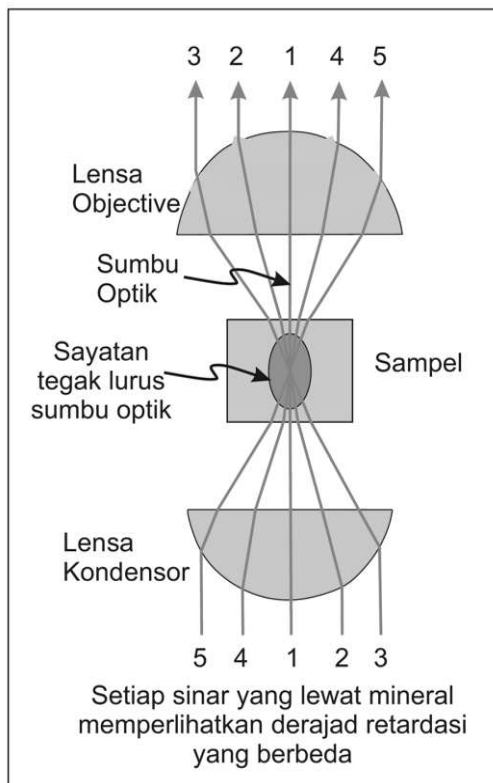
Gambar interferensi yang dihasilkan berupa lengan hitam yang menyilang di bagian tengah dan gelang-gelang warna interferensi yang berbentuk sirkular. Lengan hitam yang menyilang adalah kenampakan isogir, dimana pada bagian perpotongannya merupakan melatop, yang menggambarkan titik tembus garis sumbu optik mineral. Gelang-gelang warna interferensi yang disebut isokrom, akan bertambah kuat kearah luar dari melatop. Di dekat melatop, warna interferensi pada umumnya berada pada bagian orde pertama table Michel Levy. Isokrom terbentuk karena variasi harga retardasi dari sinar cahaya konvergen pada sampel mineral. Gambar interferensi pada sayatan ini, tidak akan berubah selama pengamatan, walupun meja obyek diputar.



Gambar 6.5. Kenampakan gambar interferensi sumbu optik (terpusat) mineral sumbu satu. (Sumber gambar : Perkins dan Henke, 2000)

6.2.1.1. Pembentukan isochrome

Cahaya pada kenampakan konoskop adalah cahaya konvergen, karena lensa kondensor akan akan menghasikan cahaya yang menguncup yang terfokus pada sayatan kristal, melewati kristal dan ditangkap oleh lensa obyektif.



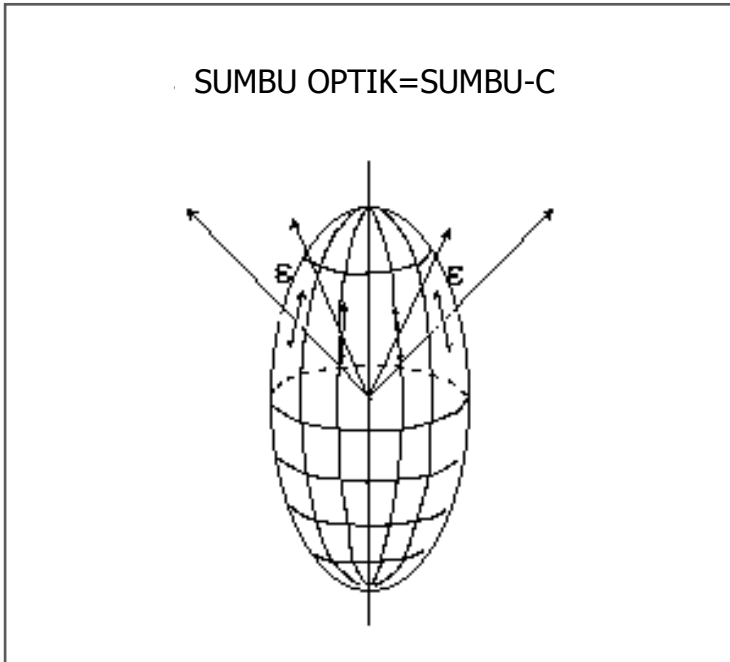
Gambar 6.6. Skema kenampakan cahaya konvergen(Sumber gambar : Nesse, 1991)

1. Cahaya yang merambat sepanjang sumbu optik (lintasan 1), tidak terpecah menjadi dua sinar, $n_{\text{epsilon}}' = n_{\text{omega}}$, dan keluar dari mineral membentuk melatop. Tidak ada retardasi antara dua sinar tersebut;
2. Cahaya yang melewati lintasan 2 & 4 menghasikan retardasi sedang $n_{\text{epsilon}}' < n_{\text{omega}} \sim 550 \mu\text{m}$;
3. Cahaya yang melewati lintasan 3 & 5 menghasikan retardasi yang lebih besar. $n_{\text{epsilon}}' \ll n_{\text{omega}} \sim 1100 \text{ nm}$, karena cahaya membentuk sudut yang lebih besar terhadap sumbu optik, sehingga menghasikan lintasan yang lebih panjang selama melewati contoh mineral.

Cahaya dengan jarak yang sama terhadap sumbu optik akan menghasikan gelang-gelang warna interferensi yang mengitari melatop yang disebut sebagai isokrom. Jumlah isokrom pada setiap gambar interferensi tergantung retardasi dan tebal dari sayatan mineral.

6.2.1.2. Pembentukan isogir

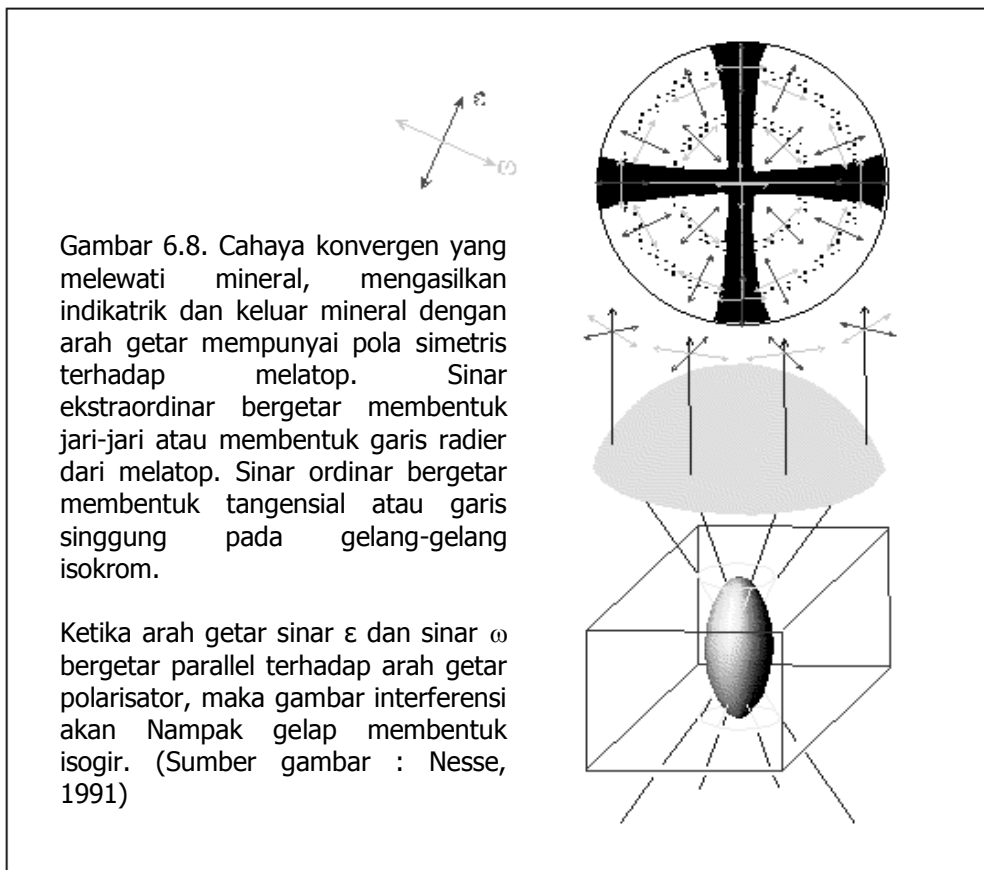
Isogir (*isogyres*) terbentuk ketika arah getar sinar yang membentuk gambar interferensi parallel dengan arah getar polarisator. Bagian dari kenampakan tersebut akan memperlihatkan gelap maksimum.



Gambar 6.7. Memperlihatkan kenampakan cahaya yang merambat dari titik pusat indikatrik sumbu satu positif.

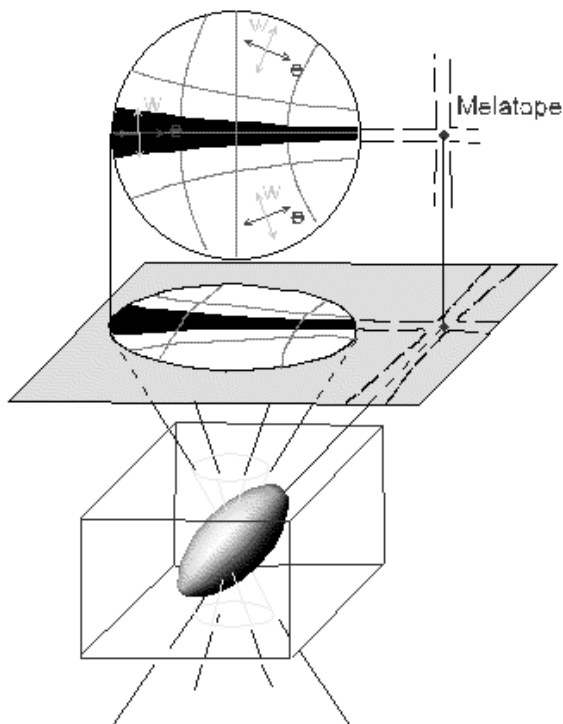
Sinar ordinari (ω), bergetar tegak lurus terhadap sumbu kristalografi-*c* dan analog dengan garis latitude.

Sinar Ekstraordinari (ϵ) bergetar parallel dengan sumbu kristalografi-*c* dan analog dengan garis longitude. (Sumber gambar : Nesse, 1991).



6.2.2. Gambar interferensi tak terpusat

Gambar interferensi tak terpusat dihasilkan ketika sumbu optik tidak vertikal atau sayatan mineral miring terhadap sumbu optik atau sumbu kristalografi-c. Gambar interferensi dicirikan oleh kenampakan melatop tetap di bagian perpotongan lengan isogir, tetapi tidak berada di pusat medan pandang. Melatop kadang masih nampak di medan pandang walaupun tidak di pusat, tetapi melatop juga dapat tidak nampak di medan pandang, selama meja obyek diputar. Isogir akan bergerak utara-selatan atau timur-barat, dan selalu bergerak paralel terhadap benang silang.



Gambar 6.9. Pada gambar interferensi tak terpusat, melatop berada di luar medan pandang. Arah getar sinar ordinar merupakan garis singgung pada isokrom, sedangkan arah sinar ekstrordinar sebagai garis radier terhadap melatop. (Sumber gambar : Nesse, 1991)

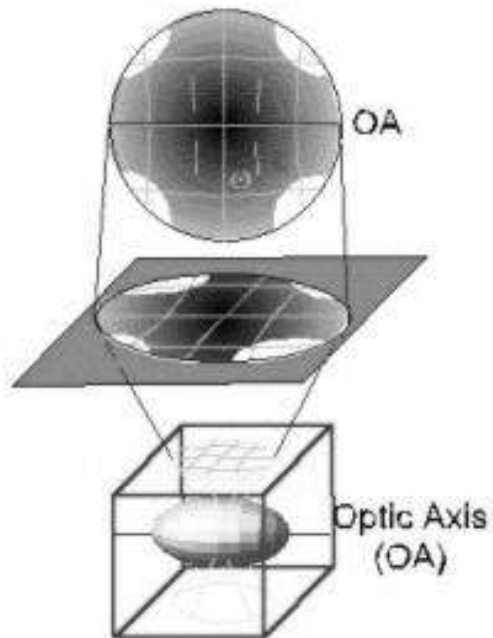
6.2.3. Gambar interferensi kilat

Gambar interferensi kilat terdapat pada mineral dengan posisi sumbu optik horizontal atau mineral dipotong sejajar terhadap sumbu optik atau sumbu kristalografi-c. Pada sayatan ini mineral akan memperlihatkan kenampakan warna interferensi maksimum atau harga bias rangkap maksimum.

Seperti gambar interferensi lainnya, kenampakan gambar interferensi kilat dihasilkan karena arah getar sinar ordinar maupun ekstraordinar pada medan pandang mendekati paralel terhadap arah getar polarisator pada mikroskop.

- Arah getar sinar ekstraordinar bergetar paralel dengan sumbu optic;
- Arah getar sinar ordinar bergetar tegak lurus sumbu optik.

Gambar interferensi pada umumnya terlihat sebagai isogir yang membentuk lengan silang, yang relative luas tetapi agak kabur.



Gambar 6.10. Kenampakan skematik gambar interferensi kilat sumbu satu pada saat posisi konoskop gelap maksimum. (Sumber gambar : Nesse, 1991)

BAB 7

OPTIK MINERAL SUMBU DUA (*BIAXIAL*)

Mineral pada sistem kristal ini memperlihatkan variasi struktur kristal yang lebih kompleks yang disebabkan *variable chemical bonding*. Terdapat 3 indeks bias yang berbeda pada sumbu indikatrik mineral sumbu dua, yaitu n_{α} , n_{β} , n_{γ} atau n_{α} , n_{β} , dan n_{γ} dimana $n_{\alpha} < n_{\beta} < n_{\gamma}$. n_{α} berimpit dengan sumbu indikatrik X, n_{β} berimpit dengan sumbu indikatrik Y dan n_{γ} berimpit dengan sumbu indikatrik Z, dimana $V_x > V_y > V_z$. Birefringence (bias rangkap) maksimum pada mineral biaxial didefinisikan sebagai $(n_{\gamma} - n_{\alpha})$.

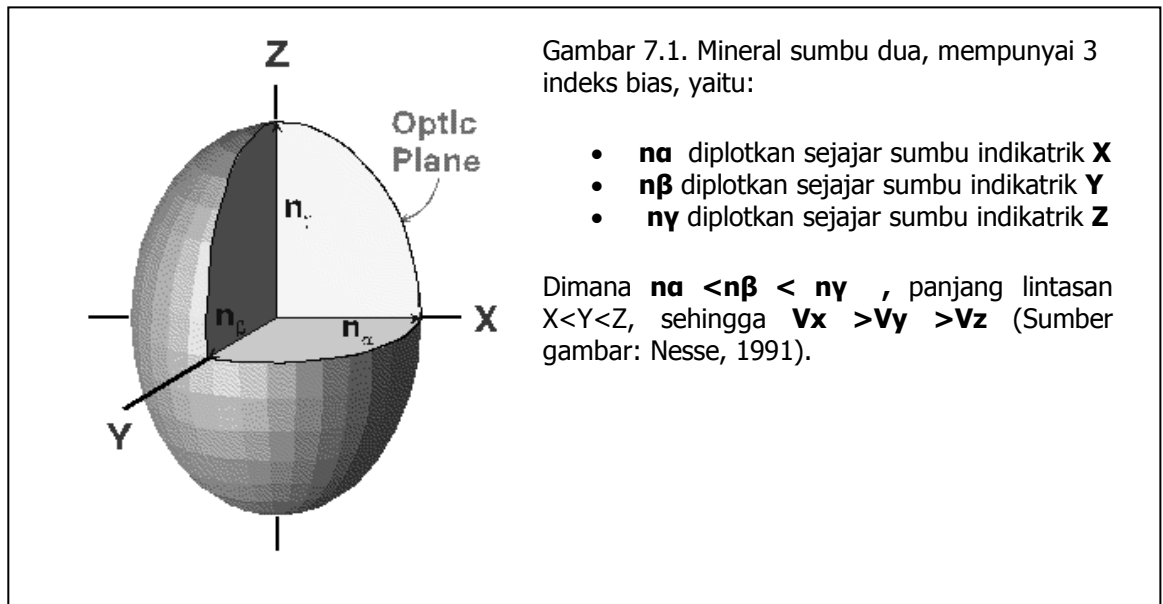
Walaupun terdapat tiga komponen indeks bias pada optik mineral biaxial, akan tetapi cahaya yang masuk pada mineral akan dipisahkan menjadi 2 sinar, sinar cepat (*fast*) dan sinar lambat (*slow*), yang bergetar saling tegak lurus. Indeks bias mana yang berperan, tergantung arah sayatan pada mineral. Disepakai bahwa:

- Sumbu indikatrik X selalu merupakan arah getar sinar paling cepat dan akan mempunyai indeks bias paling kecil (n_{α});
- Sumbu indikatrik Z selalu merupakan arah getar sinar paling lambat dan akan mempunyai indeks bias paling besar (n_{γ});
- Sumbu indikatrik Y akan berperan menjadi salah satu apakah sebagai sinar cepat atau sinar lambat, tergantung sumbu indikatrik lain yang berperan. Sumbu indikatrik Y mempunyai indeks bias tengah-tengah (n_{β}).

Dalam pembahasan mineral sumbu dua, terminologi sinar *ordinary - extraordinary* seperti pada pembahasan mineral sumbu satu tidak digunakan.

7.1. Indikatrik sumbu dua

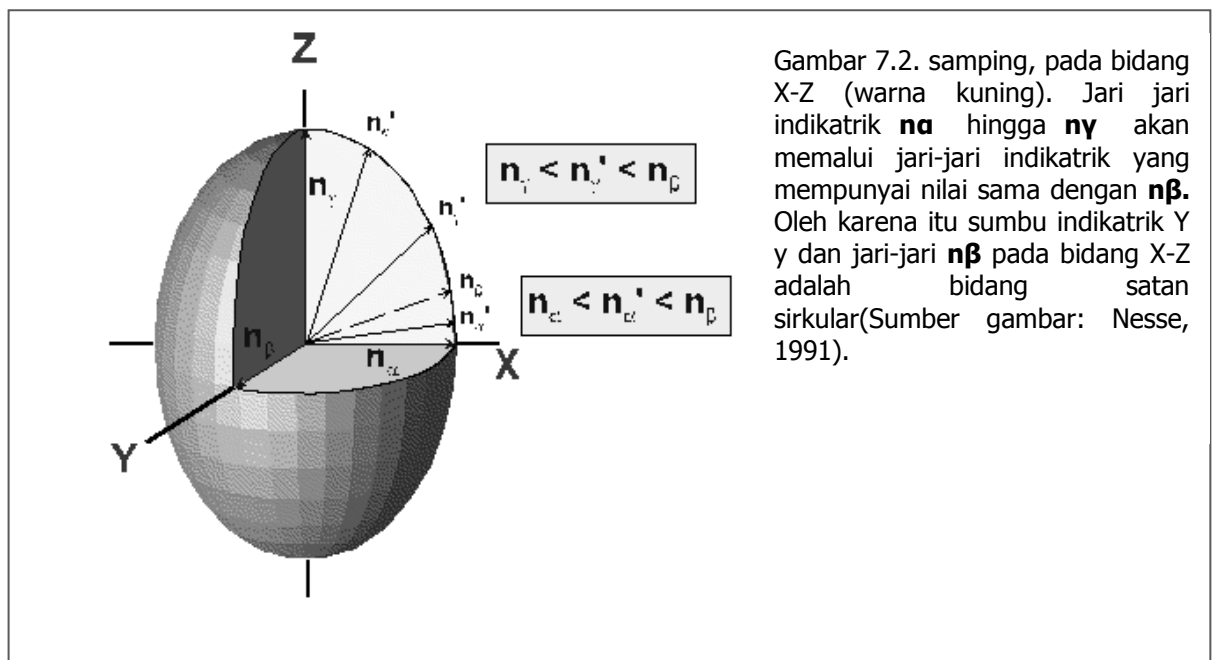
Indikatrik mineral sumbu dua relatif menyerupai indikatrik sumbu satu, kecuali pada sumbu dua terdapat tiga indeks bias sedang pada sumbu satu terdapat dua indeks bias. Indikatrik sumbu dua digambarkan mempunyai sumbu indikatrik yang saling tegak lurus dengan indeks bias yang berbeda.

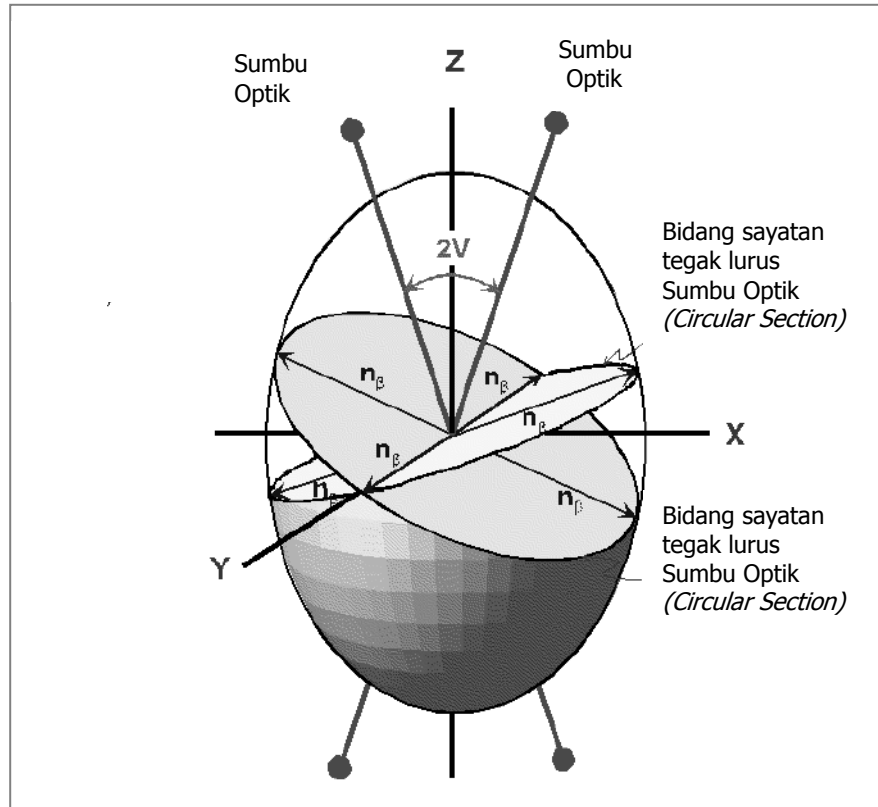


Indicatriks mempunyai 3 sayatan utama yang membentuk ellipsoid, yaitu yang mengandung:

- Sumbu indikatrik X - Y = n_a & n_b
- Sumbu indikatrik X - Z = n_a & n_y
- Sumbu indikatrik Y - Z = n_b & n_y

Sayatan secara acak juga juga memberikan bentuk ellipsoid. Pada mineral sumbu satu, memperlihatkan satu sayatan sirkular, sedangkan pada mineral sumbu dua memperlihatkan dua sayatan sirkular dengan radius sama dengan n_b .





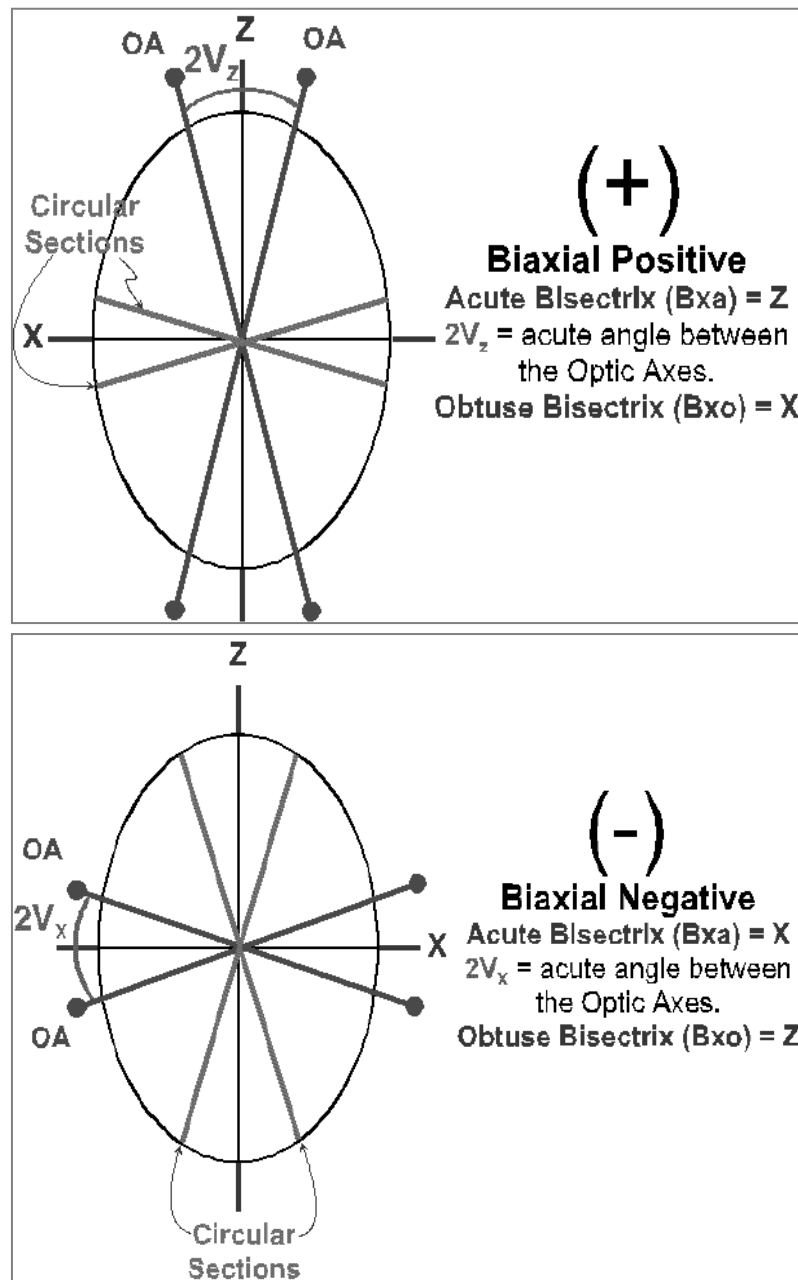
Gambar 7.3. Kenampakan garis Z sumbu optik mineral sumbu dua. (Sumber gambar: Nesse, 1991).

Garis yang tegak lurus arah sayatan sirkular disebut sumbu optik (*optic axis*) mineral sumbu dua. Sumbu optik selalu berimpit dengan bidang X-Z yang didefinisikan sebagai bidang sumbu optik (*optic axial plane*) yang membentuk sudut dengan sumbu indikatrik Y. Dalam ellipsoid tersebut terdapat dua sayatan sirkular dengan radius n_{β} yang saling berpotongan sepanjang sumbu indikatrik Y. sudut lancip antara dua sumbu optik pada mineral disebut sudut sumbu optik (*optic angle*) atau disimbolkan dengan sudut $2v$. Sumbu indikatrik apakah X or Z, yang membagi sudut $2v$ disebut garis bagi sudut lancip (*acute bisectrix*) atau bx_a . Sedangkan sumbu indikatrik apakah X or Z, yang membagi sudut tumpul dua sumbu optik disebut garis bagi sudut tumpul (*obtuse bisectrix*) atau bx_o .

7.2. Tanda optik

Pada mineral sumbu dua, tanda optik tergantung pada apakah sumbu indikatrik X atau Z merupakan garis bagi sudut lancip atau garis bagi sudut tumpul.

- Jika Bxa adalah sumbu indikatrik X, mineral mempunyai tanda optik (-);
- Jika Bxa adalah sumbu indikatrik Z, mineral mempunyai tanda optik (+);
- Jika $2V = 90^\circ$, mineral mempunyai tanda optik netral.



Gambar 7.4. Kenampakan indikatrik optik mineral biaxial (+) (atas) dan biaxial (-) (bawah). (Sumber gambar: Nesse, 1991).

7.3. Gambar interferensi mineral sumbu dua

Kenampakan gambar interferensi sumbu dua relatif sama dengan gambar kenampakan sumbu satu. Untuk pengamatan gambar interferensi menggunakan mikroskop plarisasi, terdapat beberapa langkah yang perlu diperhatikan, diantaranya:

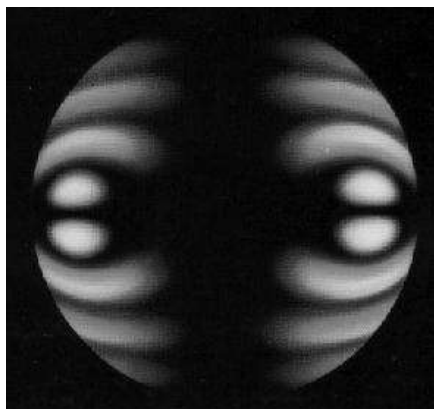
1. Dengan lensa perbesaran maksimum, fokuskan pada bagian mineral yang bersih, tidak terdapat retakan ataupun inklusi;
2. Pasang lensa tambahan kondensor, fokuskan kembali, serta buka aperture diafragma secara maksimum;
3. Posisi nikol silang;
4. Masukkan lensa amici Bertrand atau lepas lensa okular dan langsung lihat ke tubus mikroskop;
5. Dalam pengamatan ini, bukan mengamati butiran mineral, tetapi gambar interferensi yang muncul pada permukaan atas lensa obyektif.

Terbentuknya gambar interferensi, yaitu isogir dan gelang-gelang warna pada sumbu dua sama dengan sumbu satu. Perbedaannya karena ada dua sumbu optik, maka kenampakan macam gambar interferensinya akan lebih banyak. Berdasar arah sayatan, pada kristal sumbu dua terdapat lima jenis gambar interferensi, yaitu :

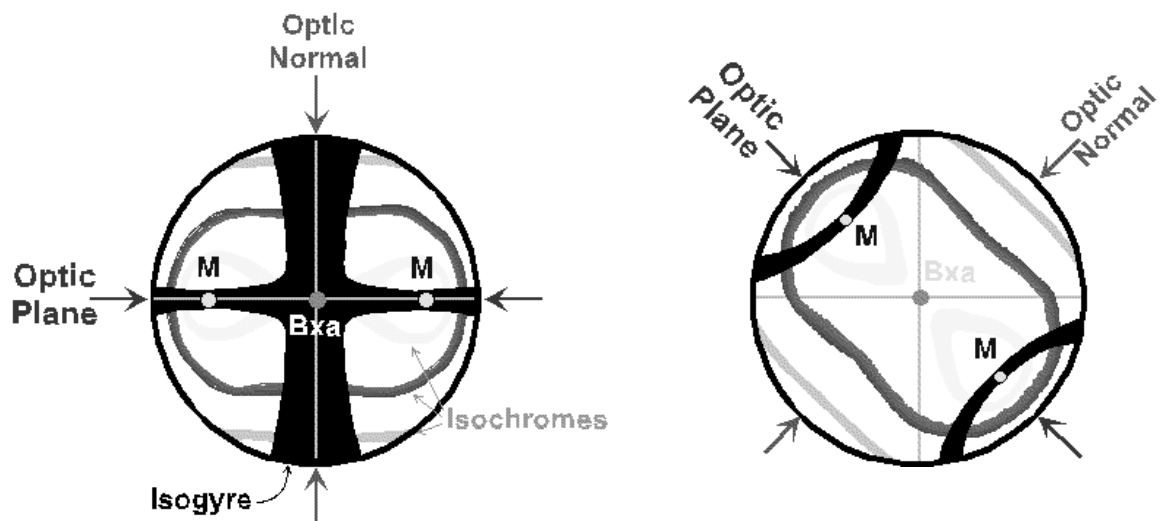
- a) Gambar interferensi garis bagi sudut lancip (BS1)/ *Centred Acute Bisectrix* (Bxa);
- b) Gambar interferensi sumbu optik (*Centred Biaxial Optic Axis*);
- c) Gambar interferensi garis bagi sudut tumpul (BSt)/ *Centred Obtuse Bisectrix* (Bxo);
- d) Gambar interferensi kilat (*Centred Optic Normal atau Biaxial Flash Figure*);
- e) Gambar interferensi tak terpusat (*Random Orientations*).

7.3.1. Gambar interferensi garis bagi sudut lancip (Bxa)

Merupakan gambar interferensi yang dihasilkan ketika mineral dipotong tegak lurus garis bagi sudut lancip. Karena sudut yang dibentuk Bxa dan sumbu optik adalah kecil, maka melatop yang merupakan representasi titik sumbu optik selalu nampak di medan pandang, saat sumbu optik sejajar benang silang.



Gambar 7.5. Kenampakan gambar interferensi garis bagi sudut lancip. Warna hitam adalah kenampakan isogir, sedangkan gelang-gelang berwarna merupakan isokrom (Sumber foto: Perkins dan Henke, 2000).



Gambar 7.6. Gambar kiri, isogir berbentuk silang pada saat kedudukan sumbu indikatrik parallel dengan benang silang. Pada saat meja diputar 45° , isogire akan dipecah menjadi 2 bagian berbentuk hyperbole yang bergerak saling menjauhi. Ketika meja obyek diputar, melatop dan atau isogire akan bergerak meninggalkan medan pandang sepanjang bidang sumbu optik. (Sumber gambar: Nesse, 1991).

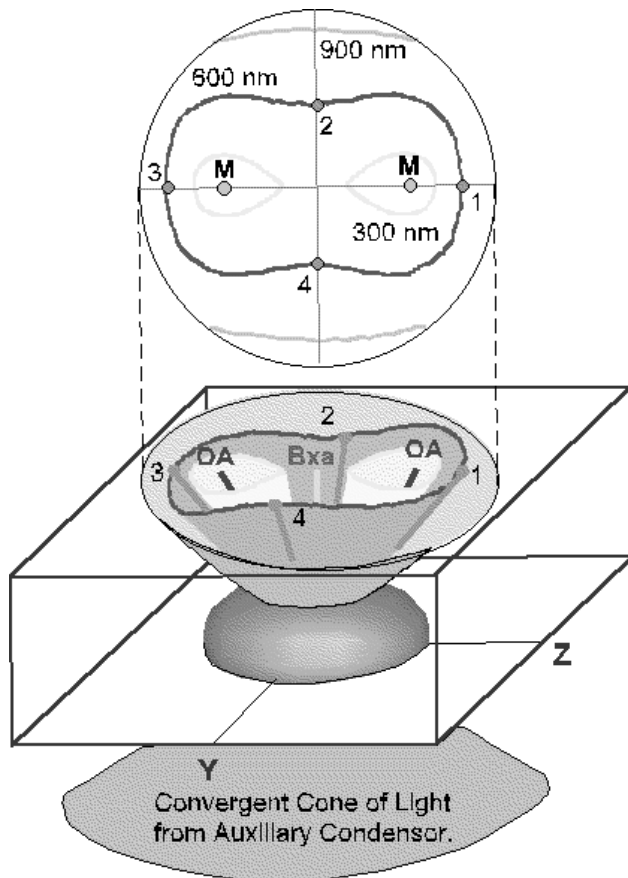
Jika $2V$ mempunyai sudut yang kecil, melatop dan isogire akan tetap tinggal pada medan pandang, pada saat meja obyek diputar. Sebaliknya jika $2V$ mempunyai sudut relative besar, melatop dan isogire kemungkinan akan hilang pada medan pandang, jika meja obyek diputar.

7.3.1.1. Pembentukan isochrome

Pembentukan isochrome disebabkan karena adanya variasi harga retardasi cahaya karena sinar yang mengerucut.

Cahaya lain yang melewati lintasan diluar sumbu optik mineral, akan memperlihatkan variasi harga retardasi, tergantung pada panjang lintasan yang dilewati dan bias rangkap lintasan tersebut. Nilai retardasi akan bertambah kearah luar, dan idealnya membentuk konsentris dari melatop seperti pada sumbu satu.

Di dekat melatop, cahaya yang merambat mempunyai bias rangkap rangkap yang rendah, dan lintasan yang lebih pendek, sehingga menghasilkan harga retardasi yang kecil. Retardation akan bertambah secara gradual dari melatop (*indicatrix axis*) kearah *Centred Acute Bisectrix* (Bxa).



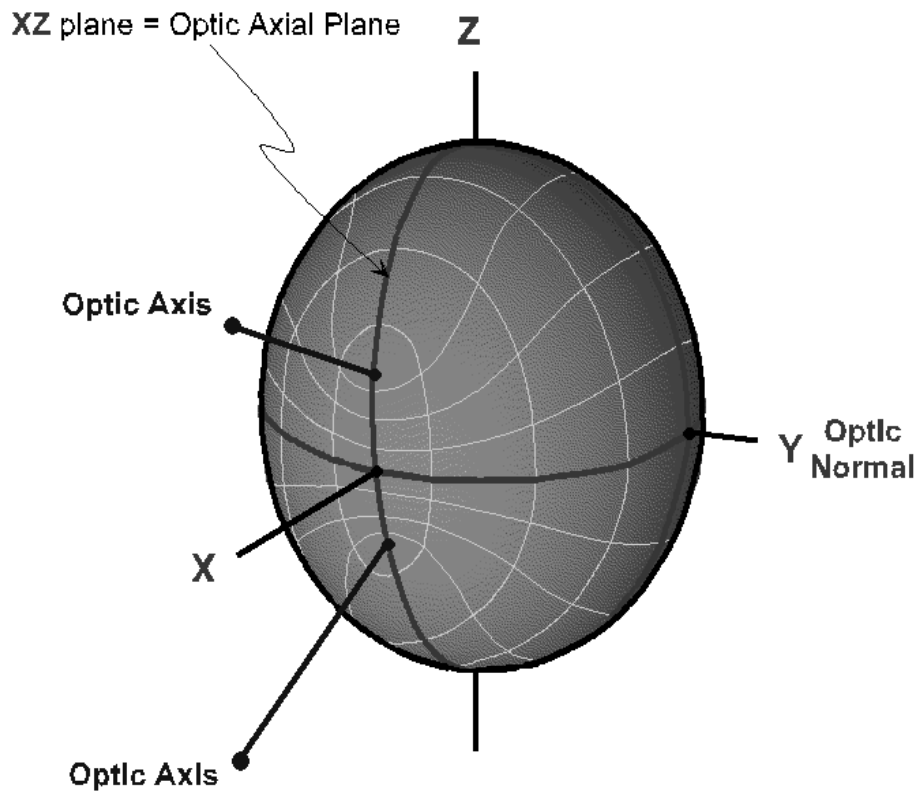
Gambar 7.7. Dengan lensa kondensor yang menyebabkan cahaya membentuk kerucut konvergen di dalam butiran mineral. Hanya cahaya yang melewati sumbu optik yang keluar dari butiran mineral dengan nilai retardasi nol. Titik dimana retardasinya nol tersebut disebut melatop (M), dan terdapat dua melatop pada mineral sumbu dua (Sumber gambar: Nesse, 1991).

Isokrom yang muncul diluar titik Bxa umumnya membentuk gambar angka 8 atau titik air mata. Jumlah garis isokrom dipengaruhi oleh:

1. Perbedaan indeks bias sinar yang bergetar;
 - N_α dan n_y untuk sumbu dua positif;
 - N_β dan n_y untuk sumbu dua negatif;
2. Ketebalan sayatan pada Kristal.

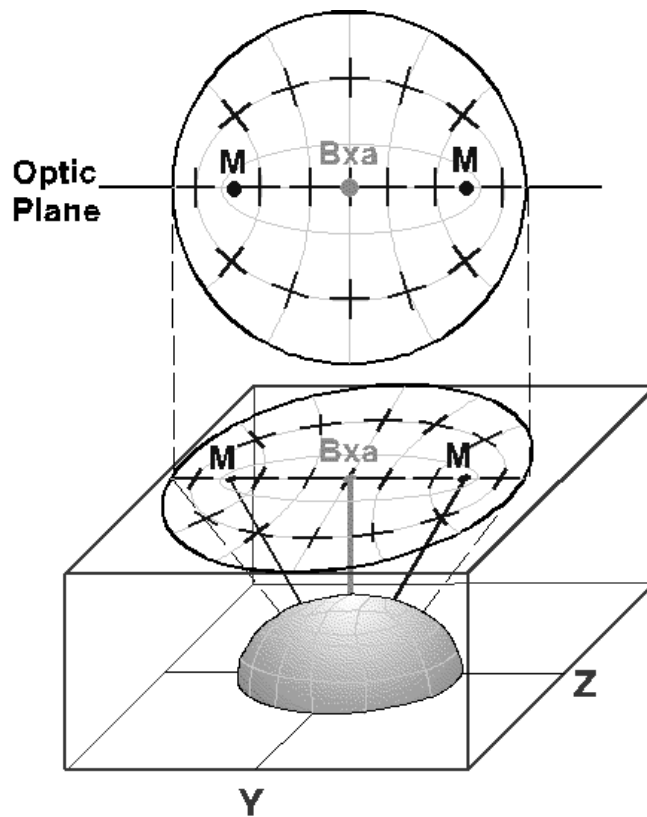
7.3.1.2 Pembentukan dan arah getar isogire

Arah getar cahaya pada gambar interferensi Bxa, dapat ditentukan dengan cara yang relative sama pada mineral sumbu satu. Dari beberapa sayatan melalui indikatrik, tegak lurus dengan gelombang cahaya normal, kita dapat mengetahui arah getar untuk seluruh lintasan cahaya yang keluar dari indikatrik optik.



Gambar 7.8. Memperlihatkan indikatrik optik negatif mineral sumbu dua, yang memperlihatkan sumbu indikatrik X, Y, dan Z. Sumbu X adalah garis bagi sudut lancip. Arah getar cahaya diplotkan sebagai garis biru pada permukaan indikatrik optik (Sumber gambar: Nesse, 1991).

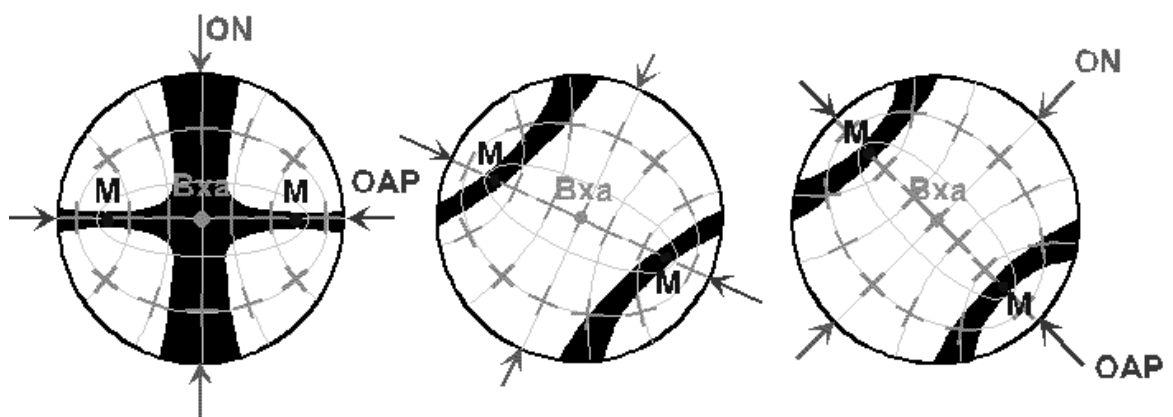
Karena kita mengamati gambar interferensi garis bagi sudut lancip, indikatrik optik harus diputar agar Bxa dalam posisi vertikal. Perputaran ini juga akan menyebabkan perputaran arah getar sinar. Arah getar sinar yang mencapai permukaan indikatrik optik, akan memperlihatkan kenampakan gelap maksimum jika sejajar atau tegak lurus arah getar polarisator, kenampakan gelap maksimum ini dikenal sebagai gambar interferensi isogir.



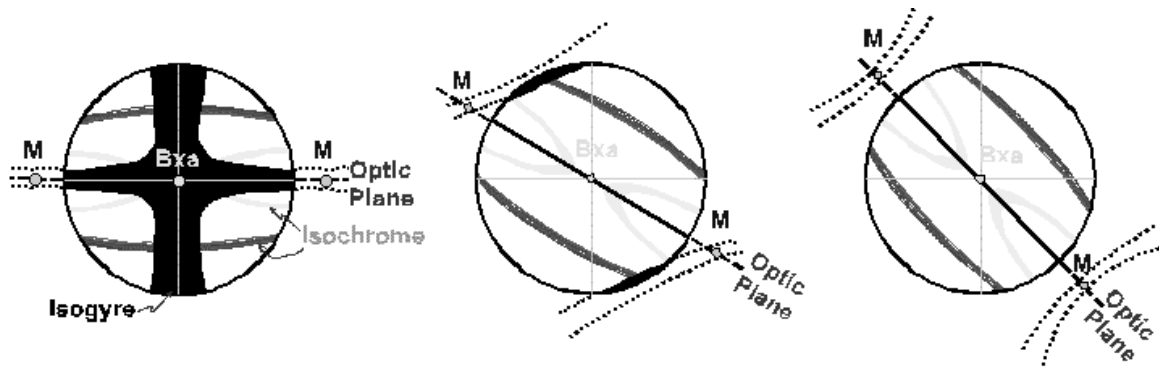
Gambar 7.9. memperlihatkan kenampakan pembentukan isogyre pada sayatan Bxa. Indikatrik optik digambarkan sebagai warna hijau di dalam mineral. Arah getar sinar pada permukaan indikatrik optik, digambarkan oleh garis biru. (Sumber gambar: Nesse, 1991).

7.3.1.3. Pergerakan isogyre

Dengan memutar meja obyek, bentuk dan kenampakan isogir akan berubah, disebabkan oleh berubahnya arah getar sinar pada permukaan indikatrik.



Gambar 7.10. Pergerakan gambar interferensi (isogir) pada sayatan Bxa, dimana $2V < 40^\circ$. (Sumber gambar: Nesse, 1991).



Gambar 7.11. Pergerakan gambar interferensi (isogir) pada sayatan Bxa, dimana $2V > 40^\circ$. (Sumber gambar: Nesse, 1991).

Ketika butiran mineral pada posisi gelap maksimum, dan garis bagi sudut lancip vertical, gambar interferensi akan terlihat pada medan pandang, dan memperlihatkan kenampakan silang seperti gambar kiri. Pada keadaan ini, bidang sumbu optik akan berarah sejajar benang silang vertikal atau horisonal, sebagai lengan yang tipis dari isogir yang silang. Bagian lengan yang mengandung bidang sumbu optik (*optic plane*) juga mengandung melatop (M). Ke arah melatop, isogire akan terlihat makin menyempit, lengan kedua isogire yang lebih tebal mengandung optik normal (ON) atau sumbu indikatrik Y.

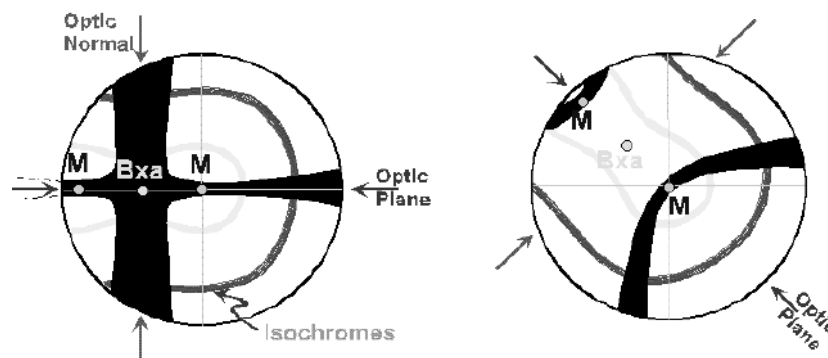
Dengan memutar meja obyek (gambar tengah dan kanan) menyebabkan isogir yang berbentuk silang akan terpisah menjadi dua lengan isogir. Pada saat bidang sumbu optik pada posisi 45° terhadap benang silang (gambar kanan), isogir membentuk dua kurva hiperbola.

Pola kenampakan isochrome akan relatif tetap tergantung posisi melatop pada saat meja obyek diputar. Posisi dan bentuk isokrom dapat digunakan untuk memperkirakan dimana melatop berada.

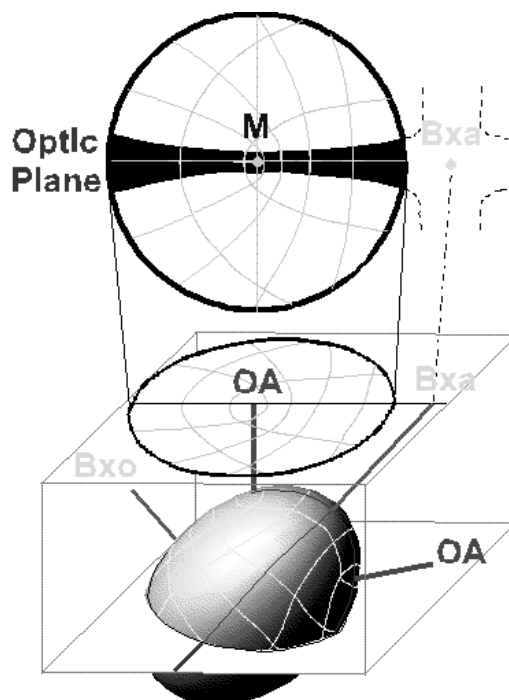
Untuk mineral dengan $2V < 40^\circ$, melatop dan isogire akan tetap terlihat pada medan pandang, walaupun meja obyek diputar 360° (gambar atas). Sedangkan untuk mineral sumbu dua dengan $2V > 40^\circ$ posisi melatop dan isogire akan hilang dari medan pandang, setelah meja obyek diputar 45° . Dengan demikian, bentuk isokrom, akan berguna untuk memperkirakan posisi melatop, bidang sumbu optik dan sumbu indikatrik Y (*optic normal*).

7.3.2. Gambar Interferensi Sumbu Optik

Gambar interferensi sumbu optik akan nampak, jika mineral disayat tegak lurus salah satu sumbu optiknya, sedangkan posisi sumbu optik satunya dan garis bagi sudut lancip (B_{xa}) juga relative berarah vertical. Pada mineral sumbu dua dengan $2V < \sim 30^\circ$, pada saat mineral gelap maksimum, pada medan pandangan isogir memperlihatkan kenampakan silang, walupun pusat isogir berada pada bagian tepi medan pandang. Pusat silang isogir adalah representasi posisi garis bagi sudut lancip (b_{xa}). Jika $2V$ sangat kecil sekitar $1 - 5^\circ$, gambar interferensi sumbu optik akan menyerupai gambar interferensi garis bagi sudut lancip.



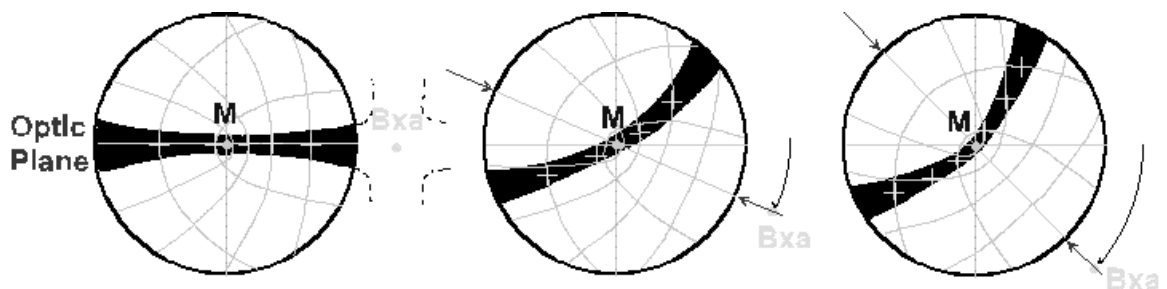
Gambar 7.12. Kenampakan gambar interferensi sumbu optik sumbu dua dengan sudut $2V < 30^\circ$. Gambar kiri pada saat mineral memperlihatkan pepadaman, gambar kanan, pada posisi 45° . (Sumber gambar: Nesse, 1991).



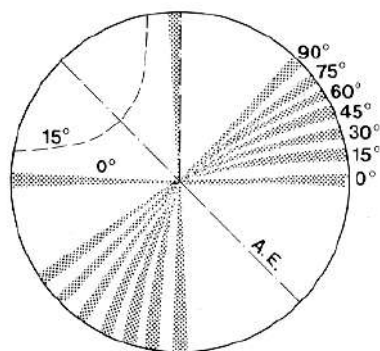
Gambar 7.13 kenampakan pembentukan isogire pada sayatan sumbu optik dengan sudut $2V > 50^\circ$. (Sumber gambar: Nesse, 1991).

Pada mineral dengan sudut $2V > \sim 50^\circ$ hanya ada satu melatop (M) yang terlihat di medan pandang. Pusat persilangan isogir yang merupakan titik garis bagi sudut lancip (B_{xa}), dan melatop yang lain terletak di luar medan pandang .

Pada saat mineral memperlihatkan padam, hanya satu lengan yang terlihat, yang sejajar dengan benang silang. Bagian isogir yang paling sempit adalah melatop. Bidang sumbu optik terletak sejajar dengan isogir. Pada saat meja obyek diputar searah jarum jam, isogir bergerak berlawanan arah jarum jam dan membentuk kurva, dan posisi B_{xa} berada pada bagian sisi cembung dari isogir.



Gambar 7.14. Kenampakan gambar interferensi sumbu optik sumbu dua dengan sudut $2V > 50^\circ$. Gambar kiri pada saat mineral memperlihatkan pepadaman, gambar kanan, pada posisi 45° . (Sumber gambar: Nesse, 1991).

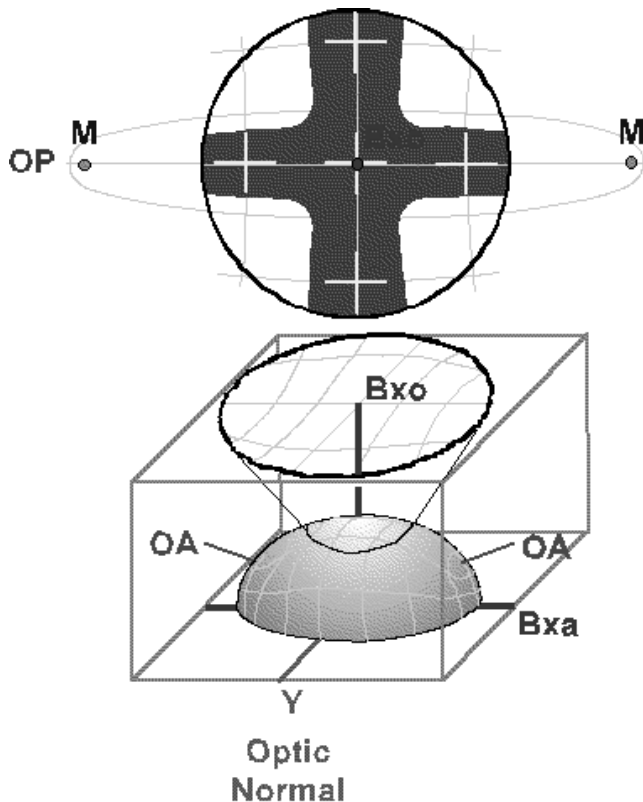


Gambar 7.15. Pada posisi tersebut di atas, besarnya sudut $2V$ dapat diperkirakan dengan menggunakan panduan gambar interferensi seperti terlihat pada gambar. Posisi isogir paling lurus pada saat posisi meja obyek 45° adalah sudut $2V$ paling besar. (Sumber gambar: Nesse, 1991).

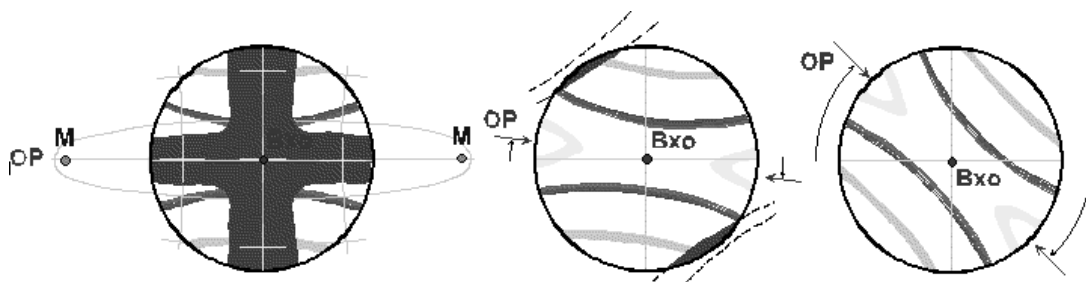
7.3.3. Gambar interferensi garis bagi sudut tumpul (B_{xo})

Gambar interferensi garis bagi sudut tumpul (B_{xo}) adalah gambar interferensi yang dihasilkan ketika mineral dipotong tegak lurus garis bagi sudut tumpul. Sudut yang dibentuk B_{xo} dan sumbu optik adalah $> 45^\circ$. Oleh karena itu, melatop yang merupakan representasi titik sumbu optik selalu berada di luar medan pandang.

Pola isokrom dan arah getar sinar pada indikatrik optik adalah sama dengan gambar interferensi Bxa, walaupun dengan kenampakan isogir yang kurang tajam. Bidang sumbu optik tetap sejajar dengan benang silang EW atau NS.



Gambar 7.16. Memperlihatkan kenampakan pembentukan isogire pada sayatan Bxo. Indikatrik optik digambarkan sebagai warna hijau di dalam mineral. Arah getar sinar pada permukaan indikatrik optik, digambarkan oleh garis biru, yang membentuk isogir pada warna hitam. (Sumber gambar: Nesse, 1991).



Gambar 7.17. Memperlihatkan kenampakan dan pergerakan isogire pada sayatan Bxo. (Sumber gambar: Nesse, 1991).

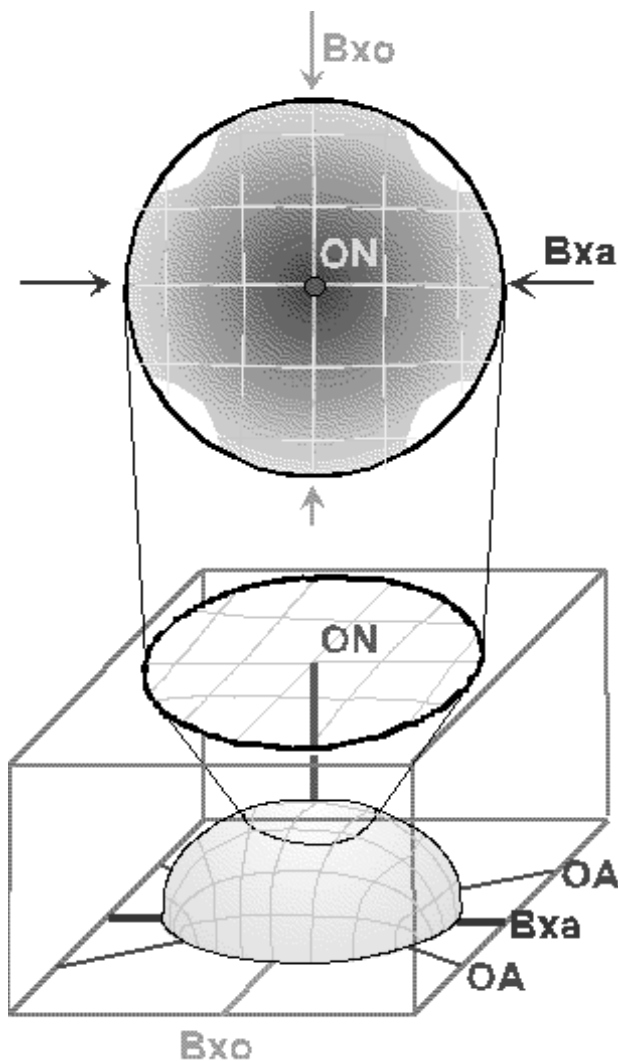
Seperti pada gambar interferensi Bxa, pada saat mineral padam, isogir terlihat sebagai warna hitam berbentuk silang. Dengan memutar meja obyek, isogir akan terpisah meninggalkan medan pandang. Pada umumnya dengan meja obyek diputar 5° hingga 15° , isogir terlihat meninggalkan medan pandang secara diagonal.

Jika sudut $2V = 90^\circ$, Bxa dan Bxo adalah identik, sehingga tanda optik mineral adalah netral. Sedangkan jika $2V$ sangat kecil ($\sim 5^\circ$ atau kurang), gambar interferensi Bxo menyerupai gambar interferensi kilat.

7.3.4. Gambar interferensi kilat (*optic normal*)

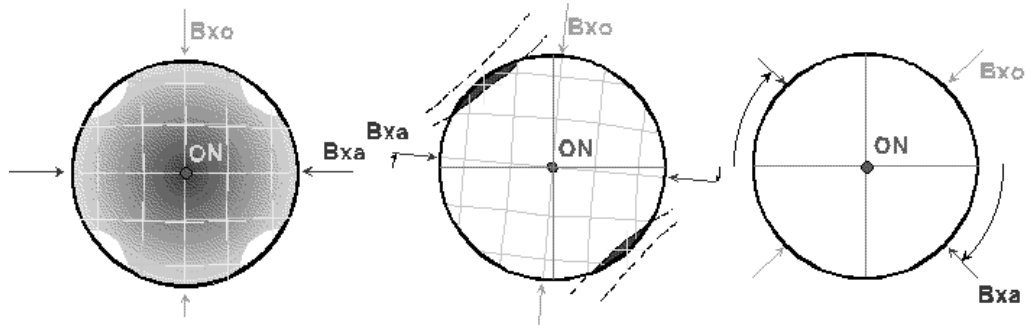
Gambar interferensi kilat sumbu dua mempunyai fenomena yang sama dengan gambar interferensi kilat sumbu satu, yaitu gambar interferensi yang dihasilkan ketika mineral dipotong tegak lurus pada optik normal, atau ketika optik normal pada posisi vertical. *Optic normal* pada mineral sumbu dua adalah sumbu indikatrik Y. Pada sayatan ini, bidang sumbu optik yang mengandung garis sumbu optik, garis bagi sudut lancip (B_{xa}) dan garis bagi sudut tumpul (B_{xo}) dalam posisi horizontal. Mineral yang memperlihatkan gambar interferensi kilat, akan memperlihatkan warna interferensi maksimum pada saat pengamatan ortoskop nikol silang.

Arah getar dua sinar yang muncul pada indikatrik optik, menyerupai gambar interferensi kilat sumbu satu.



Gambar 7.18. Memperlihatkan kenampakan pembentukan isogire pada gambar interferensi kilat. Indikatrik optik digambarkan sebagai warna hijau di dalam mineral. Arah getar sinar pada permukaan indikatrik optik, digambarkan oleh garis biru, yang membentuk isogir pada warna abu-abu. (Sumber gambar: Nesse, 1991).

Ketika sumbu indikatrik X dan Z paralel dengan arah getar polarisator, isogir terlihat sebagai warna abu-abu yang hablur dengan bentuk silang yang lebar, dan hanya menyisakan kenampakan cahaya yang dilewatkan dibagian tepi setiap kuadran.



Gambar 7.19. Memperlihatkan kenampakan dan pergerakan isogire pada sayatan optic normal atau gambar interferensi kilat. (Sumber gambar: Nesse, 1991).

Seperti pada gambar interferensi kilat, dengan sedikit memutar meja obyek, $< 5^\circ$ isogir yang berbentuk silang akan terbagi menjadi dua, meninggalkan medan pandang, kearah mana sumbu garis bagi sudut lancip (Bxa) beregerak.

BAB 8

PENGAMATAN KONOSKOP

Cahaya pada kenampakan konoskop adalah cahaya konvergen, karena lensa kondensor akan menghasilkan cahaya menguncup yang menghasilkan suatu titik yang terfokus pada sayatan mineral. Cahaya tersebut kemudian melewati sayatan kristal dan kemudian ditangkap oleh lensa obyektif.

Mikroskop dalam hal ini berfungsi sebagai teleskop untuk mengamati suatu titik tak terhingga melalui peraga (sayatan tipis kristal). Jadi kita tidak lagi melakukan pengamatan langsung pada peraga, tetapi yang kita lihat dalam mikroskop adalah kenampakan gambar interferensi (isogire, isofase/isokrom, dan melatope). Dalam melakukan pengamatan gambar interferensi ini dipergunakan beberapa lensa, diantaranya lensa "Amici Bertrand" dan lensa-lensa yang lainnya seperti kondensor, polarisator maupun analisator.

8.1. Tujuan Pengamatan Konoskop

Dengan cara melakukan pengamatan gambar interferensi (isogir, melatop, isofase) akan dapat ditentukan:

- a. sumbu optik mineral (uniaxial atau biaxial);
- b. tanda optik mineral (positif atau negatif);
- c. sudut sumbu optik ($2V$);
- d. arah sayatan.

8.1.1. Sumbu Optik

Cahaya terpolarisir yang melewati mineral anisotrop, akan dibiaskan menjadi dua sinar yang bergetar kesegala arah dengan kecepatan yang berbeda. Tetapi pada arah sayatan tertentu sinar akan dibiaskan kesegala arah dengan kecepatan sama. Garis yang tegak lurus dengan arah sayatan tersebut dikenal sebagai Sumbu Optik.

Pada mineral-mineral yang bersistim kristal tetragonal, hexagonal dan trigonal terdapat dua sumbu indikatrik (sumbu arah getar sinar), yaitu sumbu dari sinar ordiner (biasa) dan sinar ekstra ordiner (luar biasa). Pada mineral yang bersistim kristal tersebut, hanya ada satu kemungkinan arah sayatan, dimana sinar yang terbias bergetar ke segala

arah dengan kecepatan sama. Oleh karena itu, mineral-mineral yang bersistem kristal tetragonal, hexagonal dan trigonal mempunyai Sumbu Optik Satu (uniaxial).

Sedangkan pada mineral-mineral yang bersistem kristal orthorombik, monoklin dan triklin terdapat tiga macam sumbu indikatrik, yaitu sumbu indikatrik sinar X (paling cepat), sinar Y (intermediet) dan sinar Z (paling lambat). pada mineral-mineral ini, ada dua kemungkinan arah sayatan, dimana sinar yang terbias bergetar ke segala arah dengan kecepatan sama. Oleh karena itu mineral-mineral yang bersistem kristal demikian mempunyai Sumbu Optik Dua (Biaxial).

8.1.2 Tanda Optik

8.1.2.1 Tanda Optik Mineral Sumbu Satu

Kecepatan sinar ordiner dan ekstra ordiner pada kristal sumbu satu adalah tidak sama. Pada mineral tertentu sinar ekstra ordiner lebih cepat dari sinar ordiner, tetapi pada mineral lain sinar ordiner bisa lebih cepat dari sinar ekstra ordiner. Untuk mempermudah pembahasan dari keragaman tersebut dibuat kesepakatan bahwa mineral uniaxial yang mempunyai sinar ekstra ordiner lebih cepat dari sinar ordiner, diberi Tanda Optik Negatif. Sebaliknya untuk mineral uniaxial yang mempunyai sinar ordiner lebih cepat dari sinar ekstra ordiner diberi Tanda Optik Positif.

8.1.2.2 Tanda Optik Mineral Sumbu Dua

Pada mineral sumbu dua, kecepatan sinar X, sinar Y dan sinar Z adalah tertentu, artinya pada setiap mineral sinar X merupakan sinar yang paling cepat, sinar Y merupakan sinar intermediet dan sinar Z merupakan sinar paling lambat. Yang membedakan antara mineral satu dengan lainnya adalah kedudukan/posisi dari sumbu indikatrik sinar-sinar tersebut dikaitkan dengan Garis Bagi Sudut Sumbu Optik.

Mineral sumbu dua dikatakan mempunyai Tanda Optik Positif, jika sumbu indikatrik sinar Z berimpit dengan Garis Bagi Sudut Lancip (Bsl) atau *Centred Acute Bisectrix (Bxa)* dan sumbu indikatrik sinar X berimpit dengan Garis Bagi Sudut Tumpul (Bst) atau *Centred Obtuse Bisectrix (Bxo)*.

Sebaliknya jika sumbu indikatrik sinar Z berimpit dengan Garis Bagi Sudut Tumpul (Bst) dan sumbu indikatrik sinar X berimpit dengan Garis Bagi sudut Lancip (Bsl), maka mineral tersebut mempunyai Tanda Optik Negatif.

8.1.3. Sudut Sumbu Optik (2V)

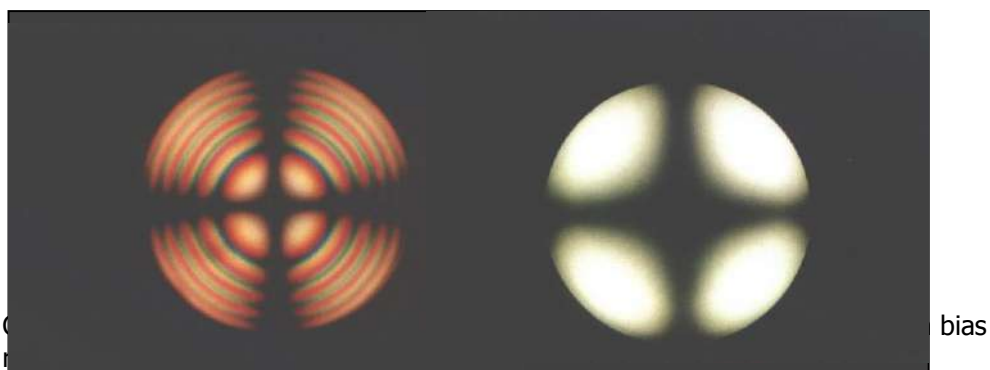
Adalah sudut yang dibentuk oleh dua sumbu optik. oleh karena itu sudut sumbu optik hanya didapatkan pada mineral sumbu dua. pada sayatan tertentu, dengan memperhatikan gambar Interferensinya, dapat dihitung besarnya sudut sumbu optik.

8.2. Penentuan Tanda Optik Sumbu Satu.

Ada beberapa kenampakan gambar interferensi pada kristal sumbu satu. Kenampakannya ini sangat bergantung pada arah sayatan terhadap sumbu optik (lihat gambar).

8.2.1. Gambar Interferensi Terpusat

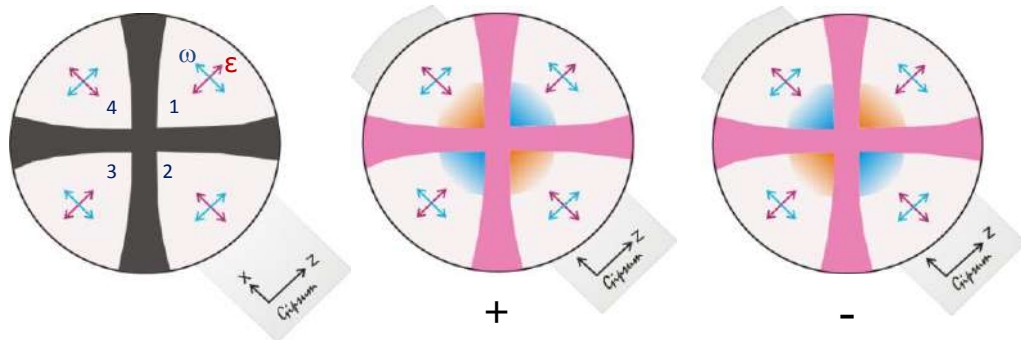
- Terdapat pada sayatan yang dipotong tegak lurus sumbu optiknya (sayatan isotropik);
- Memperlihatkan isogire dengan empat lengan, serta melatop persis di tengah;
- Memperlihatkan gelang-gelang warna (isofase), banyaknya gelang-gelang ini sangat bergantung pada harga bias rangkap masing-masing mineral. Makin besar harga bias rangkapnya, makin banyak gelang-gelang warnanya;
- Bila meja obyek diputar 360° , gambar interferensi tidak berubah sama sekali.



Cara Penentuan Tanda Optik Gambar Interferensi Terpusat

- Komponen sinar luar biasa selalu bergetar di dalam bidang yang memotong bidang pandangan sebagai jari-jari;
- Untuk mengetahui apakah sinar luar biasa merupakan sinar lambat atau cepat, maka dipergunakan komparator;
- Jika kwadran I dan 3 menunjukkan gejala adisi (warna biru), sedang kwadran 2 dan 4 menunjukkan gejala substraksi (warna kuning-orange) berarti sinar luar

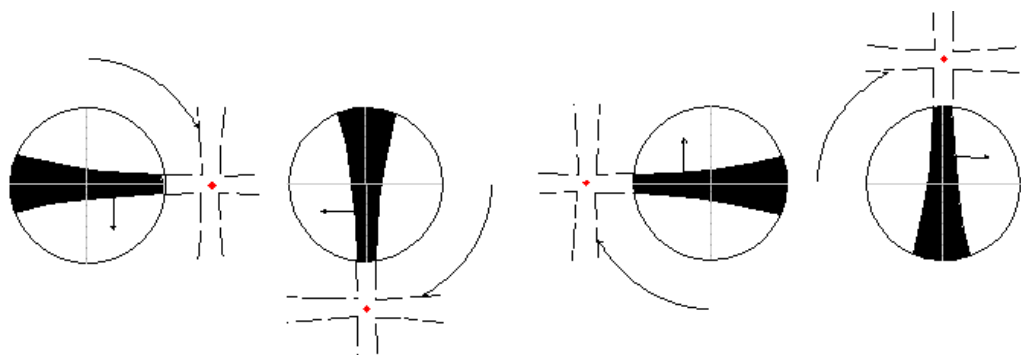
biasa merupakan sinar lambat, maka kristal mempunyai tanda optik positif. Sebaliknya jika kwadran I dan 3 menunjukkan gejala substraksi, kwadran 2 dan 4 menunjukkan gejala adisi, mineral mempunyai tanda optik negatif.



Gambar 8.2. Penentuan tanda optik gambar interferensi terpusat sumbu satu.

8.2.2. Gambar Interferensi Tak Terpusat

- Terdapat pada sayatan Kristal yang dipotong miring terhadap sumbu optik;
- Melatop dapat kelihatan dapat tidak (tetapi tidak ditengah-tengah);
- Penentuan tanda optik sama dengan gambar interferensi terpusat, tetapi harus terlebih dahulu menentukan posisi setiap kwadrannya.

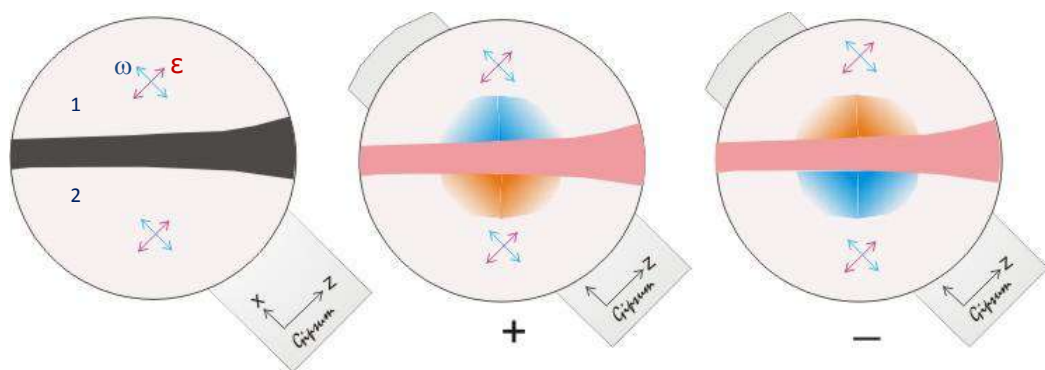


Gambar 8.3 Kenampakan gambar interferensi tak terpusat dan cara penentuan kuadrannya

Cara Penentuan Tanda Optik Gambar Interferensi Tak Terpusat

- Komponen sinar luar biasa selalu bergetar di dalam bidang yang memotong bidang pandangan sebagai jari-jari;
- Putar meja obyek untuk mengetahui kwadran pada medan pandangan. Misal setelah meja obyek diputar, posisi isogire dalam keadaan horisontal, melatop ada di sebelah kiri medan pandang (Gambar 8.3 nomor 3);

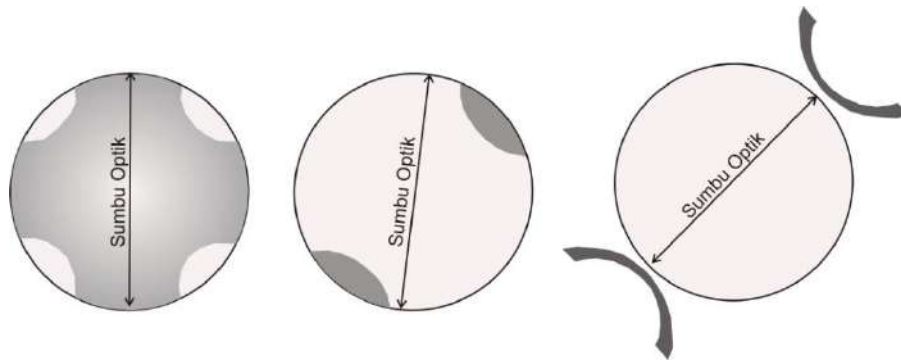
- Dengan demikian, medan pandang di atas isogire adalah kwadran 1, dan medan pandang di bawah isogire adalah kwadran 2. Posisi arah getar sinar luar biasa dan sinar biasa pada setiap kwadran adalah sesuai seperti arah getra sinar pada gambar interferensi terpusat;
- Untuk mengetahui apakah sinar luar biasa merupakan sinar lambat atau cepat, maka dipergunakan komparator;
- Jika kwadran I (atas isogire) menunjukkan gejala adisi (warna biru), sedang kwadran 2 (bawah isogire) menunjukkan gejala substraksi (warna kuning-orange) berarti sinar luar biasa merupakan sinar lambat, maka kristal mempunyai tanda optik positif. Sebaliknya jika kwadran I menunjukkan gejala substraksi, kwadran 2 menunjukkan gejala adisi, mineral mempunyai tanda optik negatif.



Gambar 8.4. Penentuan tanda optik gambar interferensi tak terpusat sumbu satu.

8.2.3. Gambar Interferensi Kilat

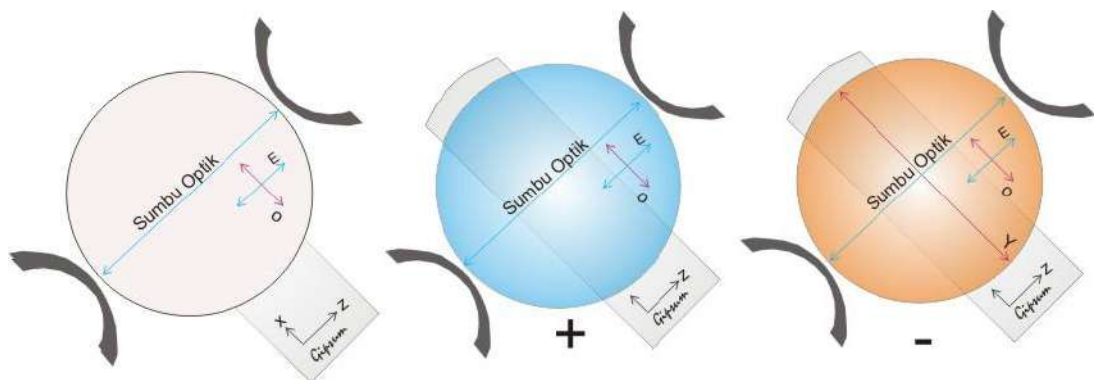
- Sayatan sejajar sumbu kristalografi-*c* atau sumbu optic;
- Sayatan ini mengandung arah getar sinar luar biasa sesungguhnya;
- Gambar interferensi pada posisi 0° hampir sama dengan sayatan terpusat. Perbedaannya isogirnya lebih lebar dan apabila meja objek di putar maka isogirnya ini akan pecah dan bergerak secara diagonal searah sumbu optiknya;
- Penentuan tanda optik caranya sana dengan sayatan yang lain, bedanya harus ditentukan dulu arah sumbu optiknya (arah getar sinar luar biasa sesungguhnya);
- Pada saat meja obyek diputar $< 5^\circ$, isogir akan terpecah dan bergerak menghilang dari medan pandangan (gambar kiri). Kuadran dimana isogir bergerak menghilang adalah kuadran dimana sumbu optik bergerak. Setelah meja obyek diputar pada posisi 45° , isogire menghilang, dan kemungkinan yang nampak adalah isokrom, yang memperlihatkan bentuk konkap kearah luar (lihat gambar 8.5).



Gambar 8.5 Gambar interferensi kilat pada kristal sumbu satu. Arah pergerakan isogir adalah arah sumbu optik.

Penentuan tanda optik gambar interferensi kilat sumbu satu

- amati arah pergerakan menghilangnya isogir;
- arah pergerakan tersebut merupakan arah pergerakan sumbu optik;
- kemudian masukkan komparator (keping gipsium) (lihat gambar 8.6);
- amati perubahan warna interferensinya. Jika terjadi adisi (medan pandang menjadi biru) maka yang bergetar sejajar sinar luar biasa adalah sinar lambat, dengan demikian tanda optiknya positif. Sedang jika terjadi substraksi (medan pandang menjadi orange) maka sinar luar biasa adalah sinar cepat, jadi tanda optiknya negatif.



Gambar 8.6 Penentuan tanda optik gambar interferensi kilat.

8.3 Penentuan Tanda Optik Sumbu Optik Dua.

Terbentuknya gambar interferensi, yaitu isogir dan gelang-gelang warna pada sumbu dua sama dengan sumbu satu. Perbedaannya karena ada dua sumbu optik, maka kenampakkan macam gambar interferensinya akan lebih banyak. Berdasar arah sayatan, pada kristal sumbu dua terdapat lima jenis gambar interferensi, yaitu :

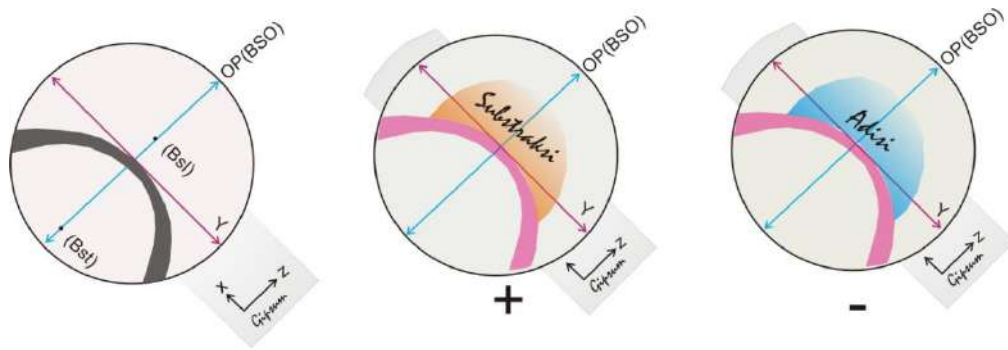
- f) Gambar interferensi sumbu optik (*Centred Biaxial Optic Axis*);
- g) Gambar interferensi garis bagi sudut lancip (Bsl) atau *Centred Acute Bisectrix* (Bxa);
- h) Gambar interferensi garis bagi sudut tumpul (Bst) atau *Centred Obtuse Bisectrix* (Bxo);
- i) Gambar interferensi kilat (*Centred Optic Normal atau Biaxial Flash Figure*);
- j) Gambar interferensi tak terpusat (*Random Orientations*).

8.3.1. Gambar Interferensi Sumbu Optik

- Terdapat pada sayatan yang dipotong tegak lurus sumbu optik;
- Hanya nampak satu lengan isogir;
- Pergerakan isogir berlawanan dengan pergerakan meja objek;
- Gambar interferensi ini paling baik untuk menentukan sudut sumbu optik ($2V$).

Penentuan Tanda Optik Gambar Interferensi Sumbu Optik

- Pada mineral sumbu dua berlaku ketentuan bahwa tanda optik positif jika sinar yang berimpit dengan Bsl adalah sinar Z, dan tanda optik negatif jika sinar yang berimpit dengan Bsl adalah sinar X (Bst berimpit dengan sinar Z);
- Arah getar sinar Y selalu tegak lurus dengan bidang sumbu optik (Bso). Maka pada gambar interferensi sumbu optik arah getar sinar Y merupakan garis singgung dari isogire;
- Sinar yang bergetar adalah sinar Y dan sinar yang berimpit dengan Bst (karena pada sayatan ini Bst membentuk sudut kurang dari 45° terhadap sayatan putar meja obyek sehingga kedudukan isogire diagonal (misal seperti gambar 8.7);
- Masukkan komparator dan amati perubahan warna interferensi pada sisi cembung isogire;
- Jika terjadi gejala adisi maka sinar Y adalah sinar yang lebih cepat, berarti sinar lain yang bergetar tegak lurus terhadapnya adalah sinar yang lebih lambat yaitu sinar Z;
- Dengan demikian sinar Z berimpit dengan Bst, maka tanda optiknya adalah negatif;
- Sebaliknya jika terjadi gejala subtraksi, maka tanda optiknya positif.



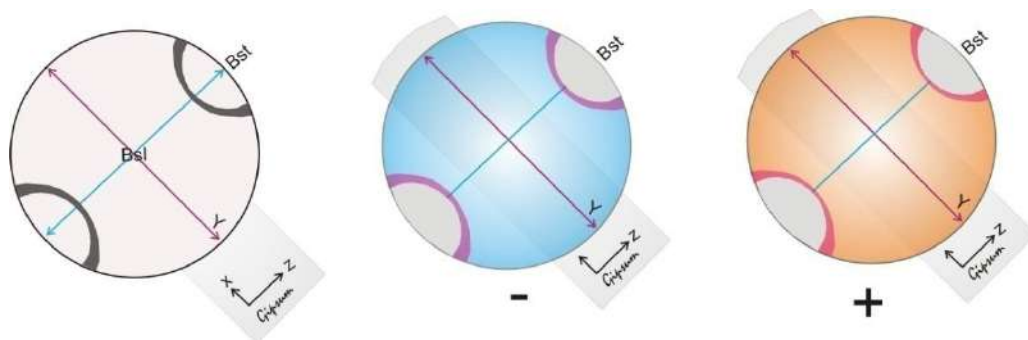
Gambar 8.7 Penentuan tanda optik gambar interferensi sumbu optik.

8.3.2. Gambar Interferensi Bsl, Bst dan Kilat

- Gambar interferensi Bsl terdapat pada sayatan yang dipotong tegak lurus terhadap garis bagi sudut lancip;
- Gambar interferensi Bst terdapat pada sayatan yang dipotong tegak lurus terhadap garis bagi sudut tumpul;
- Gambar interferensi kilat terdapat pada yang mengandung sumbu sinar X dan Z. (bidang sumbu optik);
- Kenampakan gambar interferensi jenis Bsl, Bst dan kilat mempunyai suatu kesamaan yang juga dimiliki interferensi kilat sumbu satu;
- Untuk membedakan ketiga jenis gambar interferensi ini, perlu diperhatikan lebar dan kecepatan gerak isogir;
- Lebar isogir berturut-turut dari gambar interferensi Bsl, Bst dan kilat adalah sempit dan jelas kemudian makin lebar dan kabur (lihat gambar 7.10, 7.17, dan 7.18);
- Kecepatan geraknya untuk gambar interferensi Bsl, setelah 14° akan hilang dari medan pandangan;
- Gambar interferensi Bst hilang sebelum 14° , gambar interferensi kilat hilang setelah 2° .

Penentuan Tanda Optik Gambar Interferensi Bsl

- Pada mineral sumbu dua berlaku ketentuan bahwa tanda optik positif jika sinar yang berimpit dengan Bsl adalah sinar Z (Bst berimpit dengan sinar X), dan tanda optik negatif jika sinar yang berimpit dengan Bsl adalah sinar X (Bst berimpit dengan sinar Z);
- Sinar yang bergetar adalah sinar Y dan sinar yang berimpit dengan Bst;
- Arah getar sinar Y selalu tegak lurus dengan bidang sumbu optik (Bso). Oleh karenanya pada gambar interferensi Bsl arah getar sinar Y merupakan garis singgung dari kedua isogire, sedang Bst searah pergerakan isogire;
- Putar meja obyek sehingga sehingga terlihat salip sumbu seperti gambar interferensi kilat sumbu satu;
- Putar meja obyek lagi sehingga kedudukan isogire diagonal (misal seperti gambar 8.8);
- Masukkan komparator dan amati perubahan warna interferensi pada sisi cembung isogire;
- Jika terjadi gejala adisi maka sinar Y adalah sinar yang lebih cepat, berarti sinar lain yang bergetar tegak lurus terhadapnya adalah sinar yang lebih lambat yaitu sinar Z;
- Dengan demikian sinar Z berimpit dengan Bst, maka tanda optiknya adalah negatif;
- Sebaliknya jika terjadi gejala subtraksi, maka tanda optiknya positif.

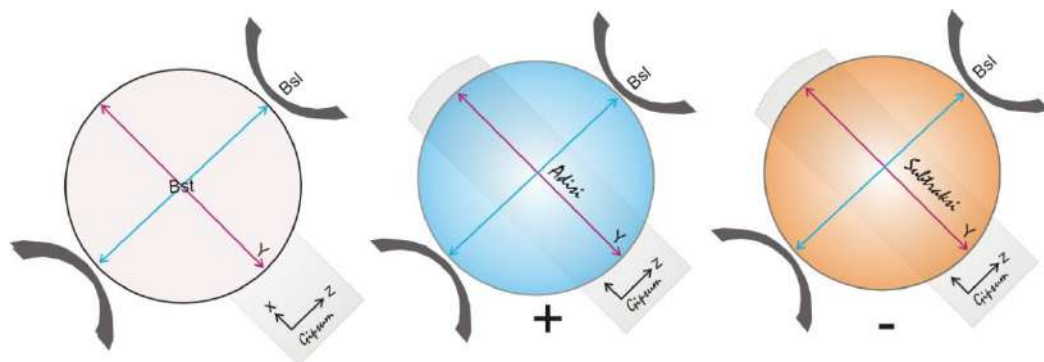


Gambar 8.8 Penentuan tanda optik gambar Interferensi Bsl.

Penentuan Tanda Optik Gambar Interferensi BSt

- Pada mineral sumbu dua berlaku ketentuan bahwa tanda optik positif jika sinar yang berimpit dengan Bsl adalah sinar Z (Bst berimpit dengan sinar X), dan tanda optik negatif jika sinar yang berimpit dengan Bsl adalah sinar X (Bst berimpit dengan sinar Z);

- Sinar yang bergetar adalah sinar Y dan sinar yang berimpit dengan Bsl;
- Arah getar sinar Y selalu tegak lurus dengan bidang sumbu optik (Bso). Oleh karenanya pada gambar interferensi Bst arah getar sinar Y merupakan garis singgung dari kedua isogire, sedang Bsl searah pergerakan isogire;
- Putar meja obyek sehingga sehingga terlihat salip sumbu seperti gambar interferensi kilat sumbu satu;
- Putar meja obyek lagi sehingga kedudukan isogire bergerak diagonal (misal seperti gambar 8.9);
- Masukkan komparator dan amati perubahan warna interferensi pada seluruh medan pandangan;



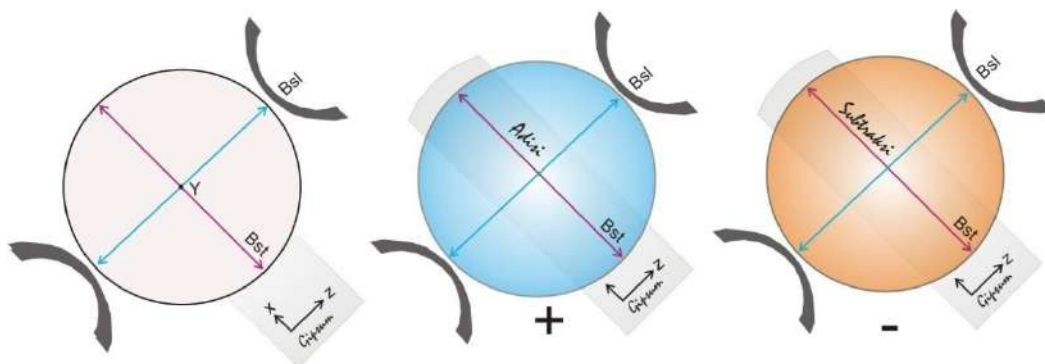
Gambar 8.9 Penentuan tanda optik gambar interferensi Bst

- Jika terjadi gejala adisi maka sinar Y adalah sinar yang lebih cepat, berarti sinar lain yang bergetar tegak lurus terhadapnya adalah sinar yang lebih lambat yaitu sinar Z;
- Dengan demikian sinar Z berimpit dengan Bsl, maka tanda optiknya adalah positif;
- Sebaliknya jika terjadi gejala subtraksi, maka tanda optiknya negatif.

Penentuan Tanda Optik Gambar Interferensi Kilat

- Pada mineral sumbu dua berlaku ketentuan bahwa tanda optik positif jika sinar yang berimpit dengan Bsl adalah sinar Z (Bst berimpit dengan sinar X), dan tanda optik negatif jika sinar yang berimpit dengan BS1 adalah sinar X (BST berimpit dengan sinar Z);
- Sinar yang bergetar adalah sinar yang berimpit dengan Bst dan sinar yang berimpit dengan Bsl;

- Pada gambar interferensi ini pergerakan isogire adalah ke arah garis bagi sudut lancip (Bsl), sehingga arah Bst merupakan garis singgung kedua isogire ;
- Putar meja obyek sehingga sehingga terlihat salip sumbu seperti gambar interferensi kilat sumbu satu;
- Putar meja obyek lagi sehingga kedudukan isogire bergerak diagonal (misal seperti gambar 8.10);
- Masukkan komparator dan amati perubahan warna interferensi pada seluruh medan pandangan ;
- Jika terjadi gejala adisi maka sinar yang berimpit dengan Bst adalah sinar yang lebih cepat (sinar X), berarti sinar lain yang bergetar searah dengan Bsl adalah sinar yang lebih lambat yaitu sinar Z;
- Dengan demikian sinar Z berimpit dengan Bsl, maka tanda optiknya adalah positif
- Sebaliknya jika terjadi gejala subtraksi, maka tanda optiknya negatif.



Gambar 8.10 Penentuan tanda optik gambar interferensi kilat.

8.3.3 Gambar interferensi tak terpusat

Gambar interferensi ini terdapat pada mineral yang disayat tidak tegak lurus sumbu optik, tidak tegak lurus Bst, tidak tegak lurus Bsl dan juga tidak sejajar bidang sumbu optik.

Kenampakkan isogire pada gambar interferensi ini, bila meja obyek diputar akan bergerak secara tidak teratur untuk kemudian menghilang dari medan pandangan. Karena pergerakannya yang tidak teratur maka gambar interferensi ini tidak bias untuk menentukan tanda optik mineral yang bersangkutan maupun sudut optiknya (2V). Tetapi dalam kenyataannya gambar interferensi ini paling sering dijumpai, karena sayatan jenis ini kemungkinannya paling banyak.

Tabel 8.1. Mineral-mineral bersumbu optis uniaxial (Kerr, 1977)

Mineral	n_i	n_w	Sign	Biefringence
Calcite	1,486	1,658	–	0,172
Canerinite	1,496 – 1,500	1,507 – 1,524	–	0,007 – 0,028
Dolomite	1,500 – 1,526	1,680 – 1,716	–	0,180 – 0,190
Magnesite	1,509 – 1,527	1,700 – 1,726	–	0,191 – 0,199
Nepheline	1,527 – 1,543	1,530 – 1,547	–	0,003 – 0,004
Scapolite	1,540 – 1,571	1,550 – 1,607	–	0,010 – 0,036
Beryl	1,564 – 1,590	1,568 – 1,598	–	0,004 – 0,008
Siderite	1,596 – 1,633	1,830 – 1,875	–	0,234 – 0,242
Dravite	1,613 – 1,628	1,632 – 1,655	–	0,019 – 0,025
Elbaite	1,615 – 1,629	1,635 – 1,655	–	0,015 – 0,023
Dahlite	1,619 – 1,626	1,623 – 1,635	–	0,004 – 0,009
Melilite	1,626 – 1,629	1,632 – 1,634	–	0,005 – 0,006
Schorlite	1,628 – 1,658	1,652 – 1,698	–	0,022 – 0,040
Apatite	1,630 – 1,651	1,633 – 1,655	–	0,003 – 0,004
Idocrase	1,701 – 1,726	1,705 – 1,732	–	0,004 – 0,006
Jarosite	1,715	1,820	–	0,105
Corundum	1,759 – 1,763	1,767 – 1,772	–	0,008 - 0,009
Hematite	2,94	3,22	–	
Mineral	n_w	n_i	Sign	Biefringence
Quartz	1,5442	1,5533	+	0,009
Brucite	1,566	1,585	+	0,019
Alunite	1,572	1,592	+	0,020
Zircon	1,925 – 1,931	1,985 – 1,993	+	0,060 – 0,062
Cassiterite	1,996	2,093	+	0,097
Rutile	2,603 – 2,616	2,889 – 2,903	+	0,286 – 0,287

Tabel 8.2. Mineral-mineral bersumbu optis biaxial negatif (Kerr, 1977)

Mineral	$n\alpha$	$n\gamma$	$n\lambda$	Birefringence
Monmorillonite	1,492	1,313	1,313	0,021
Stilbite	1,494 – 1,500	1,498 – 1,504	1,300 - 1,308	0,006 – 0,008
Scolecite	1,512	1,519	1,319	0,007
Sanidine	1,517 – 1,520	1,523 - 1,525	1,324 – 1,326	0,007
Orthoclase	1,518	1,524	1,326	0,008
Microcline	1,518 – 1,522	1,522 – 1,526	1,525 – 1,530	0,007
Anorthoclase	1,522 – 1,536	1,525 - 1,539	1,527 – 1,541	0,005 – 0,007
Aragonite	1,530	1,582	1,686	0,156
Oligoclase	1,532 – 1,545	1,536 – 1,548	1,541 – 1,552	0,007 – 0,009
Cordierite	1,532 – 1,552	1,536 – 1,562	1,539 – 1,570	0,007 – 0,011
Hydromuscovite	1,535 – 1,570		1,565 – 1,605	0,030 – 0,035
Talc	1,538 - 1,545	1,575 – 1,590	1,575 – 1,590	0,030 – 0,050
Biotite	1,541 – 1,579	1,574 – 1,638	1,574 – 1,638	0,033 – 0,059
Andesine	1,543 – 1,533	1,548 – 1,558	1,552 – 1,562	0,007
Polyhalite	1,548	1,562	1,567	0,019
Phlogopite	1,551 – 1,362	1,598 - 1,606	1,598 – 1,606	0,044 – 0,047
Pyrophyllite	1,532	1,588	1,600	0,048
Antigorite	1,555 – 1,564	1,562 – 1,573	1,562 0 1,573	0,007 – 0,009
Muscovite	1,556 – 1,570	1,587 – 1,607	1,593 – 1,611	0,037 – 0,041
Lepidolite	1,560	1,598	1,605	0,045
Kaolinite	1,561	1,565	1,566	0,005
Bitownite	1,563 - 1,571	1,567 – 1,577	1,571 – 1,582	0,008 – 0,011
Anorthite	1,571 – 1,575	1,577 – 1,583	1,582 – 1,588	0,011 – 0,013
Pennine	1,575 – 1,582	1,576 – 1,582	1,576 – 1,583	0,001 – 0,004
Glaucosite	1,590 – 1,612	1,609 – 1, 643	1,610 – 1,644	0,020 – 0,032
Tremolit-actinolite	1,600 – 1,628	1,613 – 1,644	1,625 – 1,633	0,022 – 0,027
Nephrite	1,600 – 1,628	1,613 – 1,644	1,625 – 1,655	0,022 – 0,027
Lazulite	1,603 – 1,604	1,632 – 1,633	1,639 – 1,642	0,036 – 0,038
Horblende	1,614 – 1,675	1,618 – 1,691	1,633 – 1,701	0,019 – 0,026
Wollastonite	1,620	1,632	1,634 – 1,692	0,014
Chamosite		1,635		0,007 – 0,008
Glaucophane	1,621 – 1,655	1,638 - 1,664	1,639 – 1,668	0,013 - 0,018
Andalusite	1,629 – 1,640	1,633 – 1,644	1,639 – 1,647	0,007 – 0,011
Allanite	1,640 – 1,770	1,650 – 1,770	1,660 – 1,800	0,010 – 0,030
Monticellite	1,641 – 1,651	1,646 – 1,662	1,655 – 1,669	0,014 – 0,018
Olivine	1,651 – 1,681	1,670 – 1,706	1,689 – 1,718	0,037 – 0,041
Grunerite	1,657 – 1,663	1,684 – 1,697	1,699 – 1,717	0,042 – 0,054
Dumortierite	1,639 – 1,678	1,684 – 1,691	1,686 – 1,692	0,011 – 0,020
Lamprobolite	1,670 – 1,692	1,683 – 1,730	1,693 – 1,760	0,026 – 0,072
Hypersthene	1,673 – 1,715	1,678 – 1,728	1,683 – 1,731	0,010 – 0,016
Iddingsite	1,674 – 1,730	1,715 - 1,763	1,718 – 1,768	0,038 – 0,044
Axinite	1,678 – 1,684	1,685 – 1,692	1,683 – 1,696	0,010 – 0,012
Rieberckite	1,693	1,695	1,697	0,004
Kyanite	1,712	1,720	1,728	0,018
Epidote	1,720 – 1,734	1,724 – 1,763	1,734 – 1,779	0,014 – 0,045
Aegirine	1,745 – 1,777	1,770 – 1,823	1,782 – 1,836	0,037 – 0,059
Fayalite	1,805 – 1,835	1,838 – 1,877	1,847 – 1,886	0,042 – 0,051

Tabel 8.3. Mineral-mineral bersumbu optis biaxial positif (Kerr, 1977)

MINERAL	$n\alpha$	$n\beta$	$n\lambda$	Birefringence
Tridymite	1.469	1.469	1.473	0,004
Natrolite	1,473 - 1,480	1,476 - 1,482	1,485 - 1,493	0,012 - 0,013
Chabatite	1478 - 1,483	1,480 - 1,490	0,002 - 0,010
Chrysotile	1,493 - 1,346	1,504 - 1,550	1,517 - 1,557	0,011 - 0,014
Heulandite	1,496 - 1,499	1,497 - 1,501	1,501 - 1,505	0,007
Mesolite	1.503	1,503	1,506	0,001
Thomsonite	1,512 - 1,530	1,518 - 1,532	1,518 - 1,542	0,006 - 0,012
Gypsum	1.520	1,522	1,529	0,009
Albite	1,523 - 1,532	1,529 - 1,536	1,536 - 1,541	0,009 - 0,011
Oligoclase	1,532 - 1,562	1,536 - 1,548	1,541 - 1,552	0,007 - 0,009
Cordierite	1.532 - 1,352	1,536 - 1,562	1,539 - 1,570	0,007 - 0,011
Andesine	1,543 - 1,555	1,548 - 1,558	1,552 - 1,562	0,007
Labradorite	1,555 - 1,563	1,558 - 1,567	1,562 - 1,571	0,007 - 0,008
Dickite	1,560	1,562	1,566	0,006
Anhydrite	1,570	1,576	1,614	0,044
Chondrodite	1,592 - 1,643	1,602 - 1,655	1,621 - 1,670	0,027 - 0,035
Anthophyllite	1,598 - 1,652	1,613 - 1,662	1,623 - 1,676	0,016 - 0,023
Topaz	1,607 - 1,629	1,610 - 1,631	1,617 - 1,638	0,009 - 0,010
Prehnite	1,613 - 1,635	1,624 - 1,642	1,645 - 1,663	0,020 - 0,033
Forsterite	1,635 - 1,640	1,631 - 1,660	1,670 - 1,680	0,035 - 0,040
Barite	1,636	1,637	1,648	0,012
Cummingtonite	1,639 - 1,667	1,645 - 1,669	1,664 - 1,686	0,023 - 0,029
Mullite	1,642	1,644	1,654	0,012
Enstatite	1,650 - 1,665	1,653 - 1,670	1,658 - 1,674	0,008 - 0,009
Diopside	1,650 - 1,698	1,657 - 1,706	1,681 - 1,727	0,020 - 0,031
Spodumene	1,651 - 1,668	1,663 - 1,675	1,677 - 1,681	0,013 - 0,027
olivine	1,651 - 1,681	1,670 - 1,706	1,689 - 1,718	0,037 - 0,041
Jadeite	1,655 - 1,666	1,650 - 1,674	1,667 - 1,688	0,012 - 0,023
Sillimanite	1,637 - 1,661	1,658 - 1,670	1,677 - 1,684	0,020 - 0,023
lawsonite	1,665	1,674	1,684	0,019
Iddingsite	1,674 - 1,730	1,715 - 1,768	1,718 - 1,768	0,038 - 0,044
Aegirin-Augite	1,680 - 1,745	1,687 - 1,770	1,709 - 1,782	0,020 - 0,037
Pigeonite	1,680 - 1,718	1,698 - 1,723	1,719 - 1,744	0,021 - 0,033
Augite	1,688 - 1,712	1,701 - 1,717	1,713 - 1,737	0,021 - 0,023
Zoisite	1,698 - 1,700	1,696 - 1,703	1,702 - 1,718	0,006 - 0,018
Diaspore	1,702	1,722	1,75	0,048
Clinozoisite	1,710 - 1,723	1,723 - 1,734	1,719 - 1,734	0,005 - 0,011
Chloritoid	1,715 - 1,724	1,729 - 1,726	1,731 - 1,737	0,013 - 0,016
Hedenbergite	1,732 - 1,739	1,737 - 1,743	1,751 - 1,757	0,018 - 0,010
Staurolite	1,736 - 1,717	1,741 - 1,734	1,746 - 1,762	0,010 - 0,015
Piedmontite	1,745 - 1,758	1,764 - 1,780	1,806 - 1,832	0,061 - 0,082
Monazite	1,786 - 1,800	1,788 - 1,801	1,837 - 1,849	0,049 - 0,051
Sphene	1,887 - 1,913	1,894 - 1,921	1,979- 2,034	0,092 - 0,141

BAB 9

PENGENALAN MINERAL

Setelah pada bab-bab sebelumnya dibahas cara-cara pengamatan sifat-sifat optik mineral, berikut akan dibahas mineral-mineral dengan sifat optiknya, terutama penekanannya pada mineral-mineral yang sering dijumpai di alam.

9.1 Kelompok Silikat

Berdasarkan struktur ikatan atomnya kelompok silikat dapat dibedakan menjadi beberapa kelompok yaitu silikat yang mempunyai struktur kerangka ("Tectosilicates"), silikat dengan struktur rantai ("Inosilicates"), silikat dengan single SiO_2 ("Neosilicates"), silikat dengan multiple SiO_2 ("Sorosilicates"), silikat dengan struktur cincin ("Cyclosilicates"), dan silikat dengan struktur lembar ("Phyllosilicates")

Tektosilikat terdiri dari kelompok:

- Kelompok Silika: Kuarsa, Opal, Tridymit, Cristobalit, Lechatelierite, Coesite, Stishovite;
- Kelompok Feldspar: Ortoklas, Adularia, Sanidin, Mikroklin, Anortoklas, Albit, Oligoklas, Andesin, Labradorit, Bytownit, Anortit;
- Kelompok Feldspathoid : Leusit, Nefelin, Cancrinit, Sodalit, Hauyne, Melilit;
- Kelompok Zeolite: Analcim, Heulandit, Stilbit, Chabazit, Natrolit, Hesolit, Thomsonit, Ericnit, Scolecit, Laumontit.

Filosilikat

Mineral-mineral dengan struktur berlembar berkisar dari lembar-lembar muscovite (mika) yang mudah dibelah hingga sisik halus ("fine flaky"). Struktur sisik (tabular) pada kristal-kristal mineral lempung seringkali terlihat hanya dengan mikroskop elektron. Terdiri dari:

- Kelompok Mika: Biotit, Muskovit, Phlogopit, Lepidolit;
- Kelompok Klorit: Proklorit, KLinoklor, Peninit, Chamosite, Stilpnomelan, Kloritoid;
- Kelompok Brittle Mika;
- Kelompok Mineral Lempung;
- Kelompok Serpentin, Talc, Pyrophyllite, Prehnite, Glauconite, dan Mineraloid.

Inosilikat

Yang termasuk kelompok Inosilikat(chain structures) adalah kelompok piroksen dan kelompok amfibol. pada masing-masing kelompok terdapat mineral-mineral yang bersistem kristal ortorombik dan monoklin. Perbedaan secara umum antara kelompok piroksen dan kelompok amfibol adalah :

- Kelompok piroksen: belahan 2 arah (membentuk sudut 88° dan 92°), umumnya tidak berwarna, non pleokroik/pleokroisme lemah kecuali aegirin. Sudut pemadaman klino piroksen umumnya besar. Terdiri dari Hypersten, Enstatit, Bronzit (ortho-piroksen), Augit, Titanaugit, Diopsit, Pigeonit, Aegirine-Augit, Aegirin, Jadeit, Hedenbergit, Wolastonit (Klino-piroksen);
- Kelompok amfibol: belahan 2 arah membentuk sudut lancip (56° dan 124°), berwarna dan pleokroik. Sudut pemadaman klino amfibol umumnya kecil ($2-30^\circ$). Tersusun oleh Antofilit (Ortho-amfibol), Hornblende, Tremolit-Actinolit, grunerit, Cummingtonite, Nephrite (Klino-amfibol), Lamprobolit, Riebekit, Glaukofan.

Neosilikat

Ada beberapa mineral yang termasuk kedalam struktur neosilikat yaitu:

- Kelompok Olivin (Forsterit, Olivin, Fayalit, Monticellite);
- Kelompok Humit (Chondrite);
- Kelompok Garnet (Pyrope, Almandine/Almandite, Spessartine, Uvarovite, Grossularite, Andradite);
- Kelompok Staurolite, Sphene, Vesuvianite, Zircon, Axinite, Iddingsite;
- Keluarga Silimanit (Andalusit, Silimanit, Kyanit, Mullite, Dumortierit, Topaz).

9.1.1 Kelompok Silika

Ada beberapa macam mineral dan mineraloid silika di alam antara lain kuarsa, opal, trydimit, kristobalit, koesit, stishorit dan lekatelierit. Dimana kuarsa dan opal adalah yang paling banyak dijumpai. Pada derajat pemanasan kuarsa ada perubahan tiba-tiba pada sifat dan kristalisasinya yaitu pada suhu 572°C , dari trigonal trapezohedral ke hexagonal trapezohedral. Bentuk pada temperatur rendah disebut **Kuarsa α** , sedang bentuk pada temperatur tinggi disebut **Kuarsa β** . Perbedaan bentuk pada temperatur rendah dan tinggi ini juga berlaku untuk tridymit dan kristobalit.

Tetapi pada kenyataan secara mikroskopis kita sulit membedakannya. Bentuk-bentuk kuarsa β ada di atas 573°C pada pendinginan membentuk invers ke bentuk kuarsa α , oleh karenanya kuarsa dalam pengamatan mikroskop adalah kuarsa α .

Opal merupakan mineraloid sekunder dalam batuan beku vulkanik, yang umumnya hadir dalam lobang-lobang atau mengganti felsdpar. Trydimit biasanya berbentuk segi enam atau segi tiga dan kadang memperlihatkan kembaran (lihat foto 9.1). Ciri trydimit yang perlu diingat adalah bahwa trydimit mempunyai sistem kristal orthorombik, oleh karena itu mempunyai dua sumbu optik, serta mempunyai orientasi optik *length fast*. Kristobalit sangat menyerupai trydimit, tetapi kristobalit mempunyai pecahan lengkung yang kas dan sering memperlihatkan struktur "tile". Kristobalit bersumbu optik satu sedangkan trydimit bersumbu optik dua. Kristobalit berbeda dari kuarsa karena tanda optiknya negatif.

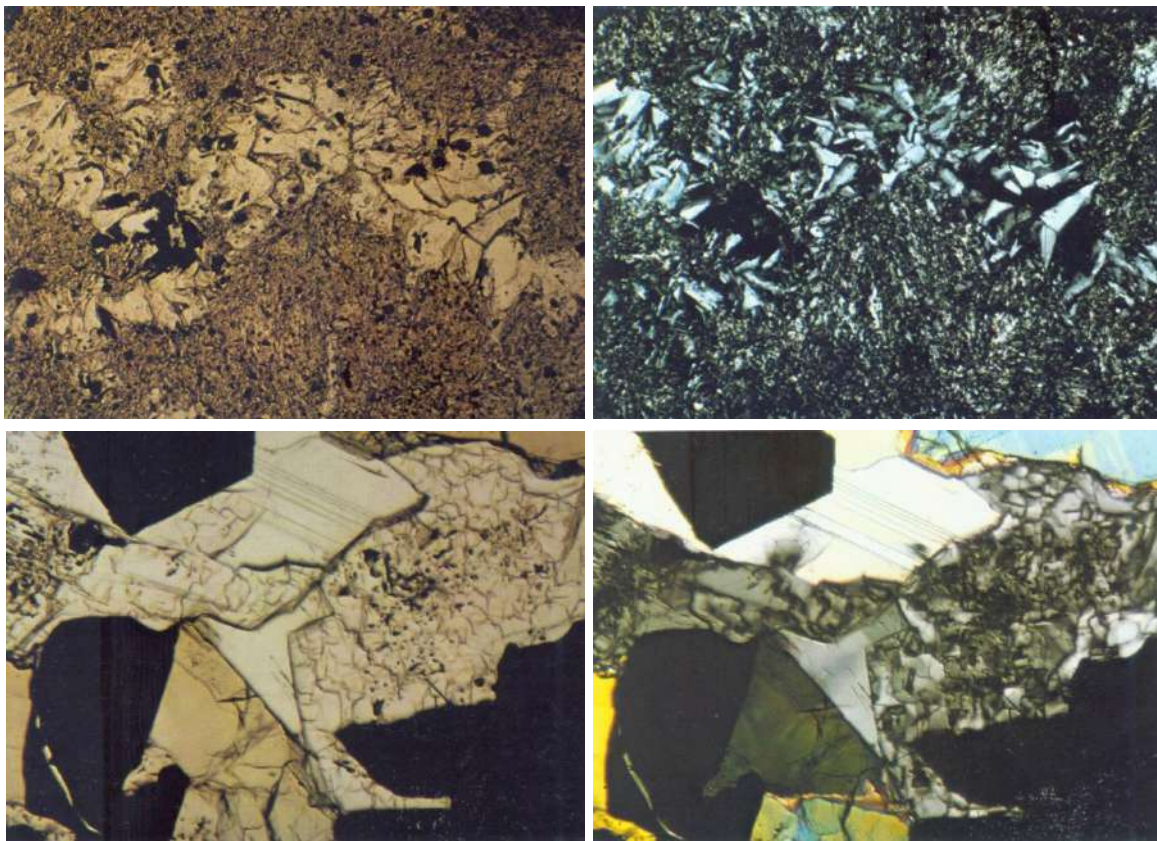


Foto 9.1 Fotomikroskopik trydimit, yang hadir sebagai pengisi lobang. Perhatikan bentuknya (atas), dan kenampakan kristobalit (bawah). Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*). Sumber foto: Mackenzie dan Guilford, 1980.

Macam silika yang lain adalah :

Kalsedon : adalah varietas kuarsa yang berukuran sangat halus dan hanya dapat dibedakan dengan "X-ray", "XEM". Selalu berstruktur agregat, spherulitik (bentuk).

Chert : kalsedon yang berstruktur masif

Agate : kalsedon yang berstruktur banded (konsentris)

Jasper : kalsedon yang memperlihatkan warna merah, putih, coklat, masif, opa.

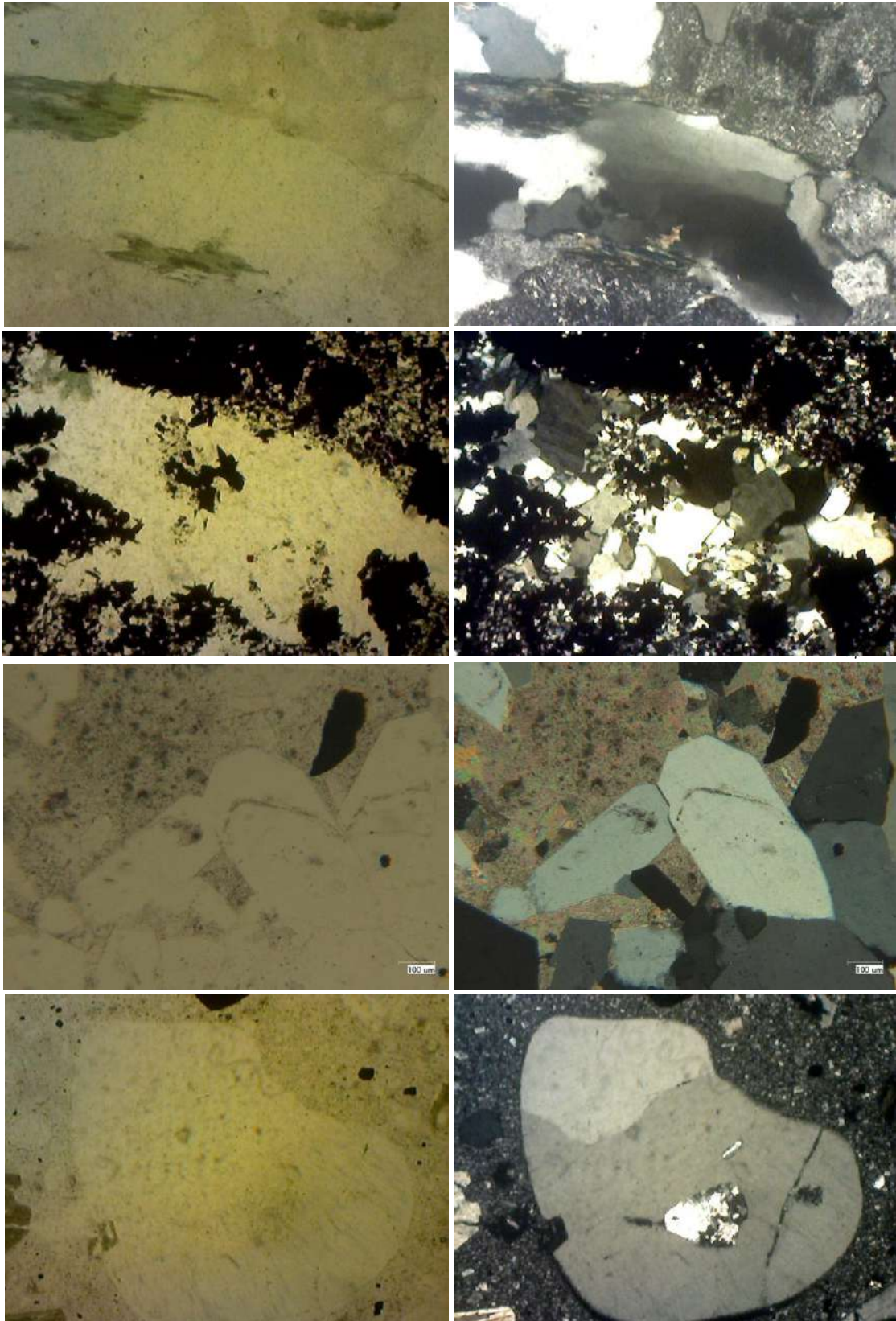


Foto 9.2 Fotomikroskopik kuarsa yang memperlihatkan pemadaman bergelombang, pada batuan genis kuarsa (atas). Foto tengah adalah kenampakan kuarsa pada batuan bekuan kuarsa dengan kalsit yang membentuk urat hidrotermal. Foto bawah kuarsa pada dasit. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

QUARTZ

SiO₂

Hexagonal

Warna : Tidak berwarna, seringkali terdiri dari inklusi.

Bentuk : Kristal prismatic euhedral. butiran, dan sebagai penggantian anhedral, intergroup dengan plagioklas dalam bentuk vermicular (mymerkite), seringkali terdapat sebagai intersertal mineral, pseudomorf.

Relief : Sangat rendah.

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Tidak ada, Rhombohedral yang tidak sempurna.

Birefringence : Agak lemah, orde pertama.

Kembaran : Umum jarang terlihat.

Sudut Pemadaman : Paralel dan simetris.

Orientasi optis : Length slow.

Sumbu optik : Satu (uniaxial).

Tanda optis : Positif.

Catatan : Cordierite sering membuat kekeliruan dengan quartz, tetapi cordierite biaxial. Quartz adalah mineral ubiquitous, terdapat dalam berbagai tipe batuan sebagai mineral utama, asesori atau sekunder dan mineral detrital.

CHALCEDONY

SiO₂

Warna : Tidak berwarna sampai coklat muda dan sering putih kebiruan.

Bentuk : Spherulitic sebagai fosil pengganti material semen dan massive.

Relief : Rendah.

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} = n_{\text{balsam}}$.

Belahan : -

Birefringence : Agak lemah, struktur aggregate.

Kembaran : -

Sudut Pemadaman : Paralel dengan panjangnya serabut.

Orientasi optis : Length fast, length slow.

Sumbu optis : -

Tanda optis : -

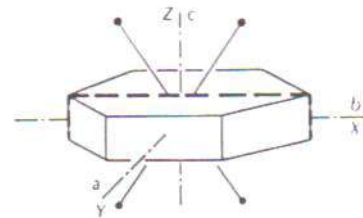
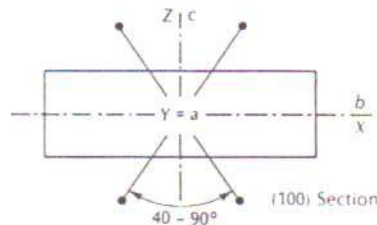
Catatan : kalsedon sebagai mineral sekunder, dalam rongga batuan beku dan sering berasosiasi dengan kuarsa, opal dan zeolite, juga dalam batugamping sedimen berupa nodule, dan sebagai pengganti calcareous fossil. Tingkat temperatur kalsedon di bawah kuarsa.

TRIDYMITE

SiO₂

Orthorhombic

2V = 35°



Warna : Tidak berwarna.

Bentuk : Kristal euhedral, tabular, crystal 1 in aggregate.

Relief : Sedang.

Pleokroisme : -

Indeks bias : n mineral < n balsam.

Belahan : -

Birefringence : Sangat lemah.

Kembaran : Dua atau tiga individual.

Sudut Pemadaman : -

Orientasi optis : -

Sumbu optis : -

Tanda optis : Positif.

Catatan : Tridymite menyerupai cristobalite, tetapi cristobalit hampir isotropis. Ciri terdapatnya tridymite adalah dalam rongga-rongga batuan beku vulkanik seperti obsidian , rhyolite, andesite. Tridymite adalah mineral akhir terbentuknya oleh gas yang panas.

OPAL

SiO₂(H₂O)₂

Mineraloid

Warna : Tidak berwarna sampai abu-abu muda atau coklat.

Bentuk : Colloform, massive.

Relief : Agak tinggi.

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} < n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Tidak ada.

Catatan : Opal adalah mineraloid sekunder dalam batuan beku vulkanik. Asosiasinya yang umum adalah kuarsa, kalsedon dan tridymite.

CRISTOBALITE

SiO₂

Pseudoisometric

Warna : Tidak berwarna.

Bentuk : Kristal bujur sangkar atau aggregate.

Belief : Sedang.

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} < n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Peculiar curved fracture

Birefringence : Sangat lemah, struktur mozaik (cross nicol).

Catatan : Cristobalite menyerupai tridymite, tetapi tridymite mempunyai dua sumbu optik. Cristobalite didapatkan dalam batuan beku vulkanik seperti obsidian, rhyolita, andesite, suganite dan basalt. Umumnya terdapat dalam rongga yang terjadinya oleh gas yang panas pada tahap akhir.

LECHATELIERITE

SiO₂

Mineraloid

Warna : Tidak berwarna, cenderung seperti opal.

Bentuk : Amorphous silica glass, vesicular, banded dan memperlihatkan struktur aliran.

Relief : Rendah.

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} < n_{\text{balsam}}$.

Belahan : -

Birefringence : Tidak ada. Gelap (cross nikol).

Catatan : Dibedakan dari lechatelierite glass lainnya dari indeks biasnya yang sangat rendah.

9.1.2 Kelompok Feldspar

Feldspar terdiri dari dua kelompok, yaitu ; kelompok *Feldspar alkali* (Ortoklas, Adularia, sanidin, Mikroklin, Anortoklas) dan kelompok plagioklas (Albit, Oligoklas, Andesin, Labradorit, Bytownit, Anortit) (tabel 9.1).

Feldspar alkali pada batuan vulkanik yang sering muncul adalah sanidin, sedangkan pada batuan plutonik adalah ortoklas. Mikroklin adalah kandungan umum pada pegmatit. Adularia bisa hadir pada suatu urat mineral. Secara optis ortoklas sering berkabut, sedangkan sanidin tampak cerah. Mikroklin dibedakan dari ortoklas dengan kembaran polisintetiknya.

Mikroklin sering hadir pada granit, syenit dan gneiss. Ortoklas kadang sering menyerupai kuarsa, tetapi ortoklas biaxial negatif sedangkan kuarsa uniaxial positif.

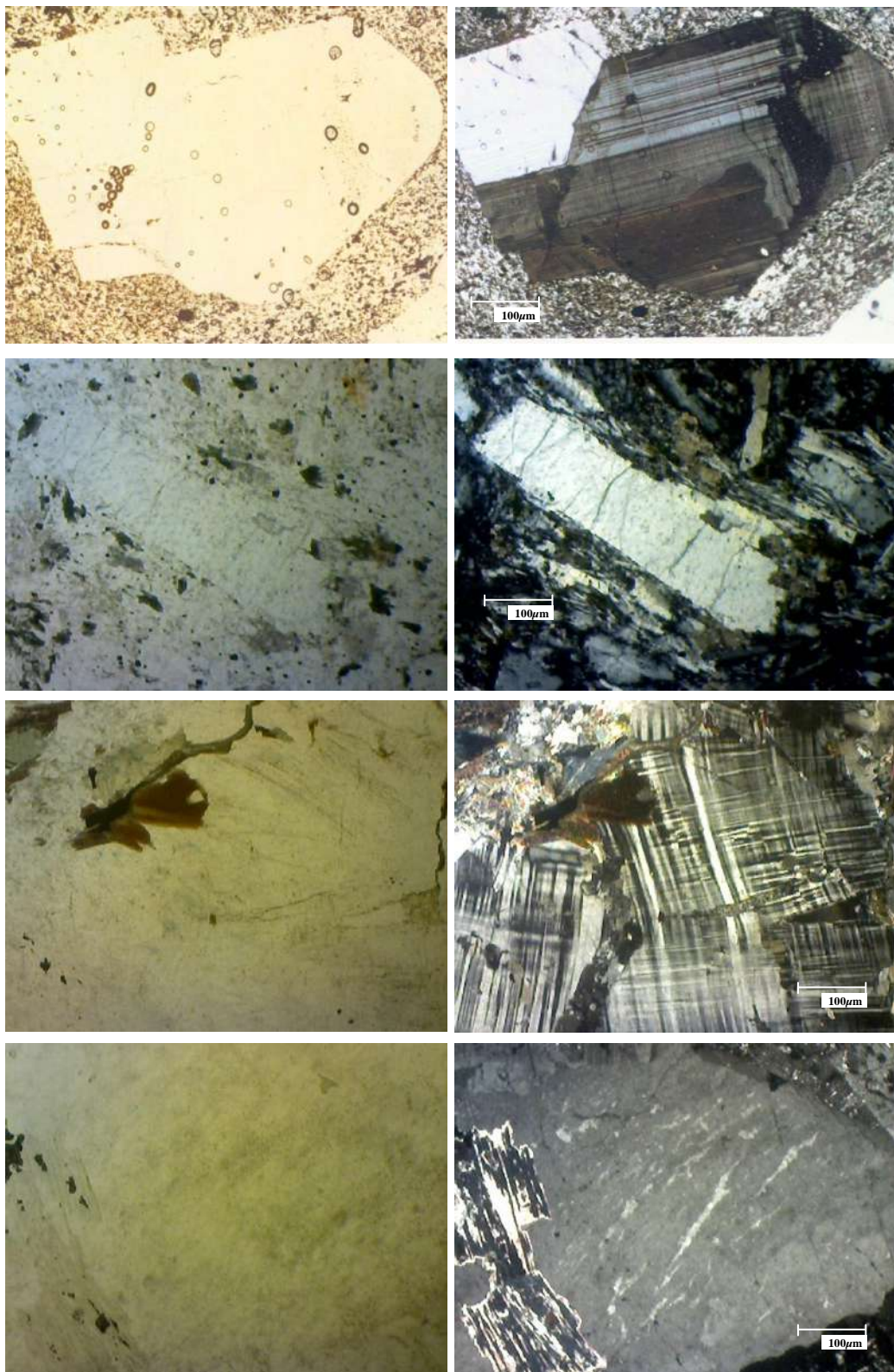
Adapun spesies dari kelompok plagioklas dapat dibedakan secara khusus dengan mencari komposisi " An "nya dengan mempergunakan beberapa metode plagioklas.

Tabel 9.1 Mineral-mineral kelompok feldspar

Alkali Felspar		Plagioclase		
Monoclinic:	Composition	Triclinic:	Composition	
Orthoclase	(KNa)AlSi ₃ O ₈		Ab	An
			100	0
Sanidine	(KNa)AlSi ₃ O ₈	Albite	90	10
Adularia	(KNa)AlSi ₃ O ₈	Oligoclase	70	30
Triclinic:		Andesine	50	50
Microcline	(KNa)AlSi ₃ O ₈	Labradorite	30	70
Anorthoclase	(KNa)AlSi ₃ O ₈	Bytownite	10	90
		Anorthite	0	100



Gambar 9.3 Kenampakan plagioklas (albit) pada gneis (atas) dan plagioklas (labradorit) pada gabro (bawah). Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

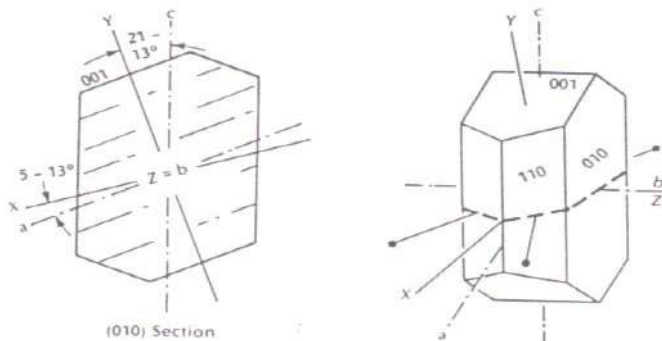


Gambar 9.4 Kenampakan berbagai macam K-feldspar. Dari atas ke bawah berturut turut adalah anortoklas (atas), sumber foto: Mackenzie dan Guilford, 1980, sanidin pada batuan trakit, Muria, Jepara; mikroclin pada granit dan ortoklas pada granit, Belitung. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

ORTHOCLASE

(K,Na) AlSi_3O_8

$2V = 69^\circ\text{-}72^\circ$



Warna : Tidak berwarna, tetapi berkabut

Bentuk : Phenocryst, kristal subhedral dan anhedral dan spherulitic.

Relief : Rendah

Pleokrisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} < n_{\text{balsam}}$

Belahan : Paralel yang sempurna dengan (001). Paralel yang kurang sempurna dengan (010), paralel yang tidak sempurna dengan (110).

Birefringence : Lemah, abu-abu dan putih orde pertama

Kembaran : Carlsbad, dua individual

Sudut pemadaman : Paralel pada (001), (010) dari $5^\circ\text{-}12^\circ$.

Orietas optik : Dua (biaxial)

Tanda optis : negatif

Catatan : Orthoclase mineral yang tersebar luas dalam batuan beku persilicic seperti granit dan syenite. Dalam Spherulitic obsidian dan rhyolite seringkali intergrown dengan cristobalite atau quartz, juga umum dalam endapan detrital, batupasir dan arkose.

SANIDINE

(K,Na) AlSi_3O_8

Monoclinic

$2V = 0^\circ\text{-}12^\circ$

Warna : Tidak berwarna, seringkali berkabut

Bentuk : Kristal yang jelas sebagai phenocryst.

Relief : Rendah

Pleokrisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} < n_{\text{balsam}}$

Belahan : Paralel yang sempurna dengan (001). Paralel yang kurang sempurna dengan (010).

Birefringence : Lemah, abu-abu dan putih keabuan orde pertama

Kembaran : Carlsbad, dua individual dan jarang polisintetic.

Sudut pemadaman : Pada (001), pada (010) +5°.

Orientasi optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatif

Catatan : Sanidine dibedakan dari Orthoclase oleh sudut sumbu yang kecil dan pada beberapa keadaan oleh perbedaan orientasi. Orthoclase seringkali berkabut sedangkan sanidine bersih. Sanidine umumnya ciri dari batuan vulkanik seperti rhyolite dan trachyte dan berhubungan dengan tuff.

MICROCLINE

KAISI₃O₈

Triclinic

2V = 77°- 84°

Warna : Tidak berwarna, tetapi berkabut (alterasi)

Bentuk : Kristal subhedral sampai anhedral.

Relief : Rendah

Pleokrisme : -

Indeks bias : n mineral < n balsam

Belahan : Paralel yang sempurna dengan (001). Paralel yang kurang sempurna dengan (010), paralel yang tidak sempurna dengan (100) dan (110).

Birefringence : Lemah, abu-abu dan putih orde pertama

Kembaran : Polisintetic, dalam dua arah (albite dan peridine).

Sudut pemadaman : Pada (001) = + 5°, pada (010) = + 5°.

Orientasi optik : Faster ray

Sumbu optik : -

Tanda optik : Negatif

Catatan : Albite umumnya intergrown dengan microcline, dikenal dengan perthite. Microcline dibedakan dari Orthoclase oleh kembaran polisintetik dan dari anorthoclase dan albite oleh sudut pemadaman 15° pada (001). Microcline terdapat dalam granite, syenite dan gneisse.

ANORTHOCLASE

(Na,K) AlSi₃O₈

2V = 43° - 54°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Phenocryst, kristal subhedral

Relief : Rendah

Pleokrisme : -

Indeks bias : n mineral < n balsam

Belahan : Paralel yang sempurna dengan (001). paralel yang kurang sempurna dengan (010).

Birefringence : Lemah, abu-abu dan putih orde pertama

Kembaran : Polisintetik

Sudut pemadaman : pada (001) = +1° - 4°, pada (010) = +4° - 10°.

Orientasi optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatif

Catatan : Anorthoclase dapat dibedakan dari feldspar lainnya oleh sudut sumbu optik kira-kira 50° (sanidine di bawahnya dan yang lain di atasnya). Ciri khas anorthoclase adalah dalam batuan beku yang kaya soda, kadang-kadang didapatkan dalam pegmatite.

ALBITE

An₀₁₋₁₀

2V = 77° - 82°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Plate atau lath-shaped, jarang dalam phenocryst. Mungkin intergrown dengan microcline.

Relief : Rendah

Pleokrisme : -

Indeks bias : n mineral < n balsam

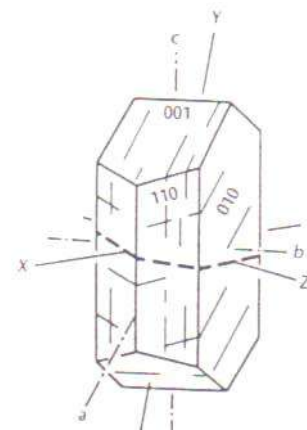
Belahan : (001) sempurna, (010) kurang sempurna dan (110) dan (110) tidak sempurna.

Birefringence : Agak lemah, kuning muda orde pertama.

Kembaran : Polisintetik sesuai dengan albite jarang tidak ada. Yang sesuai dengan carlsbad, atau kombinasinya, pericline kadang-kadang ada.

Sudut pemadaman : Sesuai dengan kembaran albite bervariasi dari 12° sampai 19°, yang paralel dengan (001) = 3° - 5°, yang paralel dengan (010) = 15° - 20°.

Orientasi optis : -



Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positif

Catatan : Albite terdapat dalam granite, granite pegmatite, vein dan bantuan metamorf.

OLIGOCLASE

An₁₀₋₃₀

2V = 82° – 90°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal euhedral, subhedral dan anhedral.

Relief : Rendah

Pleokrisme : -

Indeks bias : n mineral < n balsam

Belahan : (001) sempurna, (010) kurang sempurna (110) dan (110) tidak sempurna.

Birefringence : Lemah atau agak lemah, abu-abu atau putih orde pertama.

Kembaran : Albite

Sudut pemadaman : Kembaran albite bervariasi dari 0° -12° pada (001) = 0° - 3°, pada (010) = 0° - +15°.

Orientasi optis : -

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positif atau negatif

Catatan : Oligoklas terdapatnya sangat umum dalam batuan beku asam seperti granite, rhyolite, syenite, trachyte, dan batuan beku lainnya. Kadang-kadang didapatkan dalam granite pegmatite dan batuan metamorf.

ANDESINE

An₃₀₋₅₀

Triclinic

2V == 76° - 90°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal euhedral sampai anhedral.

Relief : Rendah

Pleokroisme : -

Indeks bias : n mineral < n balsam

Belahan : (001) sempurna, (010) kurang sempurna (110) dan (110) tidak sempurna.

Birefringence : Lemah, abu-abu atau putih orde pertama.

Kembaran : Albite. Sudut sayatan rhombic bervariasi dari $+3^\circ$ sampai -2° dalam andesine.

Sudut pemadaman : Kembaran albite bervariasi dari 13° sampai $27\frac{1}{2}^\circ$ pada (001) = 0° - (-7°), pada (010) = 0° - (-16°).

Orientasi optis : -

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positif atau negatif

Catatan : Andesine dibedakan dari plagioklas lain oleh sudut maksimum dan indeks bias. Andesin mineral yang umum dan tersebar luas dalam batuan beku terutama dalam diorit dan andesit, juga terdapat dalam batuan metamorf.

Komposisi An_{50} batas antara *silicic* (asam) dan *calcic* (basa) tipe batuan beku.

LABRADORITE

An_{50-70}

Triclinic

$2V = 76^\circ - 90^\circ$

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal euhedral sampai anhedral.

Relief : Rendah

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} < n_{\text{balsam}}$

Belahan : (001) sempurna, (010) kurang sempurna (110) dan (110) tidak sempurna.

Birefringence : Lemah, abu-abu atau putih orde pertama.

Kembaran : Albite

Sudut pemadaman : Kembaran albite bervariasi dari $27\frac{1}{2}^\circ$ sampai 39° . Pada (001) = -7° - -16° , pada (010) = -16° - -29° .

Orientasi optis : -

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positif

Catatan : Labradorit dibedakan dari plagioklas lainnya oleh sudut pemadaman maksimum kembar albite dan indeks bias. Labradorite adalah mineral yang sangat umum dalam batuan beku subsilicic seperti auganite basalt, gabro, dan olivine gabro, juga terdapat dalam batuan metamorf.

BYTOWNITE

An₅₀₋₉₀

Triclinic

2V = 79° - 88°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal subhedral sampai anhedral.

Relief : Sedang

Pleokrisme : -

Indeks bias : n mineral < n balsam

Belahan : (001) sempurna, (010) kurang sempurna (110) dan (110) tidak sempurna.

Birefringence : Agak lemah, abu-abu atau kuning muda orde pertama.

Kembaran : Albite

Sudut pemadaman : Kembaran albite bervariasi dari 39° sampai 51°. Pada (001) = -16°-(-32°), pada (010) = -29°-(-36°).

Orientasi optis : -

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatif

Catatan : Bytownite dibedakan dari plagioklas lainnya oleh sudut pemadaman dan indeks biasnya. Bytownite umumnya terdapat dalam gabbro, anorthosite atau basalt.

ANORTHITE

An₉₀₋₁₀₀

Triclinic

2V = 77° - 79°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Plate atau lath anhedral sampai subhedral.

Relief : Fair

Pleokrisme : -

Indeks bias : n mineral < n balsam

Belahan : (001) sempurna, (010) kurang sempurna (110) dan (110) tidak sempurna.

Birefringence : Agak lemah, abu-abu, putih atau kuning orde pertama.

Kembaran : Albite

Sudut pemadaman : Kembar albite bervariasi dari 51° sampai 70°. Pada (001) = -32° -- 40°, pada (010) = -37°.

Orientasi optis : -

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatif

Catatan : Anorthite dibedakan dari plagioclase lainnya oleh sudut pemadaman dan indeks bias yang lebih tinggi. Anorthite didapatkan dalam batuan metamorf kontak dan lava.

9.1.3 Kelompok Feldspatoid

Mineral-mineral anggota feldspathoid adalah : Leusit, Nefelin, Kankrinit, Sodalit, Hauyne dan Melilit. Feldspathoid khas dijumpai pada syenit nefelin, phonolit dan batuan beku alkali miskin silika lainnya.

Secara optis leusit mirip dengan analcim. Analcim memperlihatkan BF lemah, kembaran polisintetiknya tidak pasti. Melilit mempunyai BF lebih tinggi dan reliefnya lebih rendah. Leusit dijumpai sebagai fenokris pada lava (tephrit leusit, basalt leusit, phonolit leusit, dll.). karena mempunyai sistem kristal pseudo isometrik maka dalam kenampakannya hampir terlihat isotropis, dan sering memperlihatkan kembaran polisintetik. Nefelin sering dibuat keliru dengan ortoklas, tetapi ortoklas punya belahan yang lebih baik dan biaxial. Nefelin sangat mudah teralterasi menjadi zeolit, sodalit, muskovit, kankrinit atau hydronephelite (spesies dari natrolit).

LEUCITE

KAl(SiO₃)₃

Pseudoisometric

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal eubhedral, trapezohedron. Sering kali terdiri dari inklusi.

Relief : Fair, rendah

Pleokriosme : -

Indeks bias : n mineral < n balsam

Belahan : -

Birefringence : Sangat lemah

Kembaran : Polisintetik, dimorphous.

Sudut pemadaman : Seringkali bergelombang.

Orientasi optis : -

Sumbu optis : -

Tanda optis : -

Catatan : Leucite menyerupai analcime, analcime birefringencenya lemah, tetapi tidak mempunyai kembaran polisintetik. Leucite mempunyai birefringence yang lebih besar

dan relief yang rendah. Leucite terdapat sebagai phenocryst di dalam lava (leucite tephrite, leucitite, leucite basalt, leucite phonolite) dan berhubungan dengan tuff.

NEPHELINE



Hexagonal

Warna : Tidak berwarna sampai keruh, memperlihatkan deretan inklusi.

Bentuk : Kristal hexagonal prismatic pendek, phenocryst dalam batuan yang padat dan dalam anhedral dalam batuan yang berbutir.

Relief : Sangat rendah.

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} < n_{\text{balsam}}$

Belahan : Paralel yang tidak sempurna dengan (1010).

Birefringence : Lemah, abu-abu orde pertama.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Paralel.

Orientasi optis : Length-fast.

Sumbu optis : Satu (uniaxial)

Tanda optis : Negatif

Catatan : Mineral yang sering membuat kekeliruan dengan nepheline adalah orthoclase tetapi orthoclase mempunyai belahan yang baik dan biaxial. Nepheline juga menyerupai melilite dan scapolite yang mempunyai relief yang tinggi dan birefringence yang lebih kuat. Nepheline teralterasi menjadi zeolite, sodalite, muscovite (gieseckite), cancrinite atau hydronepheline. Nepheline terbatas pada batuan beku yang kaya soda seperti nepheline syenite, phonolite dan batuan basaltik.

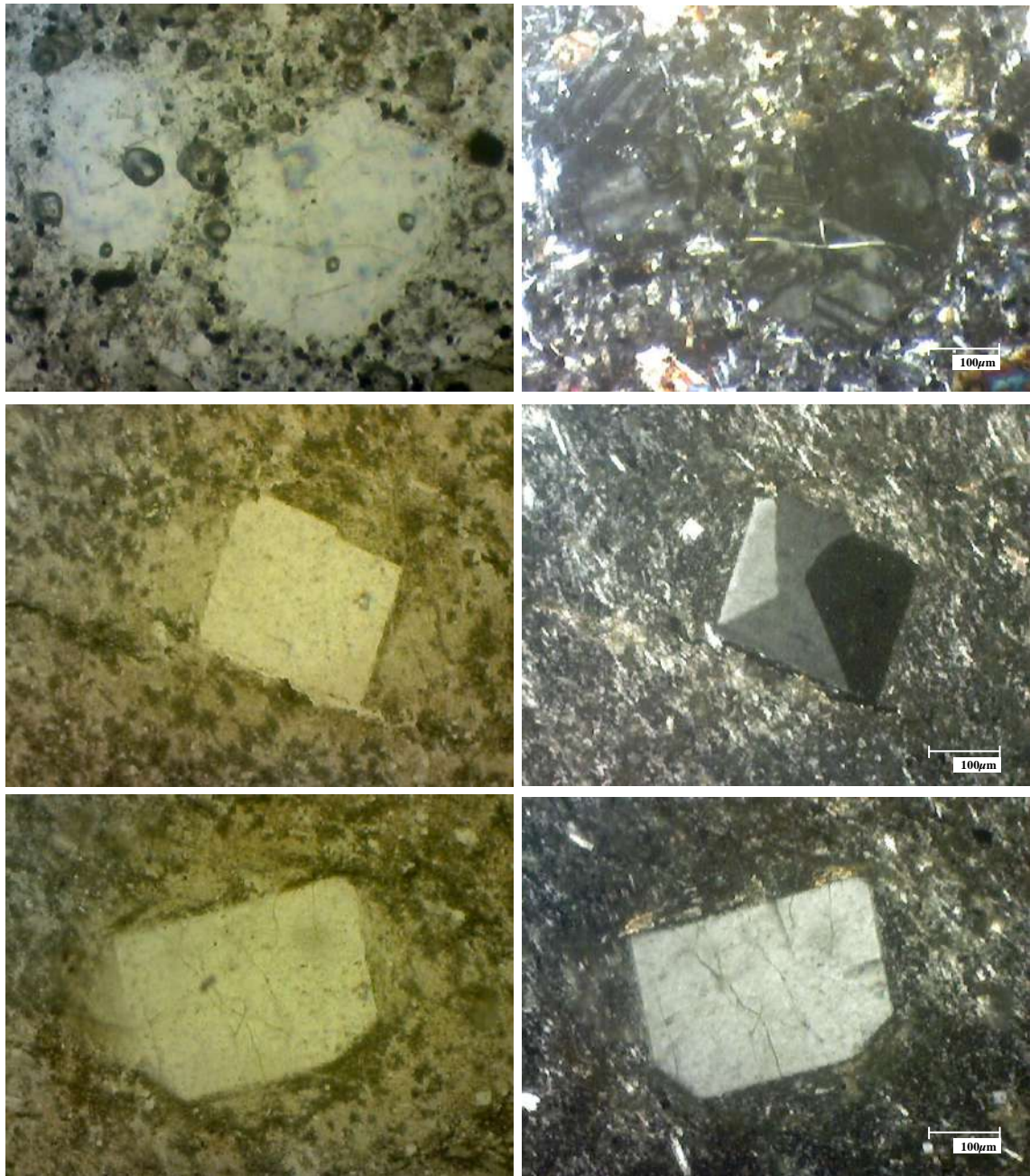
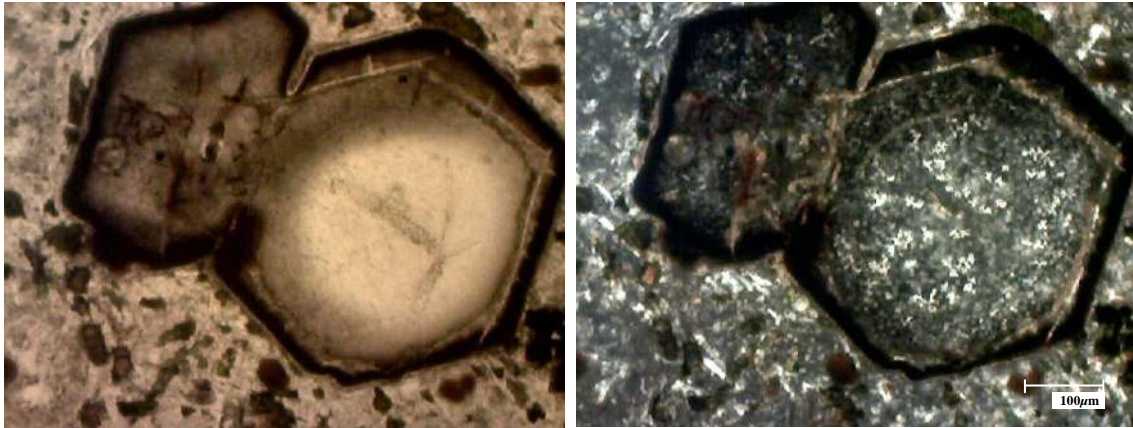


Foto 9.5 Leusit yang memperlihatkan kembaran poli-sintetik (atas) serta nefelin yang sebagian terlihat memperlihatkan kembaran baveno (tengah) dan bawah. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).



Gambar 9.6 Foto mikroskopik mineral nosean dalam selbergite, Eifel, Jerman. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

CANCRINITE



Hexagonal

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal anhedral, kristal euhedral jarang.

Relief : Fair

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} < n_{\text{balsam}}$

Belahan : Paralel dengan (1010)

Birefringence : Bervariasi dari agak lemah sampai sedang, warna bervariasi dari kuning muda orde pertama sampai ditengah orde kedua.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Paralel

Orientasi optis : Length-fast

Sumbu Optis : satu (uniaxial)

Tanda optis : Negatif

Catatan : Kadang-kadang teralterasi di sepanjang belahan dan pecahannya. Cancrinite jarang terdapat dalam batuan, tetapi tersebar dalam beberapa jenis batuan. merupakan mineral ciri khas dari nepheline syenite. Asosiasinya adalah plagioclase, microcline, nepheline dan sodalite.

SODALITE



Isometric

Warna : Tidak berwarna sampai abu-abu, sering kali dengan batas yang gelap.

Bentuk : Kristal euhedral dan anhedral.

Relief : Fair

Pleokrisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} < n_{\text{balsam}}$

Belahan : Paralel yang tidak sempurna dengan (110).

Birefringence : isotropik

Catatan : Sodalite menyerupai analcime. Sodalite teralterasi menjadi zeolite. Sodalite terbatas pada batuan beku yang kaya soda seperti syenite dan trachyte. Asosiasinya yang umum adalah nepheline.

HAUYNE



Isometric

Warna : Tidak berwarna, abu-abu, biru muda, hijau kebiruan sampai biru tua.

Bentuk : Kristal euhedral sampai anhedral dan kristal agregate.

Relief : Fair

Pleokrisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} < n_{\text{balsam}}$

Belahan : Tidak sempurna

Birefringence : Isotropik, kadang-kadang sangat lemah.

Catatan : Hauyne menyerupai sodalite. Mosean (noselite) mineral sodalite group, sama dengan hauyne, tetapi sedikit atau tidak ada kandungan calcium. Hauyne terdapat dalam batuan vulkanik yang kaya soda seperti phonolite dan dalam batu gamping metamorf kontak atau muscovite diopside genis.

MELILITE



Tetragonal

Warna : Tidak berwarna sampai kuning muda.

Bentuk : Kristal euhedral tabular,seringkali mempunyai "*peg structure*".

Relief : Tinggi

Pleokriosme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$

Belahan : Paralel yang kurang jelas dengan (001).

Birefringence : Lemah, abu-abu orde pertama dan sering kali biru berlin anomalous.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Paralel

Orientasi optis : Length-slow

Sumbu optis : satu (uniaxial)

Tanda optis : Negatif

Catatan : Dalam sayatan memanjang dengan birefringence yang lemah dan "peg structure" adalah ciri utamanya, kadang-kadang menyerupai nepheline tetapi reliefnya tinggi. Melilite sering berasosiasi dengan augit, olivin, nepelin dan leusit dalam batuan beku terutama yang kaya dengan soda.

9.1.4 Kelompok Mika

Kelompok ini terdiri dari muskovit, biotit, phlogopit dan lepidolit (lihat tabel 9.2). Mineral yang paling penting dan yang paling sering ditemukan adalah biotit dan muskovit. Secara umum mineral-mineral dalam kelompok ini susah dibedakan. Pada pengamatan ortoskop nikol silang, semuanya memperlihatkan warna interferensi coklat orde 2 (dua) dan sering memperlihatkan struktur "mata burung".

Biotit dibedakan dengan muskovit dari warna, pleokroismenya dan reliefnya. Biotit berwarna coklat, hijau dan pleokroik. Biotit akan menampakkan warna absorpsi maksimum jika sumbu indikatrik sinar Z (sumbu panjang kristalografinya) sejajar arah getar polarisator. Sedangkan muskovit sering memperlihatkan relief bervariasi dan umumnya tak berwarna (kadang kuning pucat). Talk sangat menyerupai muskovit dan Pyrophyllite tetapi sudut sumbu optik talk lebih kecil. Lepidolit sangat mirip dengan muskovit, tetapi sudut pemadamannya lebih besar dan reliefnya tidak bervariasi. Flogopit dibedakan dengan jenis mika lainnya dari sudut sumbu optiknya yang kecil (0° - 10°).

Tabel 9.2 Beberapa sifat optik penting mineral-mineral kelompok mika.

Mineral	Komposisi	Warna	Peokroisme	Relief	SP	2V
Muscovite	$KAl_2(OH)_2(AlSi_3O_{10})$	Tidak berwarna, hijau lemah	Tidak ada	Variasi	Paralel -3°	30-40°
Lepidolite	$LiKAl_2(OH,F)_2(Si_2O_5)_2$	Tidak berwarna	Tidak ada	Sedang	Paralel -6°, 7°	40°
Phlogopite	$KMg_3Al(OH)Si_4O_{10}$	Coklat muda	Lemah	Sedang	Paralel -5°	0-10°
Biotite	$K_2(Mg,Fe)_2(OH)_2(AlSi_3O_{10})$	Coklat, hijau	Kuat	Sedang	Paralel -2°, 3°	0-25°

BIOTITE



Monoclinic

2V = 0° - 25°

Warna : Coklat, coklat kekuningan, coklat kemerahan, hijau zaitun, atau hijau.

Bentuk : Kristal euhedral bersisi enam, tabular lamellar aggregate, plate melengkung.

Relief : Fair

Pleokroisme : Kuat

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : Sempurna dalam satu arah (001)

Birefringence : Kuat, merah orde kedua.

Kembaran : Kadang-kadang ada

Sudut pemadaman : Paralel dengan belahan, 3°.

Orientasi optis : Length Slow

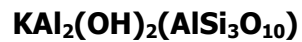
Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip.

Catatan : Biotite dibedakan dari phlogopite dengan warna gelap dan absorsi kuat. Dari hornblende coklat umum dibedakan dengan sudut pemadaman yang kecil dan perbedaan belahan. Biotite sering teralterasi menjadi chlorite, juga menjadi vermiculite. Biotite

mineral yang tersebar luas dan umum, terdapat dalam batuan beku hampir seluruh tipe, juga dalam schists dan gneisse dan zona metamorf kontak.

MUSCOVITE



Monoclinic

$$2V = 30^\circ - 40^\circ$$

Warna : Tidak berwarna sampai hijau muda

Bentuk : Kristal tabular atau scaly aggregate

Relief : Bervariasi

Pleokroisme : Lemah

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Dalam satu arah (001) sangat sempurna.

Birefringence : Kuat, teratas orde kedua.

Kembaran : Kadang-kadang

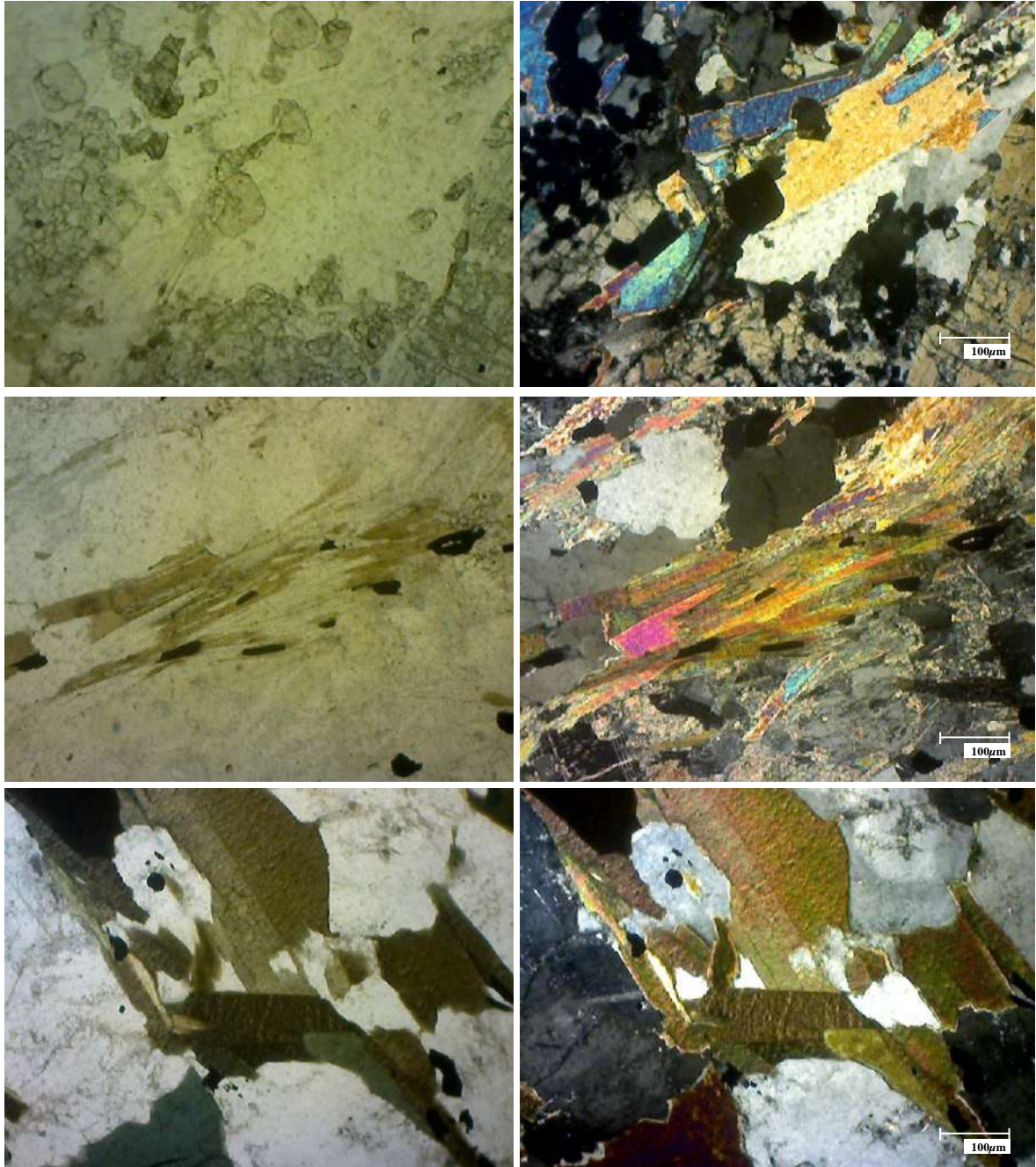
Sudut pemadaman : Paralel dengan belahan, kadang membentuk sudut 2° atau 3° .

Orientasi optis : Length Slow (sumbu panjang kristalografi adalah sumbu a).

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatif.

Catatan : Talc hampir sama dengan muscovite dan pyrophyllite dalam sifat optis. Hydromuscovite sangat sama dengan sericite variety muscovite. Muscovite sangat umum dalam batuan metamorf seperti phyllite, schists, dan gneisse, juga dalam granite dan berkembang maksimum dalam granite pegmatite, umum sebagai mineral detrital terutama dalam arkose. Sericite terdapat dalam sedikit keratan dan mineral sekunder yang dibentuk oleh alterasi hidrotermal silicate, terutama feldspar.



Gambar 9.7 Kenampakan mineral kelompok mika, berturut turut dari atas: muscovit dalam eklogit (atas), Flogopit (tengah) dan biotit dan ortoklas pada alkali granit (bawah). Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

LEPIDOLITE



Monoclinic

2V = 40°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Tabular atau kristal pseudonexagonal prismatic pendek.

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Sempurna dalam satu arah (001)

Birefringence : Kuat, teratas sampai di tengah orde ketiga.

Kembaran : Jarang nampak

Sudut pemadaman : Bervariasi dari nol sampai 6° atau 7°

Orientasi optis : Length Slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip.

Catatan : Lepidolite sangat sama dengan muscovite dalam sifat optisnya, tetapi mempunyai sudut pemadaman yang besar. Zinnwaldite adalah lithium iron mica juga didapatkan dalam vein tinstone dan granite pegmatite, kadang-kadang dalam granite.

Asosiasinya yang umum adalah tourmaline (terutama elbaite), albite, topaz, beryl, spodumene dan quartz. Lepidolite terdapat dalam granite pegmatite, vein bertemperatur tinggi dan kadang-kadang dalam granite.

PHLOGOPITE



Monoclinic

$2V = 0^\circ - 10^\circ$

Warna : Coklat muda sampai tidak berwarna

Bentuk : Kristal tabular atau prismatic pendek.

Relief : Fair

Pleokroisme : Lemah

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Dalam satu arah (001)

Birefringence : Kuat, di tengah orde ketiga.

Kembaran : Kadang-kadang ada

Sudut pemadaman : Paralel dengan belahan, tetapi kadang-kadang bersudut 5° .

Orientasi optis : Length Slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip.

Catatan : Phlogopite dibedakan dari biotite dengan warna yang cerah dan absorpsi lemah. Phlogopite yang tidak berwarna sama dengan muscovite tetapi dapat dibedakan dengan sudut sumbu yang kecil. Ciri terdapatnya phlogopite adalah dalam batugamping

metamorf. Asosiasinya yang umum adalah chondrodite spinel dan forsterite. Juga didapatkan dalam beberapa batuan beku seperti peridotite.

9.1.5 Kelompok Klorit

Prochlorite dibedakan dari clinochlore dan pennine dengan indeks bias yang tinggi. Prochlorite adalah constituent prinsip dari beberapa chlorite schists, juga didapatkan sebagai hasil alterasi silikat lainnya. Ciri terdapatnya prochlorite adalah dalam quartz vein dengan adularia, albite, sphene dan lain-lain. Clinochlore dibedakan dari chlorite lainnya dengan sudut pemadaman miring dan dari pennine dengan birefringencenya yang lebih kuat dan biaxial. Clinochlore terdapat dalam chlorite schists dan batuan metamorf lainnya. Asosiasinya yang umum adalah talc, antigorite, chondrodite dan phlogopite. Hasil alterasi dari silikat lainnya. Penninite dibedakan dari chlorite lainnya dengan sudut pemadaman paralel, sudut sumbu optik kecil dan warna interferensi yang agak lain. Kammererite adalah chromian penninite yang menyerupai kotschubeite. Penninite umumnya terdapat sebagai hasil alterasi dari silikat lainnya seperti garnet.

Chamosite dibedakan dari chlorite lainnya dengan indeks bias yang tinggi dan dari glaucophane dengan birefringence rendah. Chamosite seringkali menyerupai oolitic colophonite, tetapi chamosite mempunyai indeks bias yang tinggi. Asosiasinya yang umum adalah siderite, calcite, colophonite, pyrite. Stilpnomelane sangat menyerupai biotit. Stilpnomelane sangat erat hubungannya dengan anggota mica group lainnya. Stilpnomelane didapatkan dalam quartz adularia pegmatite vein, dalam nepheline syenite pegmatite, dan mungkin terdapat sebagai mineral yang dikenal terbentuk sebagai hasil alterasi hidrotermal. Chloritoid kadang-kadang menyerupai beberapa chlorite, tetapi reliefnya tinggi dan belahan kurang sempurna. Chloritoid didapatkan dalam batuan metamorf seperti mica schists dan phyllite sebagai metacryst.

PROCHLORITE

Nonoclinic

$$2V = 0^\circ - 30^\circ$$

Warna : Hijau atau kehijauan

Bentuk : Scaly masse. Kristal vermicular dan fan shaped crystal aggregate.

Relief : Fair sampai tinggi menengah

Pleokroisme : Lemah

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

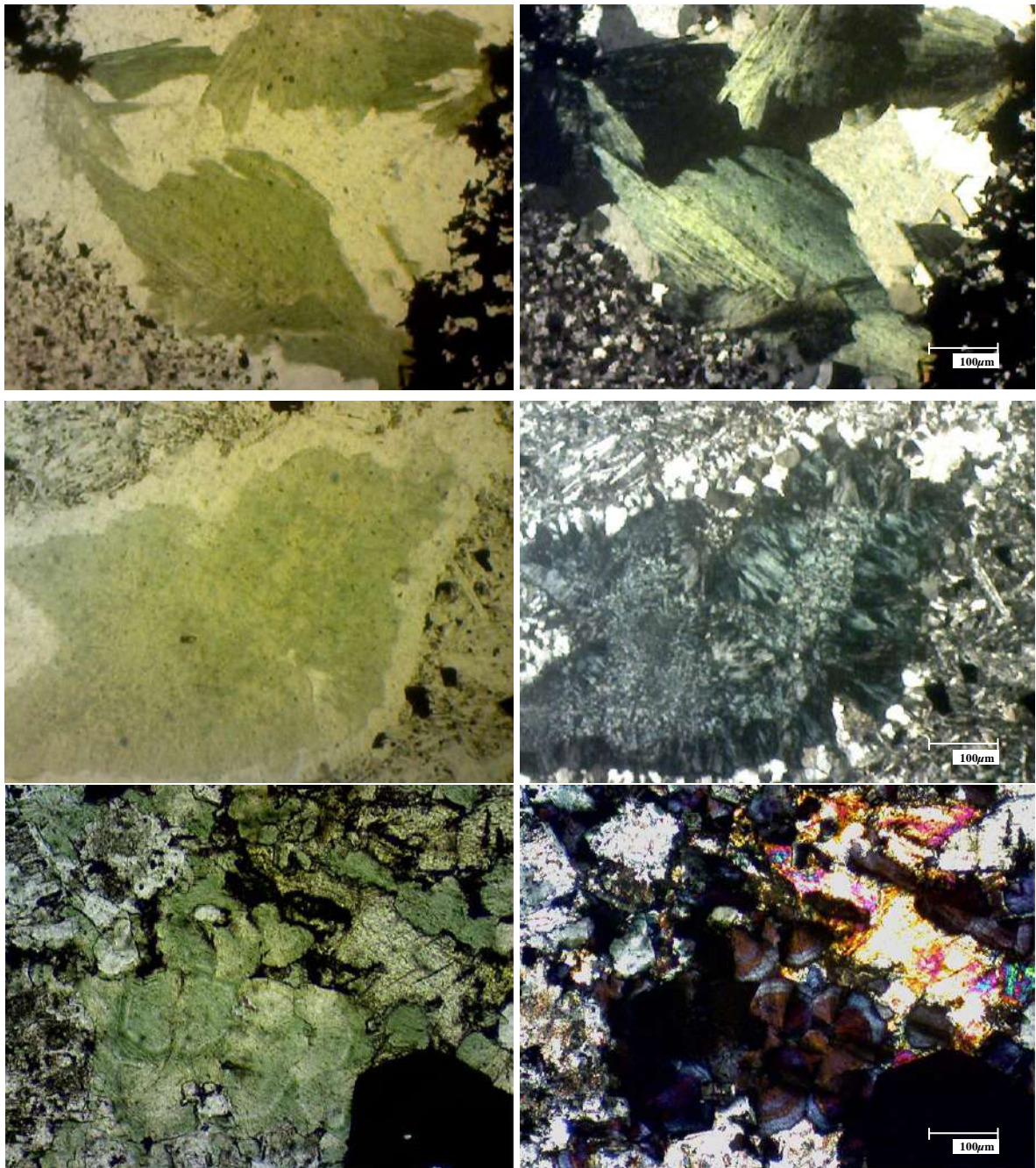
Birefringence : Lemah tetapi bervariasi dari sangat lemah sampai agak lemah

Kembaran : -

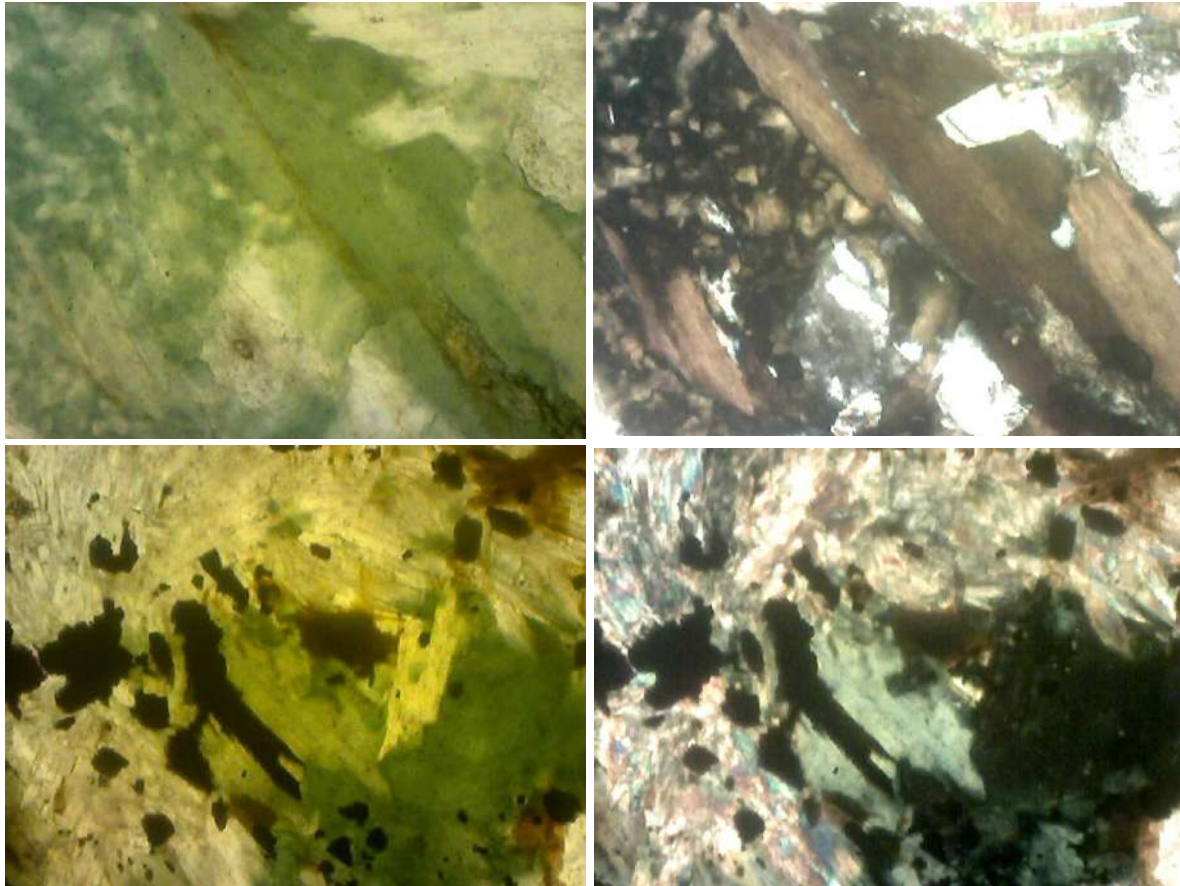
Sudut pemadaman : Paralel sampai hampir paralel.

Orientasi optis : Arah belahan sejajar dengan sinar tercepat

Sumbu optis : Dua (biaxial); *Tanda optis* : Positip.



Gambar 9.8 Kenampakan klorit pada urat batuan terubah (atas) dan klorit sebagai pengisi lobang gas (amigdaloid) pada basalt, klorit di batuan diorite terubah hidrotermal propilitik, Selogiri. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).



Gambar 9.9 Kenampakan klorit dengan warna interferensi coklat (atas) dan mikroskopik kloritoid. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

CLINOCHLORE



Monoclinic

2V = 0°- 50°

Warna : Tidak berwarna sampai hijau

Bentuk : Kristal bervariasi dari tipis sampai tebal tabular dengan pseudoheksagonal kadang-kadang kristal melengkung.

Relief : Fair

Pleokriosme : Sedang

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Sempurna dalam satu arah paralel dengan (001)

Birefringence : Lemah sampai agak lemah.

Kembaran : Polisintetik.

Sudut pemadaman : Bervariasi dari 2° sampai 9°.

Orientasi optis : Length-fast

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positip.

PENNIMITE (PENNINE)



Monoclinic

2V = 0° - 20°

Warna : Hijau atau kehijauan.

Bentuk : Kristal bersisi enam tabular

Relief : Fair

Pleokroisme : Sedang

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : Sempurna dalam satu arah paralel dengan (001)

Birefringence : Sangat lemah.

Kembaran : Pararel dengan (001) dengan (001) pennine.

Sudut pemadaman : Pararel.

Orientasi optis : Length Fast atau Length Slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positip atau Negatip.

CHAMOSITE



Monoclinic

2V = small

Warna : Hijau, abu-abu kehijauan, abu-abu, coklat muda sampai hampir tidak berwarna.

Bentuk : Oolitic dengan struktur pseudospherulitic. Kristal subhedral tabular.

Relief : Sedang

Pleokroisme : Sedang

Indeks bias : n mineral > n balsam

Belahan : Dalam satu arah. Dolithe sering memperlihatkan bagian concentric.

Birefringence : Tidak ada sampai lemah.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : -

Orientasi optis : Length slow

Sumbu optis : -

Tanda optis : Negatif.

STILPNOMELANE



Pseudomonoclinic

2V = ca. 0°

Warna : Coklat dan kuning atau hijau

Bentuk : Micaceous (tabular)

Relief : Sedang sampai tinggi

Pleokroisme : Sedang

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : Pararel sempurna dengan (001)

Birefringence : Sedang sampai kuat.

Kembaran : Polisintetik

Sudut pemadaman : Hampir pararel

Orientasi optis : Length Slow, sudut antara X dan C kecil

Sumbu optis : Walaupun monoklin tetapi hanya mempunyai satu sumbu optik (karena 2V nya = 0°)

Tanda optis : Negatif.

CHLORITOID



Monoclinic

2V = 36° - 63°

Warna : Hijau, abu-abu kehijauan sampai tidak berwarna.

Bentuk : Kristal pseudoheksagonal tabular.

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Sedang

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : Sempurna satu arah (001) dan pararel yang tidak sempurna dengan (110)

Birefringence : Lemah sampai sedang

Kembaran : Polisintetik

Sudut pepadaman : $C^{\wedge}Z$ hampir paralel sampai 20°

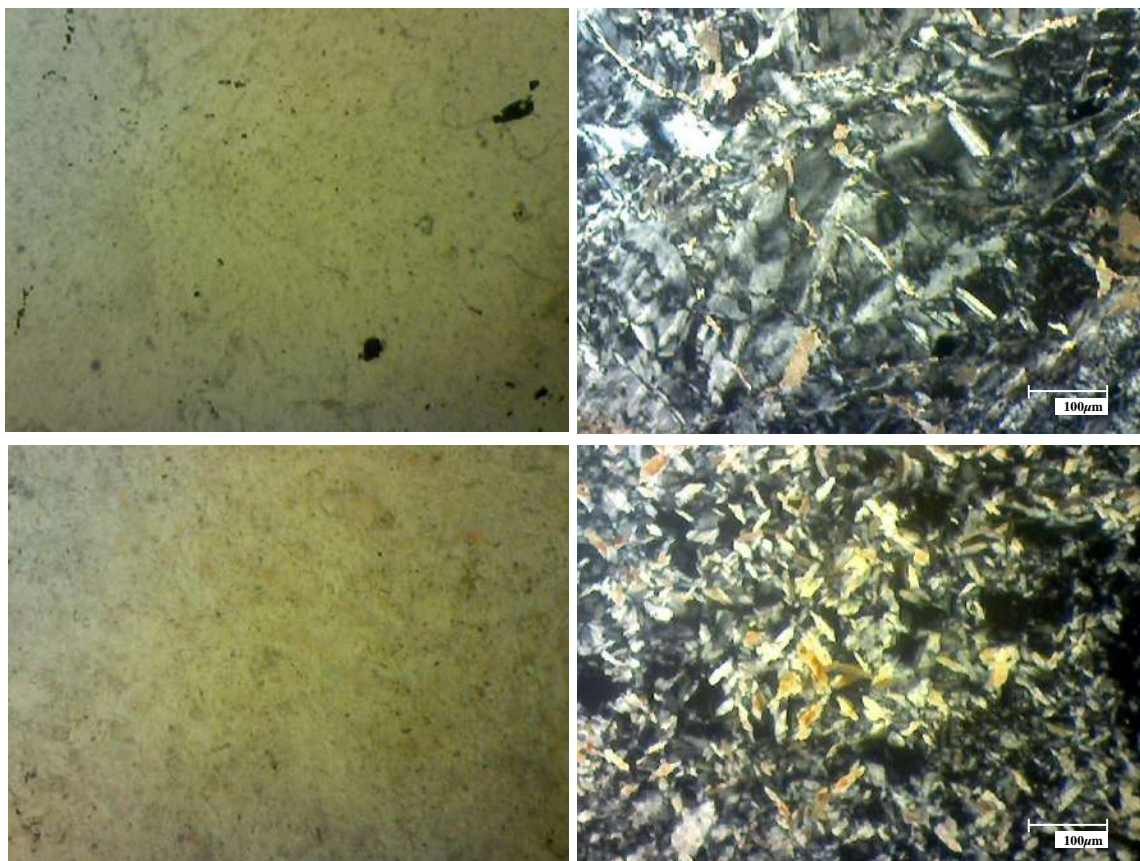
Orientasi optis : Lenght fast

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positip.

9.1.6 Kelompok Mineral Filosilikat lain

Selain kelompok Mika dan klorit, mineral-mineral filosilikat lain diantaranya termasuk Kelompok Brittle Mika, Kelompok Mineral Lempung, dan Kelompok Serpentin, Talc, Pyrophyllite, Prehnite, Glauconite, dan Mineraloid.



Gambar 9.10 Kenampakan fotomikroskopik serpentin pada harzburgit dan mineral alunit apa zona alterasi *advantage argillic*, Bacan. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

9.1.7 Kelompok Amfibol

Seperti pada kelompok piroksen, kelompok amfibol dibagi menjadi dua kelompok yaitu orthoamfibol dan klintoamfibol (lihat tabel 9.3). Pada kelompok orthoamfibol memperlihatkan sudut pemadaman paralel, sedang klintoamfibol memperlihatkan sudut pemadaman miring (walaupun dalam sayatan tertentu bisa memperlihatkan sudut pemadaman paralel).

Kadang kita kesulitan dalam membedakan individu spesies pada kelompok ini. Namun demikian dengan melihat ciri-ciri optik dan asosiasinya, kita akan bisa membedakannya. Untuk membedakan setiap individu spesies dari klinto-amfibol biasanya dengan sudut pemadaman (lihat table 9.3), disamping dengan sifat optik lainnya. Warna mineral, ternyata juga punya arti penting dalam menentukan individu spesies pada kelompok ini, karena ada mineral-mineral tertentu yang mempunyai warna khas misalnya hornblende (coklat-hijau), gloukofan (biru-violet) dan lain-lain.

ANTHOPHYLLITE



Orthorhombic

$$2V = 70^\circ - 90^\circ$$

Warna : Tidak berwarna atau warna muda.

Bentuk : Kristal prismatic panjang dan columnar sampai fibrous aggregate.

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Lemah

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$

Belahan : Dalam dua arah (110) pada sudut 54° dan 126° . Umum.

Birefringence : Sedang, teratas sampai terbawah orde kedua.

Kembaran : Tidak ada

Sudut pemadaman : Paralel, simetris.

Orientasi optis : Lenght-slow

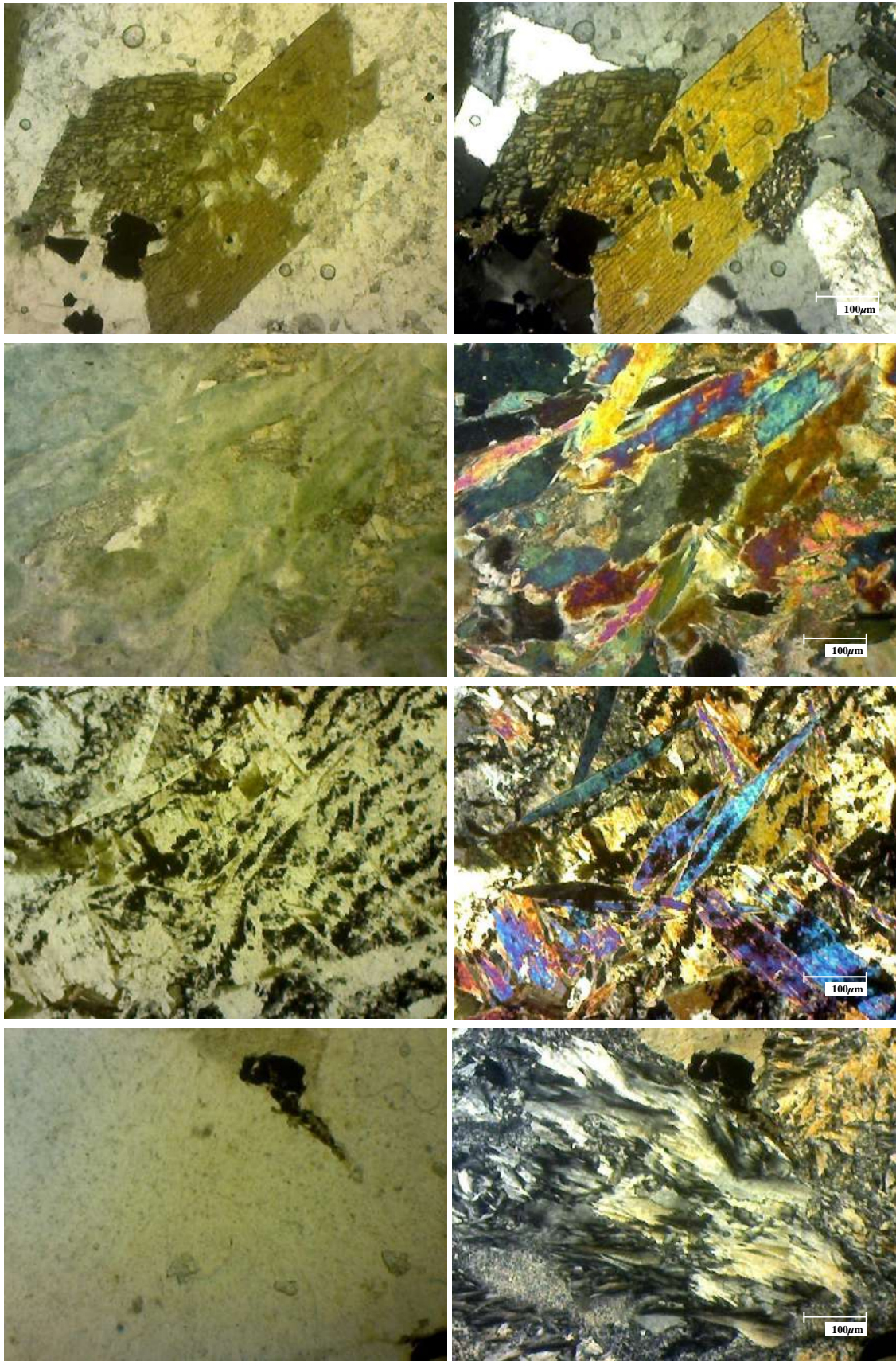
Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positif

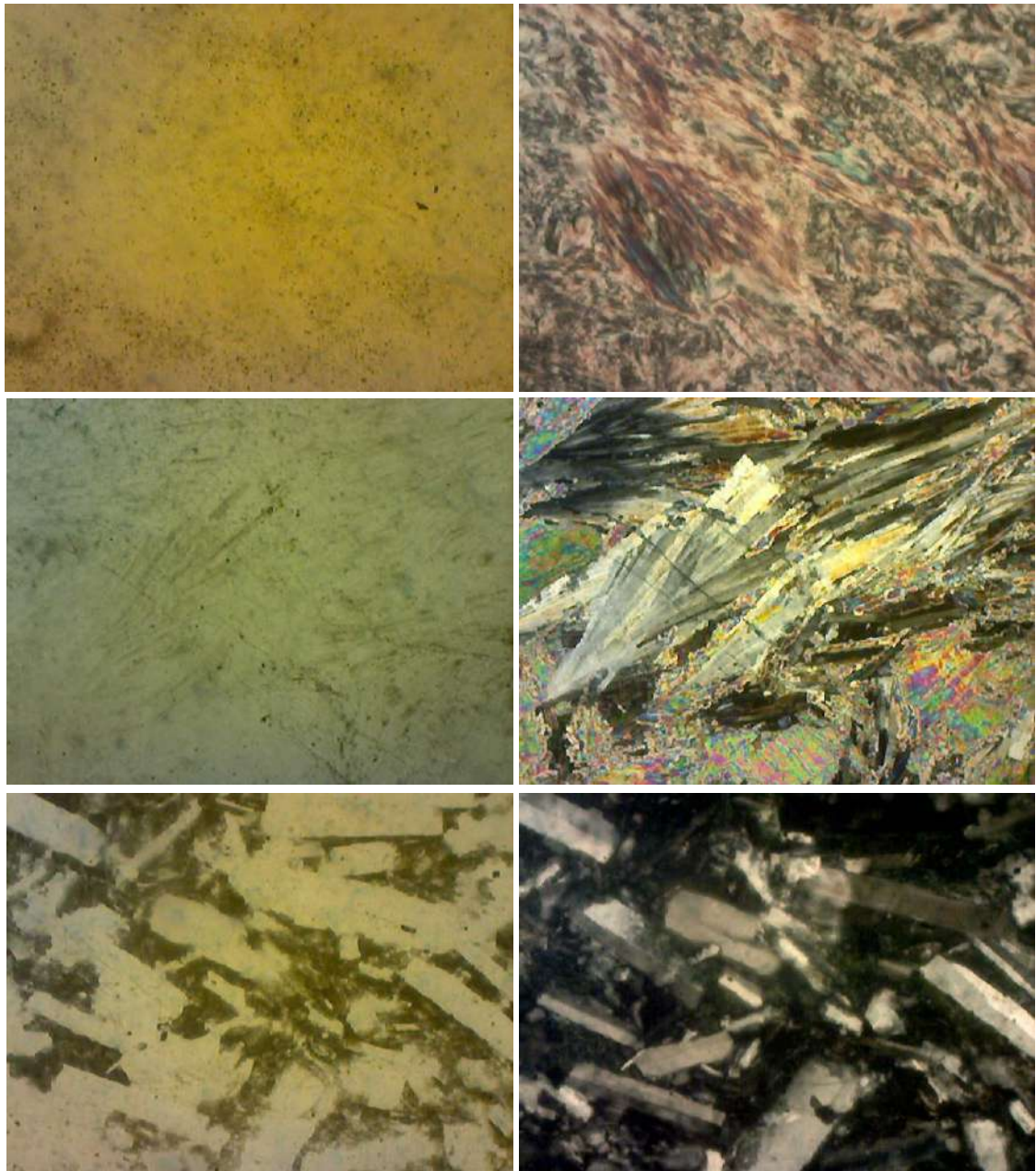
Catatan : Anthophyllite menyerupai tremolite-actinolite dan cummingtonite, tetapi dapat dibedakan dari sudut pemadamannya yang paralel. Anthophyllite teralterasi menjadi talc. Sebagian mineral alterasi yang terbentuk disebut hydrous anthophyllite. Anthophyllite adalah ciri batuan metamorf, dan mineral sekunder dalam peridotite dan dunite.

Tabel 9.3 Ciri optik penting pada mineral kelompok amfibol.

Mineral	Komposisi	Warna	Pleokroisme	BF	Orientasi Optik	Tanda Optik	2V	C \wedge Z
Anthophyllite	$(\text{Mg, Fe})_7(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$	tidak	Lemah	Sedang	LS	+	70 - 90°	0°
Cumingtonite	$(\text{Mg, Fe})_7(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$	Tidak-hijau pucat	Lemah	Sedang	LS	+	68 - 87°	15 - 20°
Grunerite	$\text{Fe}_7(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$	Tidak-abu abu	Tidak ada	Sedang-kuat	LS	-	79 - 86°	10 - 14°
Tremolite-actinolite	$\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$	Tidak-hijau pucat	Lemah	Sedang	LS	-	79 - 85°	10 - 20°
(inc.Nephrite)	$\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$	Tidak-hijau pucat	Lemah	Sedang	LS	-	79 - 85°	10 - 20°
Hornblende	$\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe, Al})_5(\text{OH})_2(\text{Si, Al})_4\text{O}_{11}$	Coklat-hijau	Kuat	Sedang	LS	-	52 - 82°	12 - 30°
Lamprobolite	Ca, Mg, Fe, Al silicate	Kuning-coklat	Kuat	Kuat	LS	-	64 - 80°	0 - 10°
Riebeckite	$\text{MgFe}^{\text{III}}(\text{SiO}_3)_2 \cdot \text{Fe}^{\text{II}}\text{SiO}_3$	Biru tua	Kuat	Sangat lemah	LF	-	Large	5°
Glaucophane	NaAlFe	biru-violet	Kuat	Kuat	LS		45°	4 - 6°

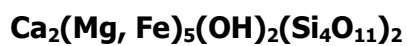


Gambar 9.11 Kenampakan beberapa amfibol, berturut turut dari atas adalah hornblende dalam diorit, gloukofan dalam sekis, tremolit-aktinolit dan grunerit dalam sekis. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).



Gambar 9.12 Kenampakan beberapa amfibol, berturut turut dari atas nephrit (atas) dan cummingtonite pada sekis (tengah) dan arfvedsonit (warna hijau tua) diantara feldspar pada alkaline granit. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

TREMOLITE-ACTINOLITE



Monoclinic

2V = 75°- 85°

Warna : Tidak berwarna sampai hijau muda.

Bentuk : Kristal prismatic panjang dan columnar sampai fibrous aggregate

Relief : Tinggi

Pleokrisme : Lemah

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$

Belahan : (110) dalam dua arah pada sudut 56° dan 124° . Paralel dengan panjang.

Birefringence : Sedang sampai agak kuat, terbawah atau di tengah orde kedua.

Kembaran : Fine polisintetik

Sudut pemadaman : Dalam sayatan longitudinal bervariasi dari 10° sampai 20° . Paralel, simetris.

Orientasi optis : Lenght-slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip

Catatan : Tremolite merupakan amphibole yang tidak berwarna, edenite menyerupai tremolite tetapi mempunyai sudut pemadaman yang besar. Tremolite-actinolite teralterasi menjadi talc. Tremolite-actinolite terdapat dalam metamorf kontak, schists dan gneiss dan batugamping metamorf, juga didapatkan sebagai pengganti pyroxene dalam batuan beku.

CUMMINGTOMITE



Monoclinic

$2V = 68^\circ - 87^\circ$

Warna : Tidak berwarna sampai hijau muda.

Bentuk : Kristal prismatic panjang dan columnar sampai fibrous aggregate subradial

Relief : Agak tinggi

Pleokrisme : Lemah

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$

Belahan : (110) dalam dua arah pada sudut 56° dan 124° . Paralel dengan panjang.

Birefringence : Sedang sampai agak kuat, terbawah atau di tengah orde kedua.

Kembaran : Fine polisintetik

Sudut pemadaman : Dalam sayatan longitudinal bervariasi dari 15° sampai 20° .

Orientasi optis : Lenght-slow

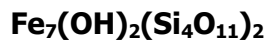
Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positip

Catatan : Cummingtonite kadang menyerupai grunerite. tetapi cummingtonite mempunyai sudut pemadaman yang lebih besar dan indeks bias yang lebih kecil, dan tanda optiknya yang positip. Dibedakan dengan tremolit dari tanda optiknya yang positip. Dan dibedakan

dengan anthophyllite dari sudut pepadamannya yang miring. Sangat umum ditemukan pada batuan metamorf.

GRUNERITE



Monoclinic

2V = 79° - 86°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : columnar sampai fibrous aggregate

Relief : Agak tinggi

Pleokrisme : Lemah

Indeks bias : n mineral > n balsam

Belahan : (110) dalam dua arah pada sudut 56° dan 124°. Paralel dengan panjang.

Birefringence : agak kuat

Kembaran : Kadang polisintetik

Sudut pepadaman : Dalam sayatan longitudinal bervariasi dari 10° sampai 15°

Orientasi optis : Lenght-slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip

Catatan : Memiliki sudut pepadaman yang sedikit lebih kecil dari cummingtonit. Didapatkan pada batuan metamorf, seperti pada mika sekis. Sering ditemukan bersama sillimanite.

NEPHRITE



2V = 79° - 85°

Warna : Tidak berwarna sampai abu-abu

Bentuk : Fibrous sampai fibro lamellar aggregate kristal prismatic tidak sempurna.

Relief : Tinggi

Pleokrisme : -

Indeks bias : n mineral > n balsam

Belahan : menyerupai termolite actinolite tetapi jarang yang jelas.

Birefringence : Sedang, dari abu-abu orde pertama sampai warna yang cerah di tengah orde kedua.

Kembaran : Kadang-kadang dijumpai

Sudut pemadaman : Bervariasi dari paralel sampai yang maksimum 10° sampai 20°

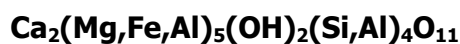
Orientasi optis : Length slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip

Catatan : Nephrite dibedakan dari Jadeite, dengan sudut pemadaman yang kecil dan indeks bias yang rendah. Nephrite kadang-kadang teralterasi menjadi talc. Nephrite umumnya terdapat dalam asosiasi dengan serpentine sebagai "kidneys" dalam struktur schistose.

HORNBLLENDE



Monoclinic

2V = 52° - 85°

Warna : Hijau atau coklat

Bentuk : Kristal prismatic

Relief : Agak tinggi

Pleokrisme : Kuat

Indeks bias : n mineral > n balsam

Belahan : (110) dalam dua arah pada sudut 56° dan 124°.

Birefringence : Sedang, di tengah orde kedua.

Kembaran : Agak umum.

Sudut pemadaman : Dalam sayatan longitudinal bervariasi dari 12° sampai 30°.

Orientasi optis : length slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip

Catatan : Hornblende berbeda dari augite dalam belahan, pleokrisme, dan sudut pemadaman. Hornblende coklat menyerupai biotite, tetapi biotite mempunyai belahan yang baik (satu arah) dan paralel sudut pemadamannya. Hornblende sangat umum didapatkan dan merupakan mineral yang tersebar luas dalam berbagai tipe batuan beku, juga dalam schiste, gneisse dan amphibolite.

LAMPROBOLITE

Ca,Mg,Fe,Al silicate

Monoclinic

2V = 64° - 80°

Warna : Kuning sampai coklat, seringkali dengan batas opak.

Bentuk : Kristal euhedral. Prismatic pendek.

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Agak kuat

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$

Belahan : (110) dalam dua arah pada sudut 56° dan 124°

Birefringence : Agak kuat sampai sangat kuat, orde tinggi.

Kembaran : Tidak nampak

Sudut pemadaman : Bervariasi dari 0° sampai 12°. Simetris

Orientasi optis : Length-slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatif

Catatan : Lamprobolite dibedakan dari hornblende coklat dengan sudut pemadaman yang kecil dan birefringence kuat. Kaerstutite adalah titanium amphibole yang berhubungan dengan lamprobolite. Lamprobolite terdapat dalam batuan vulkanik seperti andesite, auganite, basalt, basanite dan berhubungan dengan tuff.

RIEBECKITE

MaFe^{III}(SiO₃)₂·Fe^{II}SiO₃

Monoclinic

2V large

Warna : Biru tua

Bentuk : Kristal prismatic subhedral dan fibrous dan asbestiform aggregate.

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Kuat

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$

Belahan : (110) dalam dua arah pada sudut 56° dan 124°.

Birefringence : Sangat lemah

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Dalam sayatan memanjang kira-kira 5°, paralel.

Orientasi optis : Length-fast

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip

Catatan : Warna, pleokrisme yang sangat kuat adalah adalah ciri kas mineal ini. Riebeckite adalah ciri dari granite aplite, granite pegmatite, syenite, nepheline syenite dan trachyte. Dalam batuan ini sering berasosiasi dengan aegirine.

GLOUKOFAN

NaAlFeSilikat

Monoclinic

2V = 45°

Warna : Biru, violet.

Bentuk : Kristal euhedral. Prismatic pendek.

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Kuat

Indeks bias : n mineral > n balsam

Belahan : (110) dalam dua arah pada sudut 56° dan 124°

Birefringence : Agak kuat sampai sangat kuat, orde tinggi.

Kembaran : Tidak nampak

Sudut pemadaman : Bervariasi dari 4° sampai 6°. Simetris

Orientasi optis : Length-slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip

Catatan : Galukofan dibedakan dengan mineral amfibol lain karena warnanya biru-violet, 2V dan sudut pemadaman ang lebih kecil (lihat Tabel 9.3). Merupakan mineral penting pada batuan metamorf terutama pada fasies sekis biru.

9.1.8 Kelompok piroksen

Bersama kelompok amfibol, kelompok piroksen termasuk inosilikat. Perbedaan secara umum antara kelompok piroksen dan kelompok amfibol adalah :

- a. Kelompok piroksen: belahan 2 arah membentuk sudut tumpul (88° dan 92°), umumnya tidak berwarna, non pleokroik/pleokroisme lemah kecuali aegirin. Sudut pemadaman umumnya besar.
- b. Kelompok amfibol: belahan 2 arah membentuk sudut lancip (56° dan 124°), berwarna dan pleokroik. Sudut pemadaman umumnya kecil.

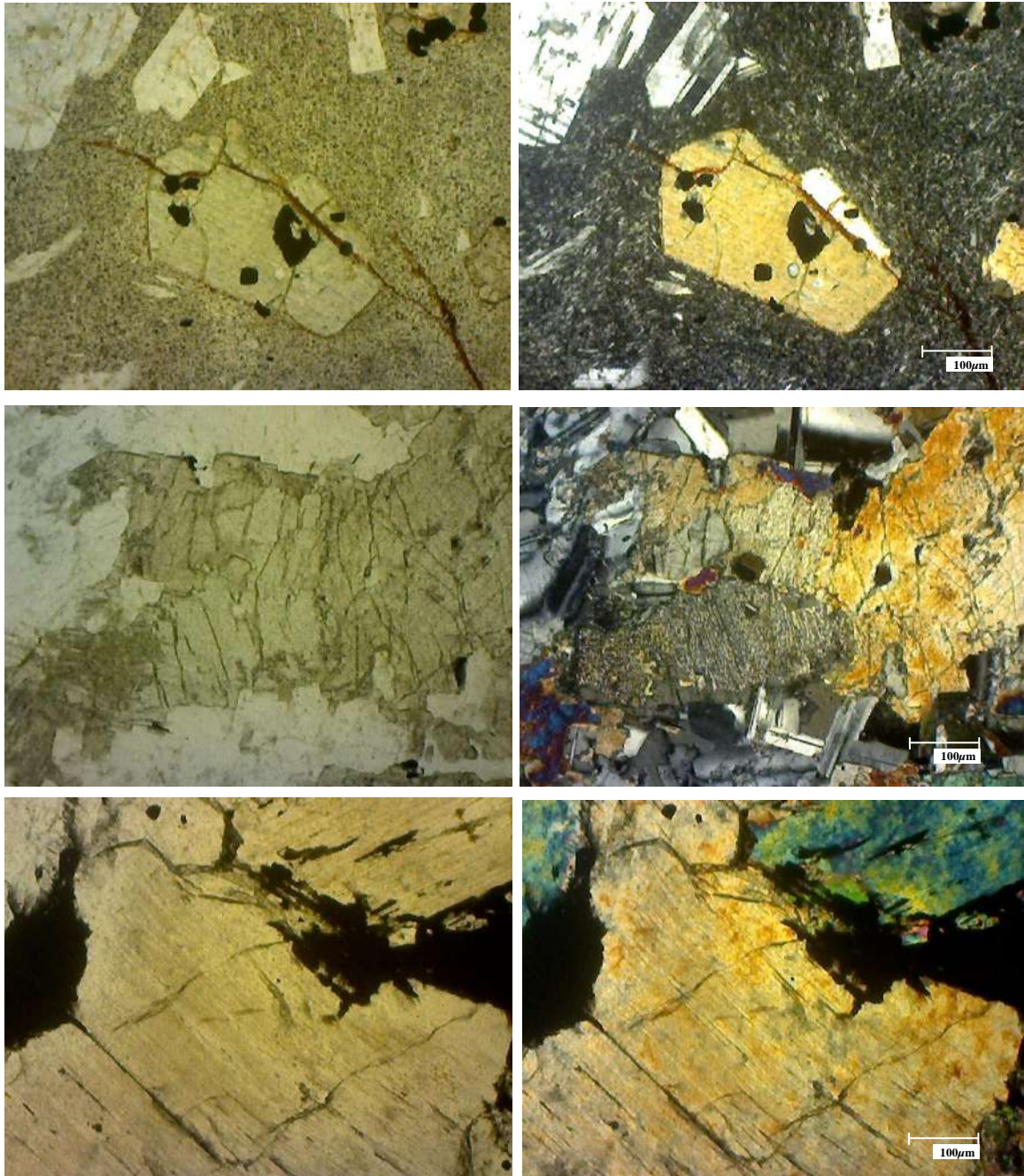
Kelompok piroksen dibagi menjadi orthopiroksen (enstatit dan hypersten) dan klinopiroksen (augit, diopsit, pigeonit, aegirin, hedenbergit, jadeit, spodumen, aegirin-augit, wolastonit). Pada kelompok orthopiroksen memperlihatkan sudut pemadaman paralel, sedang klinopiroksen memperlihatkan sudut pemadaman miring (dalam sayatan tertentu bisa memperlihatkan sudut pemadaman paralel). Kadang-kadang kita kesulitan dalam membedakan individu spesies pada setiap kelompok mineral. Namun demikian dengan melihat ciri-ciri optis dan asosiasinya, kita akan bisa membedakannya. Untuk membedakan antara enstatit dan hypersten dilihat dari tanda optiknya. Hypersten tanda optiknya negatif sedang enstatit positif. Sedangkan untuk membedakan setiap individu spesies dari klinopiroksen biasanya dengan sudut pemadaman, disamping dengan sifat optik lainnya, seperti warna.

Assosiasi mineral juga sangat penting dan sangat membantu didalam membedakan macam piroksen . Beberapa individu spesies akan hadir pada batuan tertentu dan akan hadir bersama mineral tertentu atau tidak mungkin hadir bersama mineral tertentu. Sebagai contoh adalah pada proses *unmixing* (solid solution tak sempurna), pigeonit akan tumbuh bersama dengan augit dan pigeonit akan berubah menjadi hypersten setelah mencapai titik inverse. Dengan demikian dalam satu batuan tidak mungkin pigeonit hadir bersama hypersten.

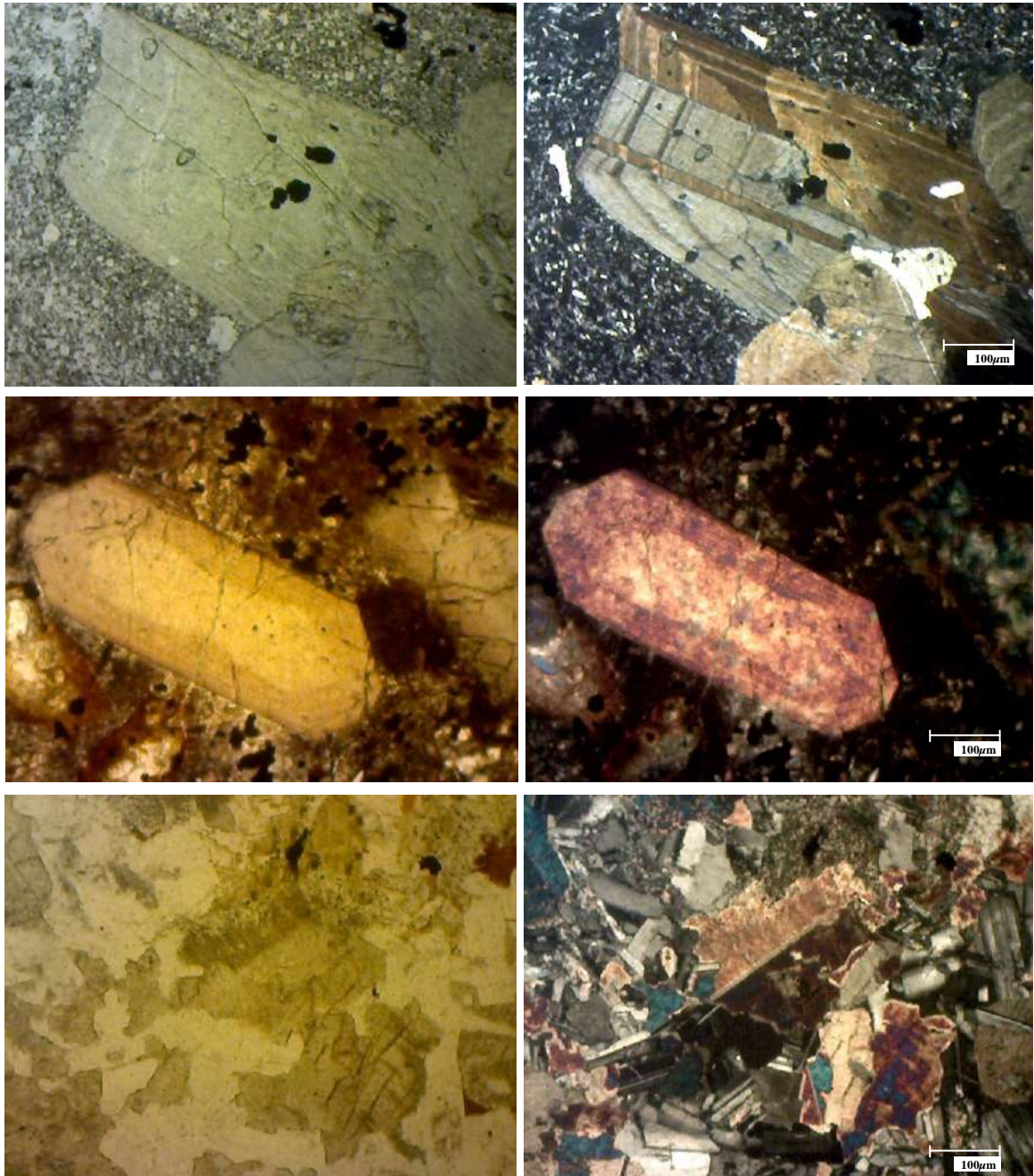
Enstatite sering dijumpai intergrowth dengan monoclinic pyroxene. Enstatite dibedakan dari hyperstene dengan tidak adanya pleokroisme dan dari monoclinic pyroxene, dengan sudut pemadaman yang paralel. Enstatite teralterasi menjadi antigorite. Pseudomorph antigorite dari enstatite disebut bastite. Enstatite adalah mineral ciri khas dari batuan beku subsilicic dan juga ditemukan dalam meteorite. Hypersten menyerupai beberapa macam andalusite, tetapi andalusite length-fast. Hypersten didapatkan dalam batuan beku, ciri utama dari norite, hypersten gabbro, andesite dan hypersthene granite yang dikenal sebagai charnockite.

Tabel 9.4 Ciri optik penting pada mineral kelompok piroksen.

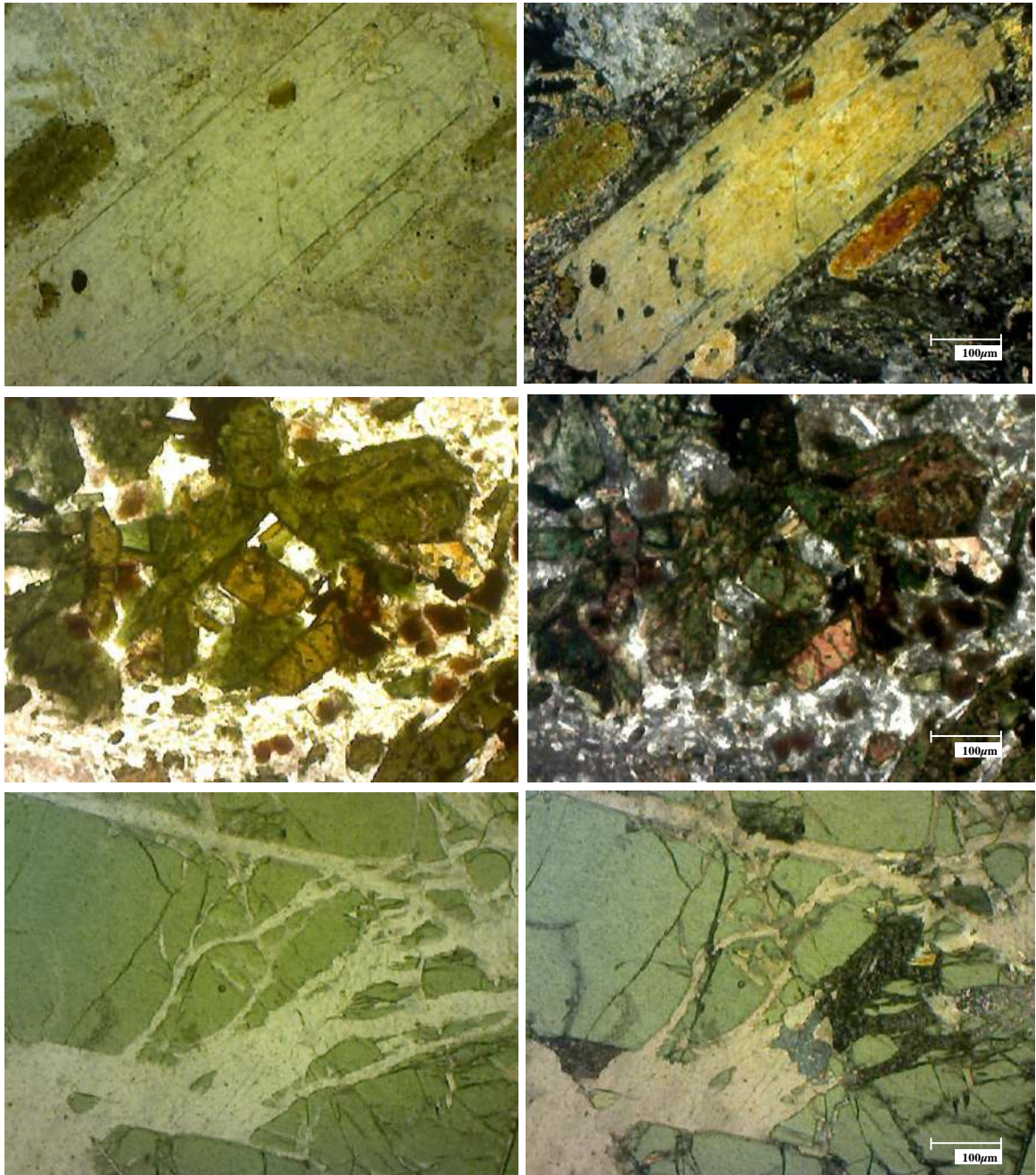
Mineral	Komposisi	Warna	Pleokroisme	BF	Orientasi Optik	Tanda Optik	2V	$C \wedge Z/X$
Enstatit	$MgSiO_3$	Tidak warna	Tidak ada	kuning1	LS	+	$50^\circ - 80^\circ$	paralel
Hipersten	$(Mg,Fe)SiO_3$	Hijau pucat Merah pucat	lemah	kuning- merah1	LS	-	$63^\circ - 90^\circ$	paralel
Augit	$Ca(Mg,Fe)(SiO_3)_2(Al,Fe)_2O_3 \cdot x$	Hijau pucat	Lemah	Sedang2	LF	+	$58^\circ - 62^\circ$	$36^\circ - 45^\circ$
Pigeonit	$mCaMg(SiO_3)_2$ $n(Mg,Fe)SiO_3$	Tidak warna	Lemah	Sedang2	LS	+	$0^\circ - 40^\circ$	$22^\circ - 45^\circ$
Diopsit	$Ca(Mg,Fe)(SiO_3)_2$	Tidak warna	lemah	Sedang2	LS	+	$58^\circ - 60^\circ$	$-37^\circ - (-44^\circ)$
Hedenbergit	$Ca(Fe,Mg)(SiO_3)_2$	Tidak warna Hijau pucat	lemah	Sedang ungu2	LF	+	60°	42°
Aegirin	$NaFe(SiO_3)_2$	Hijau Kuning coklat	kuat	Kuat- sangat3	LF	-	$60^\circ - 66^\circ$	$2^\circ - 10^\circ$
Aegirin-Augit		Hijau	Sedang	Sedang 2	LF	-/+	Ca. 60°	$-15^\circ - (-36^\circ)$
Jadeit	$NaAl(SiO_3)_2$	Hijau pucat	lemah	Sedang 2	LS	+	$70^\circ - 75^\circ$	$30^\circ - 44^\circ$
Wolastonit	$CaSiO_3$	Tidak warna	Tidak ada	Orange1	LS/LF	-	ca. 39°	miring



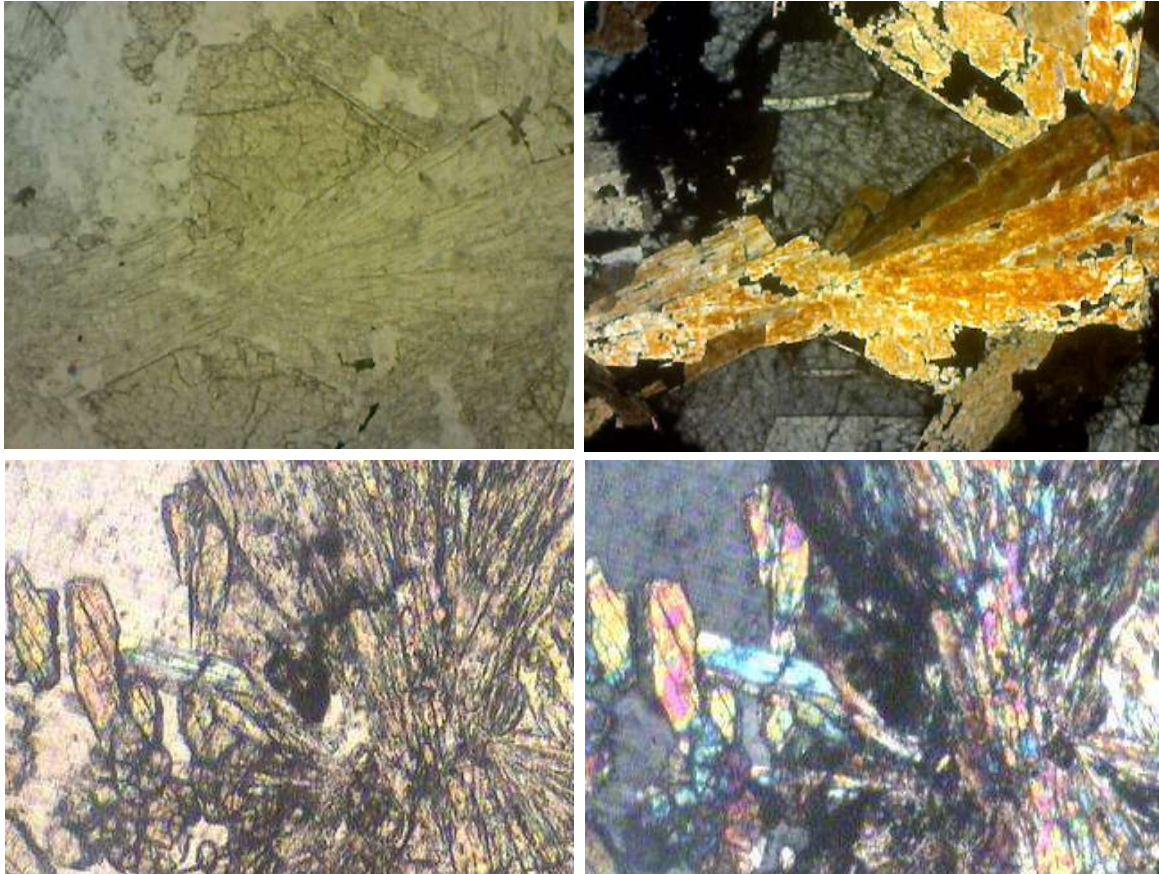
Gambar 9.13. Kenampakan beberapa piroksen, berturut-turut dari atas adalah hypersten pada basalt, Wonogiri, Jateng (atas), enstatite pada gabro (tengah) dan bronzit pada bronzit, Styria, Austria. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).



Gambar 9.14 Kenampakan fotomikroskopik augit pada basanit, Muria, Jepara (atas), titanaugit pada limburgit, Baden, Jerman (tengah) dan pigeonit pada diorite, Wonogiri, Jawa Tengah. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).



Gambar 9.15 Kenampakan beberapa piroksen, berturut-turut dari atas adalah hypersten, augit, diopsid dan pigeonit. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).



Gambar 9.16 Kenampakan wolastonit (atas) dan hedenbergit skarn di Big Gossan, Tembaga Pura (bawah). Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

ENSTATIT

MgSiO₃

Othorombic

2V = 50° - 80°

Warna : Tidak berwarna sampai netral.

Bentuk : Kristal prismatic. Inklusi-inklusi umum dan menghasilkan struktur schiler.

Relief : Tinggi.

Pleokroisme : Lemah.

Indeks bias : n mineral > n balsam

Belahan : (110) dalam dua arah pada sudut 88° sampai 92° paralel dengan (010).

Birefringence : Agak lemah, kuning muda orde pertama.

Kembaran : Jarang ada.

Sudut pemadaman : Paralel.

Orientasi optis : Length-slow.

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Positip.

HYPERSTHENE

(Mg,Fe)SiO₃

Orthorombic

2V = 63° - 90°

Warna : Netral sampai hijau muda atau merah muda.

Bentuk : Kristal subhedral prismatic.

Relief : Tinggi.

Pleokroisme : Lemah, kehijauan sampai kemerah muda-an.

Indeks bias : n mineral > n balsam

Belahan : Paralel dengan (110), (010) dan (100).

Birefringence : Agak lemah, kuning sampai merah orde pertama.

Kembaran : -

Sudut pepadaman : Paralel.

Orientasi optis : Length-slow.

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Negatip.

AUGITE

Ca(Mg,Fe)(SiO₃)₂(Al,Fe)₂O₃ x

2V == 58° - 62°

Warna : Hampir tidak berwarna, netral, coklat kehijauan muda atau keunguan muda.

Bentuk : Kristal prismatic pendek.

Relief : Tinggi.

Pleokroisme : Tidak ada sampai lemah.

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : (110) dalam dua arah pada sudut 87° dan 93°. Satu arah dalam sayatan longitudinal, paralel.

Birefringence : Sedang, kira-kira di tengah orde kedua.

Kembaran : Umum, polisintetik, kombinasi polisintetik yang dikenal sebagai struktur herringbone.

Sudut pepadaman : Bervariasi dari 36° sampai 45° (C^X).

Orientasi optis : Length Fast kadang-kadang length slow

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Positip.

Catatan : Augite sulit dibedakan dari diopside, tetapi diopside mempunyai sudut pemadaman yang kecil dan warna yang terang. Augite teralterasi menjadi hornblende yang terbentuk pada tahap magmatik akhir dan uralite atau tremolite actinolite sekunder yang terbentuk oleh alterasi hidrothermal. Augite mineral yang umum dalam batuan beku subsilicic seperti auganite, basalt, gabbro, limburgite, dan peridotite.

PIGEONITE



Monoclinic

$$2V = 0^\circ - 40^\circ$$

Warna : Tidak berwarna atau netral.

Bentuk : Kristal anhedral.

Relief : Tinggi.

Pleokroisme : Lemah.

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Dalam dua arah (110) pada sudut 87° dan 93°

Birefringence : Sedang, bervariasi dari yang terbawah sampai teratas orde kedua.

Kembaran : Polisintetik.

Sudut pemadaman : Bervariasi dari 22° sampai 45° .

Orientasi optis : slower ray.

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Positip.

Catatan : Mineral yang sering membuat kekeliruan dengan Pigeonite adalah augite, yang dapat dibedakan dari sudut sumbu optiknya yang kecil. Pigeonite sangat umum dalam batuan vulkanik basa, seperti dalam basalt, dolirite (diabase).

DIOPSITE



Monoclinic

$$2V = 58^\circ - 60^\circ$$

Warna : Tidak berwarna atau netral.

Bentuk : Kristal subhedral.

Relief : Tinggi.

Pleokroisme : Lemah.

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Dalam dua arah (no) pada sudut 87° dan 93°

Birefringence : Sedang, bervariasi dari yang terbawah sampai teratas orde kedua.

Kembaran : Polisintetik.

Sudut pemadaman : Bervariasi dari -37° sampai -44° (C^Z).

Orientasi optis : Slower- ray.

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Positip.

Catatan : Diopsit dibedakan dengan hedenbergite dari indeks biasanya yang kecil. Dari pigeonite dari sudut sumbu optiknya yang lebih besar. Diopsite sering teralterasi menjadi tremolit-actinolite. Diopsite umum hadir dalam batuan beku basa dan juga merupakan mineral kas pada metamorf kontak. Sering berasosiasi dengan wolastonit garnet dan tentu saja mineral silikat lainnya.

HEDENBERGITE



Monoclinic

$2V = 60^\circ$

Warna : Netral sampai kehijauan.

Bentuk : Columnar aggregate.

Relief : Sangat tinggi.

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$

Belahan : (110) dalam dua arah pada sudut 87° dan 93° .

Birefringence : Sedang, ungu orde pertama.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Dalam sayatan longitudinal kira-kira 42°

Orientasi optis : Faster ray.

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Positip

Catatan : Hedenbergite dibedakan dari diopside dan augite dengan indeks bias yang tinggi. Hedenbergite terdapat pada zona metamorf kontak, seringkali asosiasinya yang umum dengan bijih besi sebagai mineral skarn.

AEGIRINE - AUGITE

Monoclinic

2V = Ca. 60°

Warna : Hijau.

Bentuk : Kristal euhedral prismatik pendek.

Relief : Tinggi.

Pleokroisme : Sedang, kuning hijau sampai kehijauan.

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Dalam dua arah (110) pada sudut 87° dan 93°.

Birefringence : Teratas sampai di tengah orde kedua.

Kembaran : Umum.

Sudut pemadaman : Dalam sayatan longitudinal bervariasi dari -15° sampai -36°.

Orientasi optis : Length fast.

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Positif atau negatif.

Catatan : Aegirine augite menyerupai aegirine tetapi dapat dibedakan dari sudut pemadaman augite yang besar. Aegirine augite terdapat dalam batuan beku yang kaya soda seperti syenite trachyte, nepheline syenite, phonolite dan lain-lain.

AEGIRINE



Monoclinic

2V = 60° - 66°

Warna : Hijau, kuning kecoklatan.

Bentuk : Kristal prismatic.

Relief : Tinggi.

Pleokroisme : Kuat, hijau tua, hijau muda, kuning.

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : (110) dalam dua arah pada sudut 87° - 93°.

Birefringence : Kuat sampai sangat kuat, orde ketiga atau orde keempat.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Dalam sayatan longitudinal sangat kecil (dari 2° sampai 10°).

Orientasi optis : Length-fast.

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Negatip.

Catatan : Aegirine menyerupai beberapa amphibole tetapi dibedakan dengan sudut pemadaman yang kecil dan length fast.

Acmite adalah pyroxene yang erat hubungannya dengan aegirine, perbedaannya dari warnanya yang coklat. Aegirine meskipun mineral yang jarang tapi merupakan ciri dari batuan beku yang kaya soda seperti nepheline syenite, phonolite trachyte, syenite, soda granite, soda aplitite. Sering kali terdapat sebagai overgrowth dengan kristal aegirine augite.

JADEITE



Monoclinic

2V = 70° - 75°

Warna : Tidak berwarna sampai hijau.

Bentuk : Granular sampai columnar atau fibrous aggregate. Tekstur bervariasi dari fine sampai coarse grained. Kristal euhedral.

Relief : Agak tinggi.

Pleokroisme : Bervariasi.

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : (110) dalam dua arah pada sudut 87° dan 93°.

Birefringence : Sedang, orde kedua.

Kembaran : Kadang-kadang didapatkan.

Sudut pemadaman : Dalam sayatan longitudinal bervariasi dari 30° sampai 44°.

Orientasi optis : Length Slow.

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Positip.

Catatan : Jadeite dibedakan dari nephrite dengan sudut pemadaman yang besar dan indeks bias yang lebih besar. Dari diopside dengan sudut pemadaman yang kecil dan columnar.

Jadeite teralterasi menjadi tremolite actinolite. Jadeite hanya terdapat dalam batuan Jadeite (jadeitite).

WOLLASTONITE

CaSiO₃

Triclinic

2V = ca. 39°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Columnar atau fibrous aggregate

Relief : Tinggi

Pleokroisme : -

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : Paralel yang sempurna dengan (100), paralel yang kurang sempurna dengan (001) dan (102), dan yang tidak sempurna (101) dan (101).

Birefringence : Agak lemah, oranye orde pertama.

Kembaran : kadang-kadang ada

Sudut pepadaman : miring.

Orientasi optis: Length slow atau length fast

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatif.

Catatan : Wollastonite terdapat dalam zona metamorf kontak, dalam beberapa schists dan gneisse dan batu gamping yang terinklusi dalam batuan vulkanik (parawollastonite).

9.1.9 Kelompok Olivin

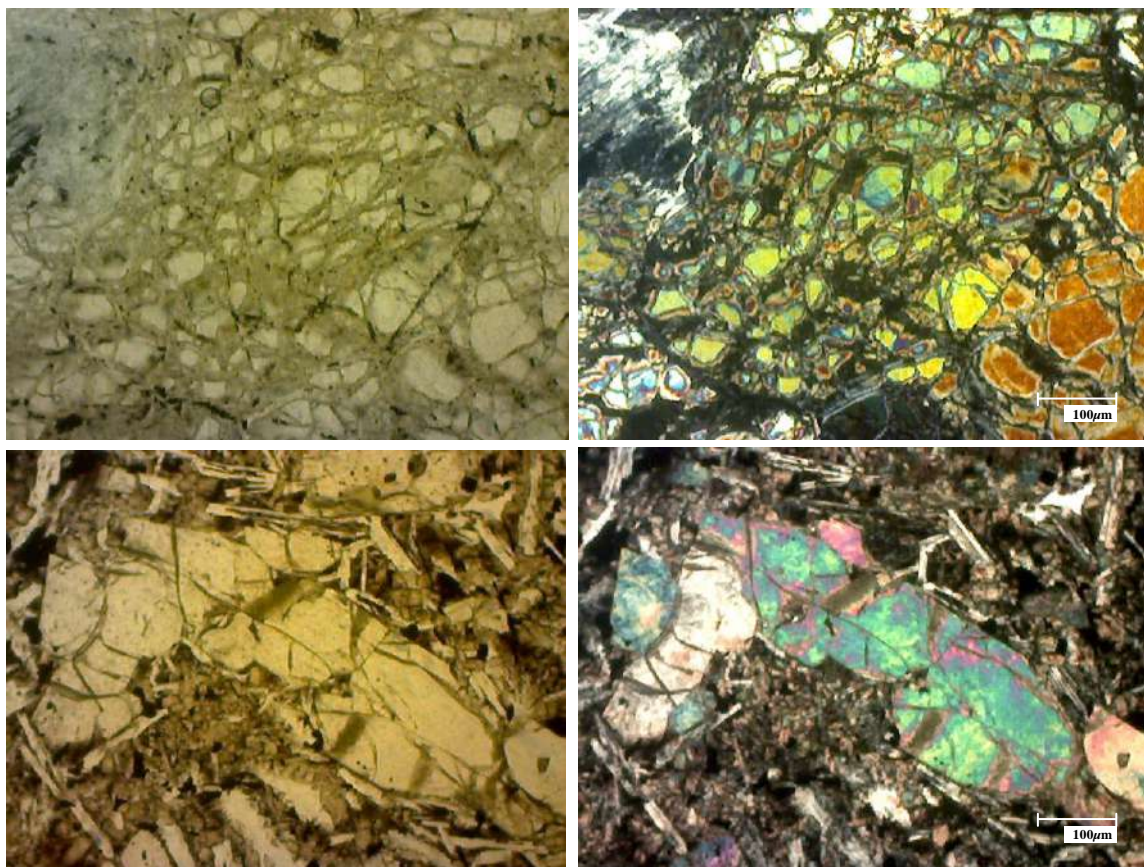
Mineral-mineral yang termasuk dalam kelompok ini diantaranya adalah olivine, forsterit, fayalit dan monticellit, secara umum mempunyai karakteristik indeks bias tinggi, relief tinggi, bias rangkap (BF) kuat, pecahan yang tidak teratur dan sudut optik (2V) yang besar (lihat tabel 9.5). Yang paling khas dari kelompok ini adalah pecahannya. Kelompok ini hampir selalu menampilkan pecahan, dan memperlihatkan relief yang tinggi. Jadi mudah untuk membedakan dengan kelompok lain terutama mineral penyusun batuan beku. Hal lain yang perlu diperhatikan, pada mineral olivin sumbu kristalografi c berimpit dengan arah getar sinar Y, sehingga orientasi mineral ini kurang banyak membantu dalam pemerian.

Olivin sangat umum hadir pada batuan beku basa, forsterit sering ditemukan pada batugamping yang telah mengalami metamorfosa dan metasomatosa (skarn) dan pada zona metamorfosa kontak. Fayalit ditemukan pada granit pegmatit, juga dalam beberapa urat-urat bijih. Monticellit adalah mineral metamorfosa kontak dan biasanya pada batugamping/ dolomit, tetapi kadang-kadang ditemukan juga pada batuan beku.

Tabel 9.5 Mineral yang termasuk kelompok olivine.

Mineral	Komposisi	Pembentukan	BF	Tanda Optik	2V	Warna
Olivine (Fo.Fa)	$(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$	Beku basa	Kuat	-/+	70-90°	—
Forstterite(Fo)	Mg_2SiO_4	Met kontak skarn	Kuat	+	85-90°	—
Fayalite (Fa)	Fe_2SiO_4	Pegmatik granit	Kuat	—	47-54°	Kuning pucat
Monticelite	CaMgSiO_4	Met kontak Alk basalt	Sedang	—	75-80°	—

Secara optis untuk membedakan spesies pada kelompok ini sangat susah. Kita bisa membedakan salah satunya dari sudut optik (2V) dan beberapa sifat optik lain. Monticellit mempunyai BF lebih lemah dibandingkan dengan yang lain. Forsterit mempunyai sumbu optis biaxial positif, sedangkan fayalit sumbu optiknya biaxial negatif. Disamping itu kita bisa memilah hanya dengan asosiasi batuan dimana mineral tersebut berada.



Gambar 9.17 Kenampakan olivine pada harzburgit, P. Bacan (atas) dan olivine pada basalt, Westerwald, Jerman. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

FORSTERITE



Orthorhombic

2V = 85° - 90°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal euhedral sampai subhedral

Relief : Tinggi

Pleokroisme : -

Indeks bias : n mineral > n balsam

Belahan : Fracture yang tidak teratur umum.

Birefringence : Kuat, teratas orde kedua.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Paralel

Orientasi optis : Length-slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positif

Catatan : Forsterite adalah olivine yang bebas besi dan menyerupai olivine biasa tetapi kadang-kadang indeks biasanya rendah. Forsterite sering teralterasi menjadi Phlogopite. Forsterite juga terdapat dalam zona metamorf kontak, asosiasinya dengan magnetite.

OLIVINE



Orthorhombic

2V = 70° - 90°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Anhedral dengan polygonal dan dalam phenocryst.

Relief : Tinggi.

Pleokroisme : -

Indeks bias : n mineral > n balsam

Belahan : Paralel yang tidak sempurna dengan (010), fracture yang tidak teratur umum.

Birefringence : Kuat, teratas orde kedua.

Kembaran : Kadang-kadang didapatkan.

Sudut pemadaman : Paralel.

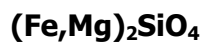
Orientasi optis : Length-slow/length-fast.

Sumbu optis : Dua (Biaxial)

Tanda optis : Positif, juga negatif.

Catatan : Mineral yang sering membuat kekeliruan dengan olivine adalah diopside, tetapi diopside mempunyai belahan yang baik, sudut pemadaman yang miring, dan kadang-kadang birefringence lemah. Hyalosiderite adalah olivine yang kaya besi, kira-kira 50% dari Fe_2SiO_4 . Olivine teralterasi menjadikan antigorite dan magnetite sekunder di sepanjang fracture yang tidak teratur. Olivine mineral yang umum dalam batuan beku subsilicic seperti basalt.

FAYALITE



Orthorhombic

$2V = 47^\circ - 54^\circ$

Warna : Tidak berwarna sampai kekuningan atau netral.

Bentuk : Euhedral, kristal anhedral.

Relief : Sangat tinggi.

Pleokroisme : Lemah.

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Tidak sempurna dalam satu arah (010).

Birefringence : Kuat.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Paralel.

Orientasi optis : Length-slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatif.

Catatan : Fayalite menyerupai olivine, tetapi dapat dibedakan dengan sudut sumbu optik yang kecil, indeks bias yang tinggi dan tanda optis yang negatif. Fayalite didapatkan dengan grunerite, sebagai hasil alterasi. Knetelite, meganite fayalite dan hortonolite adalah anggota yang di tengah dari olivine group dan sama dengan fayalite dalam sifat optisnya. Fayalite mineral yang agak jarang, berasosiasi dengan bijih besi.

MONTICELLITE



Orthorhombic

$2V = 75^\circ - 80^\circ$

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Granular aggregate dari kristal anhedral sampai subhedral, kristal prismatic euhedral.

Relief : Agak tinggi.

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Paralel yang tidak sempurna dengan (010).

Birefringence : Sedang, merah orde pertama.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Paralel

Orientasi optis : Length-slow.

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip.

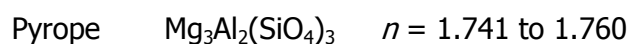
Catatan : Monticellite adalah mineral yang agak sulit dikenal karena tidak mempunyai sifat yang jelas. Monticellite menyerupai forsterite dan olivine tetapi mempunyai birefringence yang lemah, daripada lainnya. Monticellite adalah mineral metamorf kontak dari batugamping dan dolomit. Monticellite kadang-kadang juga didapatkan dalam batuan beku seperti ainoite, polzenite dan nepheline basalt.

9.1.10 Kelompok Garnet

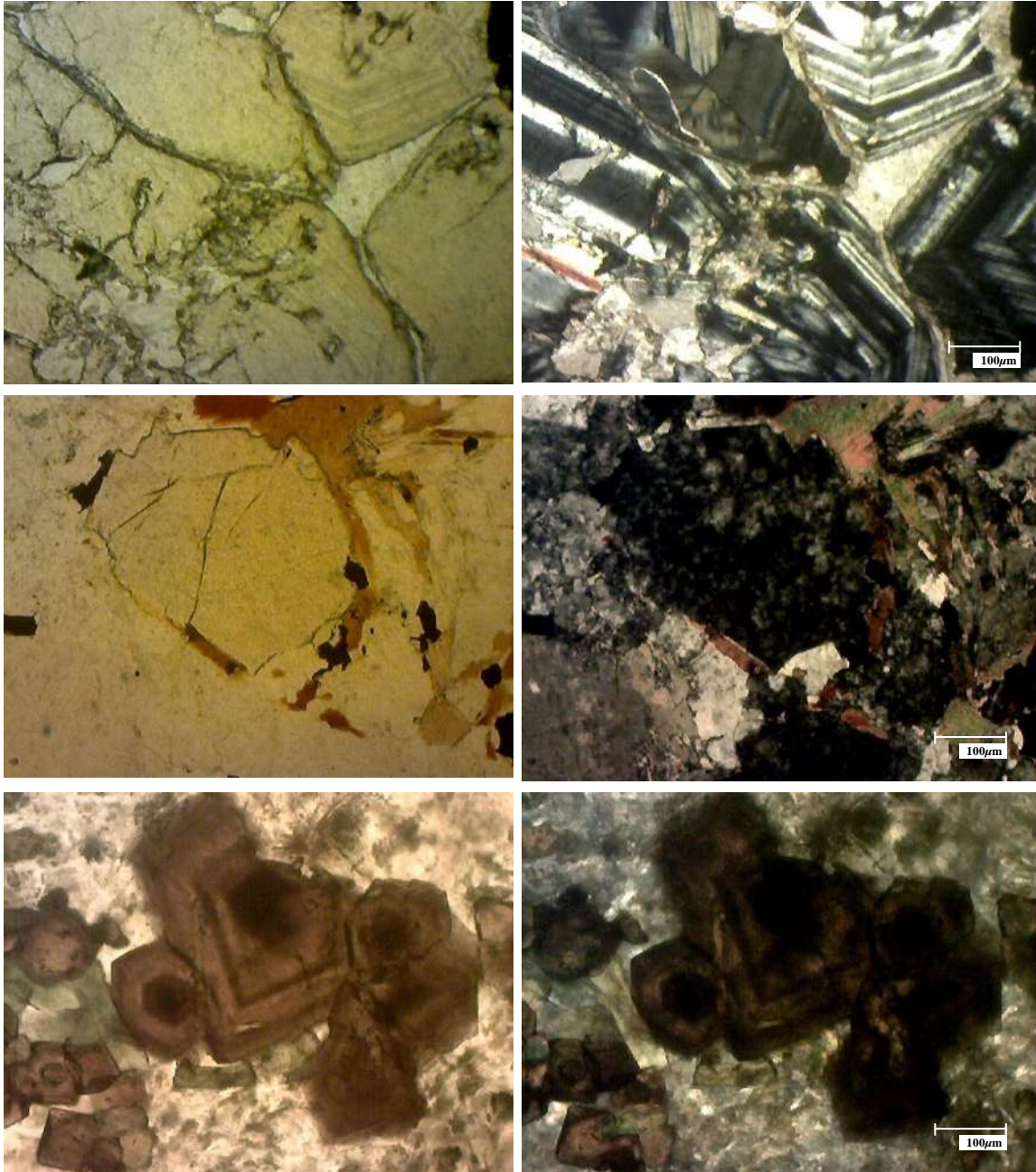
Ada 6 (enam) mineral yang termasuk keolompok ini, yaitu pyrope, Almandine, Spessartine, Uvarovite, Grossularite dan Andradite. Ciri optik yang kas dari kelompok garnet adalah berbentuk segi enam atau segi delapan, relief sangat tinggi, bias rangkapnya sangat lemah sampai isotropis. Disamping itu masing-masing spesies hadir pada batuan-batuan tertentu. Almandite sangat umum pada sekis dan genis.

Pyrope banyak didapatkan pada peridotite. Grossularite dan Andradite umum dijumpai pada zona metamorfosa kontak. Spessartite banyak terdapat pada pegmatit, kuarsit maupun sekis. Spesies yang paling jarang ditemukan adalah Uvarovite yang merupakan mineral sekunder dalam kromit. Spinel sering menyerupai Garnet, tetapi spinel mempunyai subsistim kristal oktahedral, sedang garnet adalah dodekahedral dan trapezohedral serta garnet mempunyai relief lebih tinggi (relief sangat tinggi). Garnet umumnya teralterasi menjadi chlorite.

Secara umum membedakan spesies yang terdapat dalam kelompok ini adalah sangat sulit. kecuali dengan indeks biasnya, seperti tertulis di bawah:



Almandite	$\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	$n = 1.778$ to 1.815
Spessartite	$\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	$n = 1.792$ to 1.820
Uvarovite	$\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$	$n = 1.838$ to 1.870
Grossularite	$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	$n = 1.736$ to 1.763
Andradite	$\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$	$n = 1.857$ to 1.887



Gambar 9.18 Zonasi andradite-grosularit pada skarn, Big Gossan Tembaga Pura (atas), almandin dalam kinzigite, Odenwald Jerman dan melanite pada fonolit, Sthuhl, Jerman (bawah). Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

Secara umum Garnet mempunyai ciri-ciri

Warna : Tidak berwarna, kemerahan muda, coklat muda sampai tua, abu-abu kehijauan.

Bentuk : Kristal dodecahedral euhedral dan l trapezohedral, polygonal grain aggregate.

Relief : Sangat tinggi

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Tidak ada, sebagian paralel dengan (110) Fracture tidak teratur .

Birefringence : Lemah sampai sangat lemah, isotropis.

9.1.11 Kelompok Silimanit

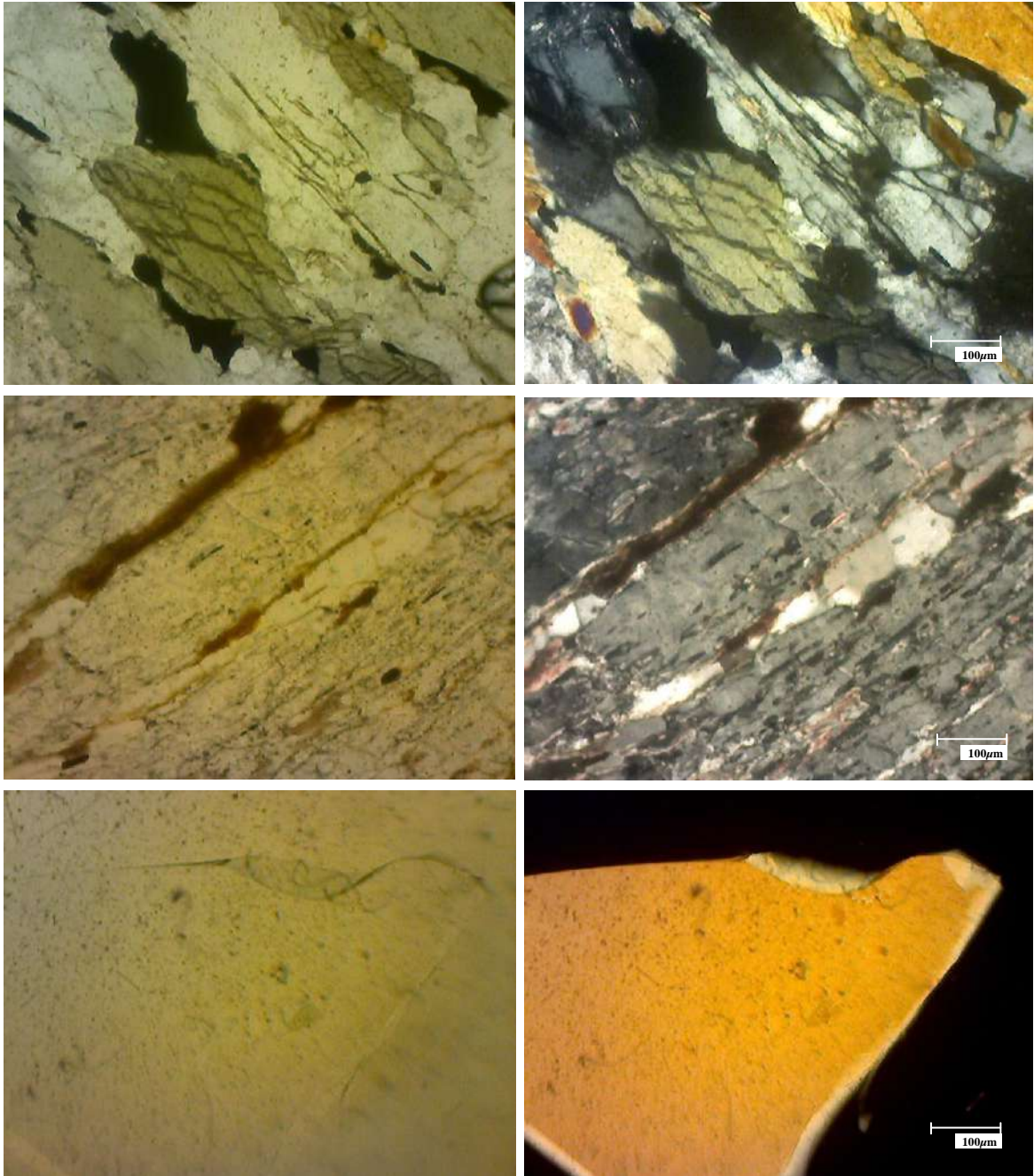
Keluarga ini terdiri dari Silimanit, Andalusit, Kyanit, Mulit, Dumortierit dan Topas. Yang paling penting dari keluarga ini adalah mineral-mineral silimanit, andalusit, dan kyanit yang merupakan "polymorphous" dari senyawa $\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2(\text{Al}_2\text{SiO}_5)$. Andalusit dibedakan dari silimanit dan kyanit dengan orientasi optiknya yang "length fast" dan bias rangkapnya yang lemah. Silimanit dibedakan dari kyanit karena sudut pemadamannya yang sejajar (kyanit mempunyai sudut pemadaman maksimum $C^Z = 30^\circ$) dan biasanya silimanit bentuknya berserabut panjang. Variasi warna pleokroisme andalusit menyerupai hypersthene, tetapi hypersthene length slow. Viridine adalah manganian andalusite dengan indeks bias tinggi dan birefringence kuat. Andalusite teralterasi menjadi sillimanite. Variasi chiastolite biasanya teralterasi menjadi sericite sepanjang garis yang dimasuki bahan carbonaceous. Andalusite terdapat dalam granite pegmatite dan pada vein bertemperatur tinggi.

Sillimanite dibedakan dari andalusite dengan ciri length-slow, birefringence kuat dan sudut sumbu kecil. Mullite hampir sama dengan sillimanite, kecuali indeks bias sillimanite lebih tinggi sedikit daripada mullite. Mullite terdapat dalam sedimen argillaceous yang didapatkan sebagai inklusi (xenolith) dalam intrusi batuan beku. Sillimanite didapatkan dalam gneisse, schist, slate, hornfels, dan batuan metamorf lainnya. Asosiasinya yang umum adalah corundum andalusite, kyanite, dumortierite dan cordierite. Dumortierite yang tidak berpleokroisme menyerupai sillimanite, tetapi Sillimanite length slow. Dumortierite teralterasi menjadi sericite. Dumortierite terdapat dalam granite pegmatite, schists, gneises dan batuan metamorf lainnya.

Kyanite terdapat dalam schiste dan gneisse, berasosiasi dengan quartz, muscovite, garnet staurolite dan rutile. Kyanite tidak pernah terdapat dalam batuan beku, juga

terdapat sebagai mineral detrital. Dibedakan dari keluarga sillimanite lainnya karena sudut pemadamannya yang miring.

Topaz menyerupai quartz tetapi relief tinggi, biaxial dan belahan sempurna. Alterasinya menjadi muscovite atau sericite adalah umum. Topaz terdapat dalam vein bertemperatur tinggi, dalam granite pegmatite dan kadang-kadang dalam rhyolite. Mineral yang sering berasosiasi adalah tourmaline fluoride.cassiterite dan muscovite.



Gambar 9.19 Kenampakan fotomikroskopik kyanit dalam genis (atas) dan andalusit dalam sekis, Dublin, Irlandia. Monomineral topas. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

ANDALUSIT



Orthorhombic

$2V = 71^\circ - 88^\circ (-)$

Warna : Tidak berwarna, kemerahan.

Bentuk : Kristal euhedral atau coarse columnar aggregate.

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Sedang.

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Pararel dengan (110).

Birefringence : Agak lemah, teratas kuning orde pertama.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Pararel, Simetris.

Orientasi optis : Length fast.

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip.

SILLIMANITE



Orthorhombic

$2V = 20^\circ - 30^\circ$

Warna : Tidak berwarna.

Bentuk : Kristal prismatic panjang, berserabut.

Relief : Tinggi

Pleokrisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Pararel dengan (010).

Birefringence : Sedang, biru, kuning kemerahan orde kedua.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Pararel dan simetris.

Orientasi optis : Length-slow

Sumbu optis : dua

Tanda optis : Positip.

KYANITE



Triclinic

2V = Ca. 82

Warna : Tidak berwarna sampai biru muda.

Bentuk : Plate tabular paralel dengan (100)

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Lemah

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : Paralel yang sempurna dengan (100), paralel yang kurang sempurna dengan (010), memotong (001) pada sudut 85° dengan panjang kristal.

Birefringence : Sedang, merah orde pertama.

Kembaran : Berulang-ulang.

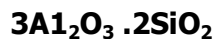
Sudut pemadaman : Sudut pada (100) kira-kira 30° dengan panjang kristal. Paralel atau hampir paralel.

Orientasi optis : Length Slow .

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip.

MULLITE



Orthorhombic

2V = 20°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal prismatic panjang

Relief : Agak tinggi

Pleokroisme : -

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : (010), jelas

Birefringence : Agak lemah, kuning orde pertama.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Paralel dan simetris.

Orientasi optis : Length-slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positip.

DUMORTIERITE



Orthorhombic

$$2V = 20^\circ - 40^\circ$$

Warna : Tidak berwarna sampai biru, merah jambu atau merah.

Bentuk : Kristal prismatic sampai acicular.

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Kuat

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Pararel yang tidak sempurna dengan panjang

Birefringence : Agak lemah sampai sedang, oranye orde pertama sampai biru orde kedua.

Kembaran : Kadang-kadang penetration trilling dengan (110).

Sudut pemadaman : Paralel.

Orientasi optis : Length fast

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip.

TOPAZ



Orthorhombic

$$2V = 48^\circ - 65^\circ$$

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal euhedral prismatic pendek, butiran anhedral, dan columnar aggregate.

Relief : Tinggi

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Sempurna dalam satu arah pararel dengan (001).

Birefringence : Agak lemah, kira-kira sama dengan quartz, abu-abu, putih atau kuning jerami orde pertama.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Paralel dan simetris.

Orientasi optis : length slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positip.

STAUROLITE



Orthorhombic

$$2V = 23^\circ - 50^\circ$$

Warna : Kuning muda

Bentuk : Kristal euhedral atau prismatic pendek

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Lemah

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Pararel dengan (010)

Birefringence : Agak lemah, kuning sampai merah orde pertama

Kembaran : Umum

Sudut pemadaman : Paralel, simetri

Orientasi optis : Length-slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positif.

Catatan : Warna kuning, pleokroisme yang kuat dan inklusi quartz adalah kenampakan yang sangat kas pada staurolit Staurolite didapatkan sebagai metacryst dalam batuan metamorf seperti schists, phyllite dan gneisse.

IDOCRASE



Tetragonal

Warna : Tidak berwarna sampai netral.

Bentuk : Kristal euhedral, columnar aggregate anhedral dengan polygonal, dan fine aggregate.

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Lemah

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Paralel yang tidak sempurna dengan (110).

Birefringence : Sangat lemah sampai lemah, abu-abu terbawah orde pertama, normal, hijau keabuan, ungu, biru tua.

Kembaran : -

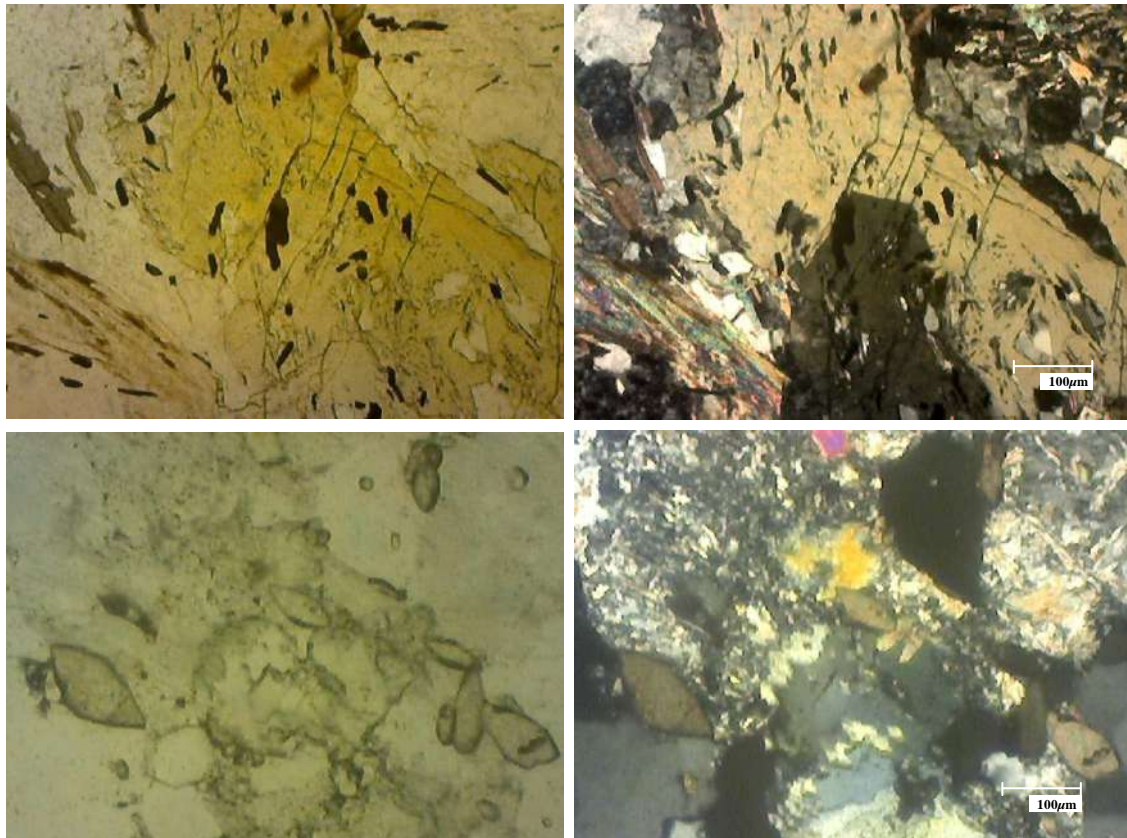
Sudut pemadaman : Paralel.

Orientasi optis : Length-fast dalam columnar aggregate.

Sumbu optis : Satu (uniaxial)

Tanda optis : Negatif.

Catatan : Idocrase anomalous menyerupai zoisite dan clinozoisite dan seringkali sulit dibedakan dari keduanya. Idocrase umumnya terdapat dalam zona metamorf kontak. Mineral asosiasinya adalah garnet, diopside, wollastonite, epidote, dan calcite. Idocrase juga didapatkan dalam asosiasi dengan sepiertine sebagai jenis pseudojade (colifornite).



Gambar 9.20 Kenampakan fotomikroskopik staurolit dalam sekis, Sudetes, Republik Ceko (atas) dan Sphene dengan bentuknya yang kas (belah ketupat), relief tinggi pada genis. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

SPHENE

CaTiSiO₅

Monoclinic

2V = 23°- 50°

Warna : Hampir tidak berwarna netral.

Bentuk : Kristal euhedral seperti belah ketupat atau irregular grain

Relief : Sangat tinggi

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Paralel dengan (221). Tidak paralel dengan garis luar kristal.

Birefringence : Ekstrim, Orde tinggi.

ZIRCON

ZrSiO₄

Tetragonal

Warna : Tidak berwarna sampai warna muda.

Bentuk : Kristal prismatic pendek, inklusi.

Relief : Sangat tinggi

Pleokroisme : Lemah, melingkar.

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Tidak ada.

Birefringence : Sangat kuat, orde keempat.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Paralel.

Orientasi optis : Length-slow.

Sumbu optis : Satu (uniaxial)

Tanda optis : Positif.

Catatan : Zircon dibedakan dari apatite dengan birefringence yang kuat dan relief yang tinggi. Zircon mineral yang tersebar luas dalam granite dan batuan beku berbutir kasar lainnya. Zircon juga terdapat dalam batuan metamorf.

AXINITE

H(Fe,Mn) Ca₂Al₂B(SiO₄)₄

Triclinic

2V = 70° - 75°

Warna : Tidak berwarna sampai ungu muda

Bentuk : Kristal anhedral, inklusi.

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Lemah

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Tidak sempurna.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Miring.

Orientasi optis : -

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatif.

Catatan : Axinite tidak begitu jelas dan sulit dikenal. Birefringencinya sama dengan quartz, tetapi indeks bias tinggi dan sumbu optisnya biaxial sedangkan quartz uniaxial. Axinite terdapat dalam batuan calcareous zone metamorf kontak. Axinite juga didapatkan dalam granite dan granite pegmatite.

IDDINGSITE

MgO Fe₂O₃.3SiO₂.4H₂

Orthorhombic

2V = 25° - 60°

Warna : Coklat

Bentuk : Sebagian atau semua pseudomorph, memperlihatkan struktur lamellar.

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Sedang sampai kuat.

Indeks bias : $n_{\text{aineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Tiga arah (100), (001), (010).

Birefringence : Kuat, orde ketiga.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Paralel.

Orientasi optis : -

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positif atau negatif.

Catatan : Warna coklat kemerahan dan struktur lamellar merupakan ciri iddingsite. Iddingsite teralterasi menjadi limonite. Iddingsite didapatkan di dalam basalt dan basalt porphyrie sebagai hasil alterasi olivine.

9.1.12 Kelompok Epidot

Kelompok Epidot merupakan kalsium aluminium silikat, yang terdiri dari zoisit, klinozoisit, epidot, piemontit, allanit, lawsonit dan pumpellite. Zoisit merupakan mineral yang agak jarang didapat dalam batuan metamorf, sedang klinozoisit lebih umum. Klinozoisit dibedakan dari zoisit dengan sudut sumbu optiknya (2V) yang lebih besar. Klinozoisit dibedakan dari epidot dengan bias rangkapnya yang lebih lemah, kurang

pleokroik dan bertanda optik positif. Piemontit mempunyai warna yang khas yaitu kemerahan, sehingga mudah dibedakan dengan individu lainnya dari kelompok ini.

Ferrian zoisite (length fast atau length slow) dibedakan dari clinozoisite dengan interference color yang normal. Non ferrian zoisite (length fast) dibedakan dari clinozoisite dengan sudut sumbu yang kecil dan interference color yang biru tua anomalous. Zoisite adalah mineral yang agak jarang terdapat dalam batuan metamorf. Clinozoisite lebih umum daripada zoisite.

Epidote dibedakan dari clinozoisite dan zoisite dengan birefringence yang kuat dan dari diopside dan augite dengan sudut pemadaman yang paralel. Epidote adalah mineral yang umum dan tersebar dalam berbagai tipe batuan beku dan metamorf. Dalam batuan beku biasanya mineral deuterik atau magmatik akhir. Epidote mineral yang dominan dalam epidosite, batuan epidote-quartz metamorf. Epidote agak umum sebagai mineral detrital.

Clinozoisite kadang-kadang menyerupai lawsonite, tetapi dibedakannya dari interference color yang lain. Prehnite juga sering membuat kekeliruan dengan lawsonite, tetapi birefringencinya tinggi. Ciri terdapatnya lawsonite adalah dalam batuan metamorf seperti glaucophane schists, juga didapatkan dalam gabbro dan diorite sebagai hasil metamorfisme awal. Asosiasinya yang umum dari lawsonite adalah muscovite, glaucophane, garnet dan sphene.

Piedmontit mempunyai warna dan pleokrisme tertentu dan beragam yaitu kuning, oranye, merah, ungu. Piedmontite terdapat sebagian besar dalam schiste dan gneisse, juga dalam alterasi quartz porphyrie. Allanite dibedakan dari hornblende coklat dengan sudut pemadaman yang paralel dan belahan dalam satu arah. Allanite terdapat dalam granite, syenite, granite pegmatite dan gneisse.

ZOISITE

$\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3(\text{OH})(\text{SiO}_4)_3$

Orthorhoabic

$2V = 30^\circ - 60^\circ$

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Columnar aggregate, tetapi kristal euhedral tidak umum.

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Lemah

Indeks bias : n mineral > n balsam

Belahan : Sempurna dalam satu arah (010).

Birefringence : Lemah sampai sedang

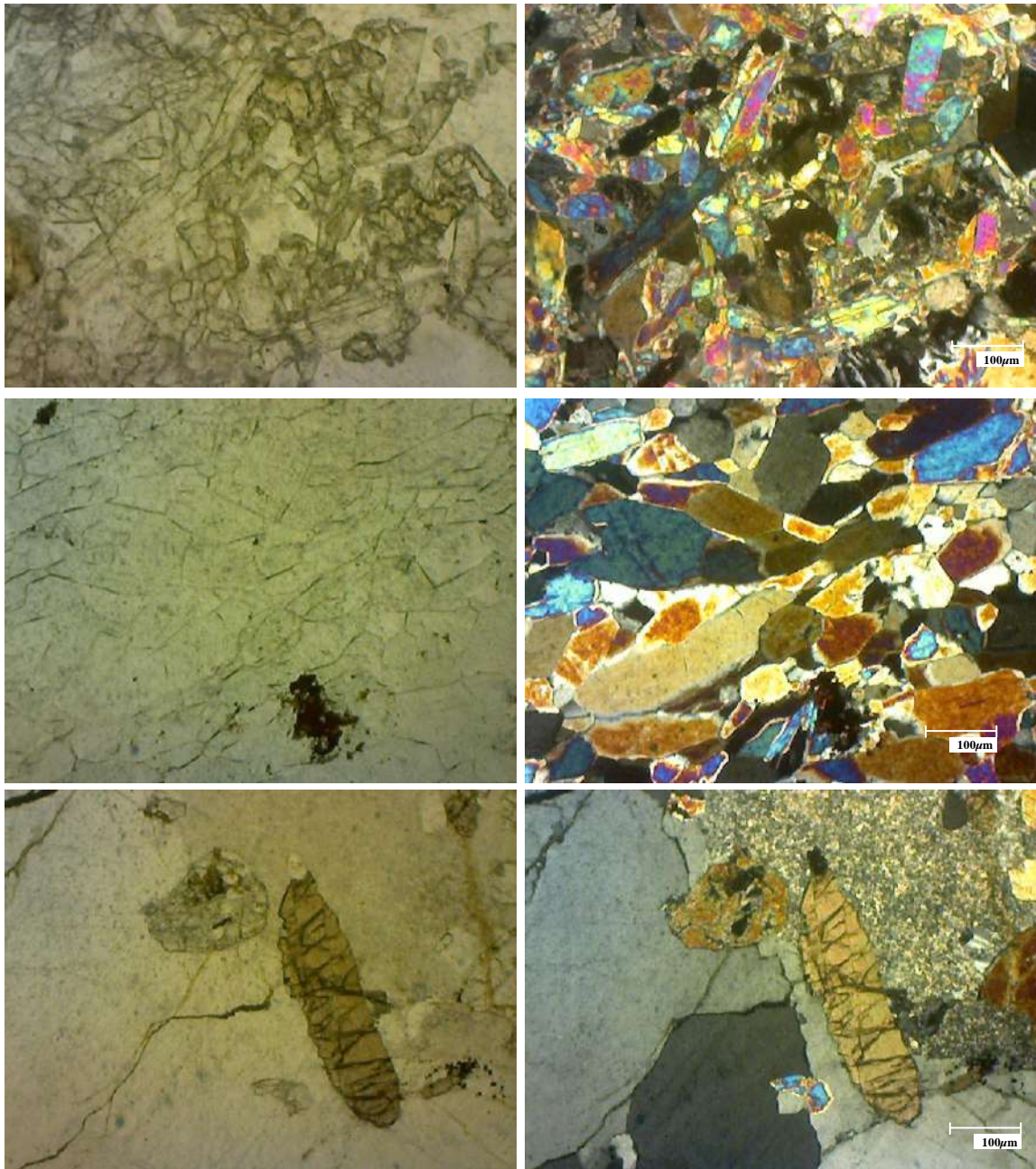
Kembaran : Polisintetik

Sudut penadaman : Paralel

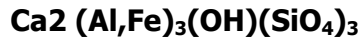
Orientasi optis : Length fast atau length slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positip



Gambar 9.21 Kenampakan fotomikroskopik Epidote pada zona alterasi propilitik, Selogiri (atas) dan clinozoisit pada sekis (tengah) dan piedmontit pada augen genis. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

EPIDOTE**Monoclinic** **$2V = 69^\circ - 89^\circ$**

Warna : Tidak berwarna sampai hijau kekuningan.

Bentuk : Granular sampai columnar aggregate.

Relief : Tinggi.

Pleokroisme : Tidak ada

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$

Belahan : Sempurna dalam satu arah (001)

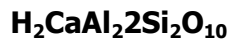
Birefringence : Sedang sampai kuat, dari terbawah orde kedua sampai teratas orde ketiga.

Kembaran : Tidak umum.

Sudut pepadaman : Paralel.

Orientasi optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatif.

LAWSONITE**Orthorhombic** **$2V = 84^\circ$**

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal euhedral

Relief : Agak tinggi

Pleokroisme : Lemah

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Paralel yang baik dengan (010) dan (001), paralel yang jelas dengan (110).

Birefringence : Sedang, biru orde kedua.

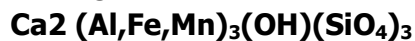
Kembaran : Polisintetik, dua arah, kadang-kadang melengkung.

Sudut pepadaman : Paralel dan simetris.

Orientasi optis : Length Slow

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positif.

PIEMONTITE**Monoclinic** **$2V = 56^\circ - 86^\circ$**

Warna : Kuning, oranye, merah, ungu.

Bentuk : Menyerupai epidote

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Kuat

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$

Belahan : Dalam satu arah (001).

Birefringence : Sangat kuat, orde tinggi

Kembaran : -

Sudut pemandangan : Paralel.

Orientasi optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positip.

ALLANITE



Monoclinic

2V = large

Warna : Coklat

Bentuk : Sama dengan epidote

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Kuat, coklat muda ke coklat tua.

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$

Belahan : Paralel yang tidak sempurna dengan (001).

Birefringence : Agak kuat.

Kembaran : Sama dengan epidote

Sudut pepadaman : Paralel

Orientasi optis : Sulit ditemukan

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatip

9.1.13 Kelompok Tourmalin-Beryl-Cordierit

Mineral-mineral yang termasuk kelompok ini mempunyai struktur cincin. Termasuk didalamnya adalah mineral tourmalin, beryl dan cordierite.

Tourmalin mempunyai warna bervariasi dari tidak berwarna, abu-abu netral, biru gelap kuning tua, hijau zaitun, dengan struktur zonal. Tourmalin Fe (schorlite)

berkembang maksimum dalam granite pegmatite, juga terdapat dalam tourmaline granite, greisen, dan vein bertemperatur tinggi, berasosiasi dengan cassiterite. Schorlite merupakan mineral tourmalin yang menunjukkan absorpsi paling kuat. Tourmalin Mg (dravite) terdapat dalam batugamping metamorf (skarn), juga dalam schists, sedangkan tourmaline alkali (elbaite) terdapat dalam granite pegmatite, asosiasinya lepidolite, albite.

Beryl menyerupai apatite, tetapi apatite mempunyai indeks bias yang tinggi. Dengan quartz dibedakannya dengan ciri length fast dan tanda optisnya yang negatif. Beryl teralterasi menjadi kaolin. Ciri terdapatnya beryl adalah dalam granite pegmatite, juga dalam mica shists dan vein dalam batu gamping, asosiasinya dengan albit.

Cordierite adalah satu mineral yang mudah dikelirukan dengan quartz. Cordierite teralterasi menjadi sericite (pinite), chlorite, talc. Cordierite tipe mineral metamorf. Didapatkan dalam gneise dan schists seringkali pada kontak dengan batuan beku persilicic. Asosiasinya yang umum adalah Sillimanite. Merupakan mineral khas pada hornfels.

TOURMALINE GROUP

Schorlite (Iron Tourmaline)

Dravite (Magnesium Tourmaline)

Elbaite (Alkali Tourmaline)

Hexagonal

Warna : Schorlite abu-abu netral, biru gelap kuning tua, zaitun, Struktur zonal. Dravite tidak berwarna sampai kuning Elbaite tidak berwarna.

Bentuk : Schorlite kristal prismatic dan columnar atau fibrous radiating aggregate. Elbaite spherulitic aggregate. Dravite kristal yang besar umumnya.

Relief : Tinggi

Pleokroisme : Sedang

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Tidak ada tetapi fracture yang tidak teratur umum.

Birefringence : Sedang sampai kuat (schorlite), atau sedang (dravite dan elbaite).

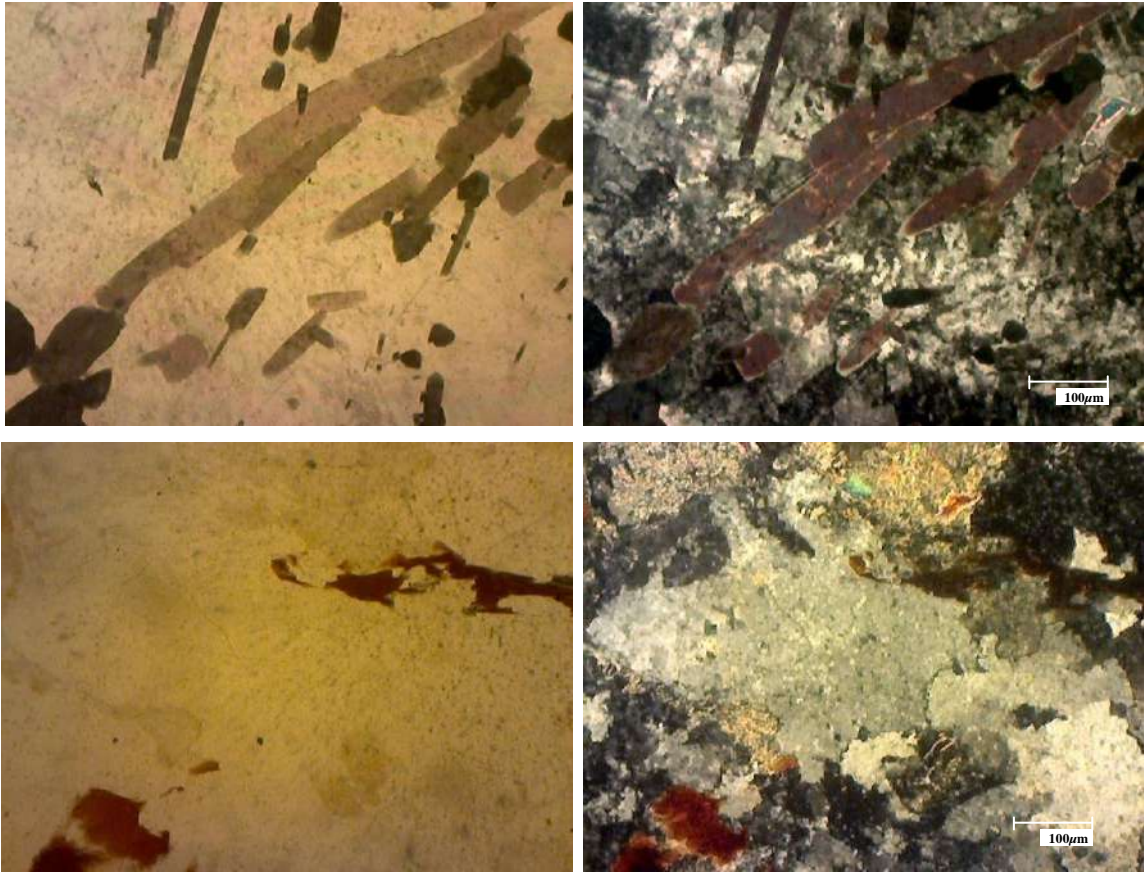
Kembaran : -

Sudut pemadaman : Paralel.

Orientasi optis : Length fast

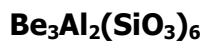
Sumbu optis : Satu (uniaxial)

Tanda optis : Negatif.



Gambar 9.22 Kenampakan fotomikroskopik tormalin dalam alkalin granit (atas) dan cordieirt pada genis, Bavarian, Jerman. Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

BERYL



Hexagonal

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal prismatic yang besar, kadang-kadang kecil.

Relief : Sedang

Pleokroisme : Lemah

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Pararel yang tidak sempurna dengan (0001).

Birefringence : Lemah, abu-abu, putih, kuning jerami, orde pertama.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Paralel.

Orientasi optis : Length-fast

Sumbu optis : Satu (uniaxial)

Tanda optis : Negatip.

CORDIERITE
 $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$
Orthorhombic
2V = 40° - 80°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal pseudoheksagonal prismatic pendek, anedral dan anedral aggregate.

Relief : Rendah.

Pleokroisme : Sedang.

Indeks bias : n mineral < (atau) > n balsam.

Belahan : Paralel yang tidak sempurna dengan (010). Sebagian paralel dengan (001).

Birefringence : Agak lemah, kira-kira sama dengan quartz, kuning jerami orde pertama.

Kembaran : Kembar penetration dengan (110) sebagai bidang kembar, atau polisintetik.

Sudut pemadaman : Paralel .

Orientasi optis : Length Fast

Sumbu optis : Negatif

9.2 Mineral-Mineral Karbonat

Karbonat adalah kelompok yang sangat penting dan dapat ditemukan hampir pada setiap jenis batuan, serta bisa ditemukan pada daerah yang luas. Semua mineral dalam kelompok ini mengandung anion (CO_3^{2-}).

Kelompok karbonat ini dapat di bagi lagi menjadi tiga (sub)kelompok yang penting yaitu kelompok kalsit, kelompok dolomit, dan kelompok aragonit (Nesse, 1991) (lihat tabel 9.6). Kelompok aragonit dibedakan dari dua kelompok lainnya karena sistem kristalnya orthorombik, sedangkan kelompok kalsit dan dolomit mempunyai sistem kristal heksagonal (rhombohedral). Karena perbedaan sistem kristal tersebut kita bisa membedakan kelompok aragonit dari yang lain dari sumbu optiknya, belahannya dan bentuknya.

Tabel 9.6 Mineral-Mineral kelompok karbonat

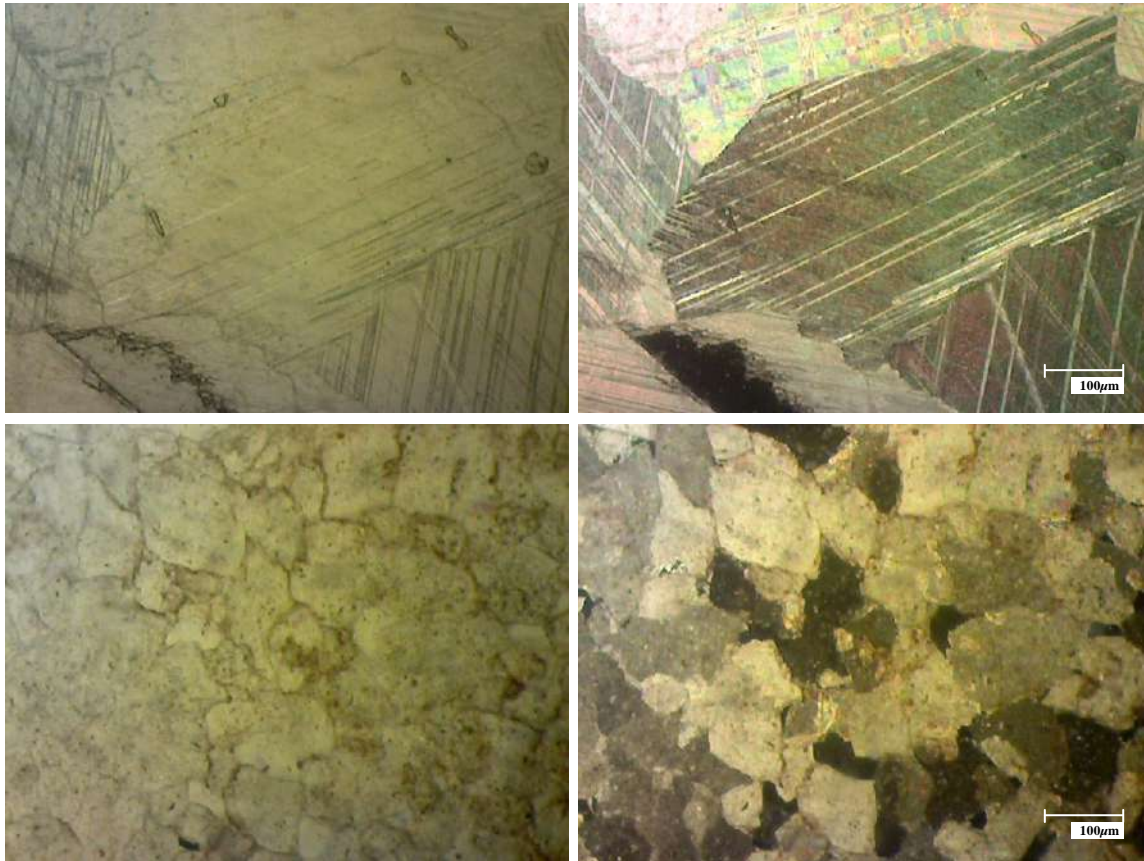
Kelompok Kalsit	Kelompok Dolomit	Kelompok Aragonit
Kalsit ($CaCO_3$)	Dolomit $CaMg(CO_3)_2$	Aragonit $CaCO_3$
Magnesit ($MgCO_3$)		Witherit $BaCO_3$
Siderit $FeCO_3$	Ankerit $Ca(Mg,Fe)(CO_3)_3$	Strontianit $SrCO_3$
Rhodokrosit $MnCO_3$	Kutnohorit $CaMn(CO_3)_2$	

Sedangkan antara kalsit dan dolomit walaupun berbeda dalam proporsi kationnya, sebenarnya secara optik sangat susah dibedakan. Walaupun demikian ada beberapa sifat optik yang bisa dipakai untuk membedakan kalsit dan dolomit (lihat tabel dibawah).

Tabel 9.7 Perbedaan sifat optik kalsit dan dolomit

Sifat Optik	Kalsit	Dolomit
Bentuk Kembaran	Umum subhedral – anhedral Sejajar atau miring terhadap diagonal panjang. Atau paralel terhadap batas belahan rombohedral	Umum euhedral Kadang-kadang sejajar dengan diagonal pendek atau diagonal panjang
Warna	Tak berwarna	Kadang-kadang berkabut dan ada pengotoran oksida besi

Kalsit seringkali digantikan oleh quartz, dalam quartz Vein. Terdapat dalam batugamping, batuan metamorf, juga tipe batuan lainnya. Mineral sekunder yang umum dalam rongga batuan beku, berasosiasi dengan zeolite. Dolomite umumnya subhedral sampai euhedral dan kembaran lamellae paralel, siderite umumnya ada noda besi disekitar batas butiran dan relief tinggi. Dolomite mineral yang sangat umum terdapat dalam vein dan endapan replacement, batuan dolomite, batugamping dan batuan dolomite metamorfik. Magnesite sangat sama dengan dolomite dan kalsite, untuk membedakannya dengan pasti diperlukan test kimia. Magnesite mineral yang umum dalam serpentine. Siderite terdapat dalam vein atau endapan replacement dengan asosiasi umumnya quartz. Mineral sekunder dalam rongga dari basalt. Aragonite, merupakan mineral karbonat yang tidak stabil, sering teralterasi menjadi kalsit yang merupakan bentuk yang stabil dari *calcium carbonate*. Aragonite terdapatnya dalam rongga basalt dan andesite juga dalam batugamping, batupasir dan kadang-kadang dalam batuan metamorf.



Gambar9.23 Kenampakan fotomikroskopik kalsit (atas) dan dolomite (bawah). Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

KALSIT



Hexagonal

Warna : Tidak berwarna, seringkali berkabut.

Bentuk : Umumnya anhedral-subhedral

Relief : Bervariasi, tinggi

Pleokroisme : -

Indeks bias : -

Belahan : Rhombohedral yang sempurna(1011). umumnya berpotongan pada sudut 75°.

Birefringence : Ekstrim, abu-abu mutiara.coklat, orde tinggi.

Kembaran : Polisintetik

Sudut Pemadaman : Simetris dengan arah belahan.

Orientasi optis : Sulit ditentukan.

Sumbu optis : Satu (Uniaxial)

Tanda optis : Negatif

MAGNESITE



Hexagonal

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal aggregate anhedral sampai subhedral,

Relief : Tinggi.

Pleokroisme : -

Indeks bias : -

Belahan : Rhombohedral yang sempurna (1001).

Birefringence : Ekstrim, coklat muda orde tinggi.

Kembaran : -

Sudut Pemadaman : Simetris.

Orientasi optis : -

Sumbu optis : Satu (uniaxial).

Tanda optis : Negatif.

DOLOMITE



Hexagonal

Warna : Tidak berwarna sampai abu-abu.

Bentuk : Fine sampai coarse grain, umurnya sub-euhedral, berstruktur zonal.

Relief : bervariasi. Rendah sampai tinggi.

Pleokroisme : -

Indeks bias : -

Belahan : Rhombohedral paralel yang sempurna dengan (1011), umumnya dua garis berpotongan pada sudut miring.

Birefringence : Ekstrim, abu-abu mutiara. coklat muda atau putih, orde tinggi.

Kembaran : Polisintetik

Sudut Pemadaman : Simetris.

Orientasi optis : -

Sumbu optis : Megatif.

Tanda optis : -

SIDERITE
FeCO₃
Hexagonal

Warna : Tidak berwarna sampai abu-abu dan bisa kekuningan atau coklat. Bintik coklat karena alterasi.

Bentuk : Fine sampai coarse aggregate, kristal anhedral sampai euhedral. Berstruktur oolitic, spherulitic dan colloform.

Relief : Bervariasi, tinggi sampai sedang.

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Rhombohedral yang sempurna.

Birefringence : Ekstrim, coklat muda, abu-abu mutiara atau putih orde tinggi.

Kembaran : Lamellae paralel.

Sudut Pemadaman : Paralel, simetri.

Orientasi optis : -

Sumbu optis : -

Tanda optis : Satu (uniaxial).

ARAGONITE
CaCO₃
Orthorombic
2V = 18°

Warna : Tidak berwarna.

Bentuk : Struktur columnar atau fibrous.

Relief : Bervariasi, dari rendah sampai tinggi.

Pleokroisme : -

Indeks bias : -

Belahan : Paralel yang tidak sempurna dengan panjang kristal.

Birefringence : Ekstrim, coklat muda, abu-abu mutiara atau putih orde tinggi.

Kembaran : Kadang-kadang

Sudut Pemadaman : Paralel .

Orientasi optis : Length Fast

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Negatif.

9.3 Mineral-Mineral Sulfat

Ada puluhan mineral sulfat yang ditemukan di alam. Tetapi hanya sebagian kecil yang telah dianalisa sifat-sifat optiknya, diantaranya barit, celestite, anhidrit, gypsum, polyhalite dan jarosite.

Barite menyerupai celestite, tetapi sudut sumbu optiknya lebih kecil. Barite mineral vein yang utama, asosiasinya yang umum quartz dan calcite juga terdapat dalam batugamping dan batupasir. Celestite terdapat dalam batugamping sedimenter dimana lebih umum daripada barite. Anhydrite dibedakan dari gypsum oleh relief yang tinggi dan birefringence yang kuat. Anhydrite sering teralterasi menjadi gypsum. Anhydrite terdapat dalam lapisan sedimen, dalam salt dome dan sering didapatkan mineral ubahan hidrotermal temperature tinggi pada zona potasik. Gypsum mudah dibedakan dari anhydrite dengan relief yang rendah dan birefringence yang lemah. Gypsum adalah mineral utama dalam batu gypsum, yang mana dibentuk oleh hidrasi dari anhydrate. Gypsum terdapat dalam vein hidrotermal dan diantara butir-butir anhydrite, juga batuan sedimen yang terbentuk pada lingkungan transisi, mineral asosiasinya yang umum adalah calcite, dolomite dan halite.

BARITE

BaSO₄

Orthorhombic

2V = 36°-37 1/2°

Warna : Tidak berwarna.

Bentuk : Granular aggregate.

Relief : Tinggi.

Pleokroisme : -

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : Dalam tiga arah.

Birefringence : Agak lemah, kuning atau orange orde pertama.

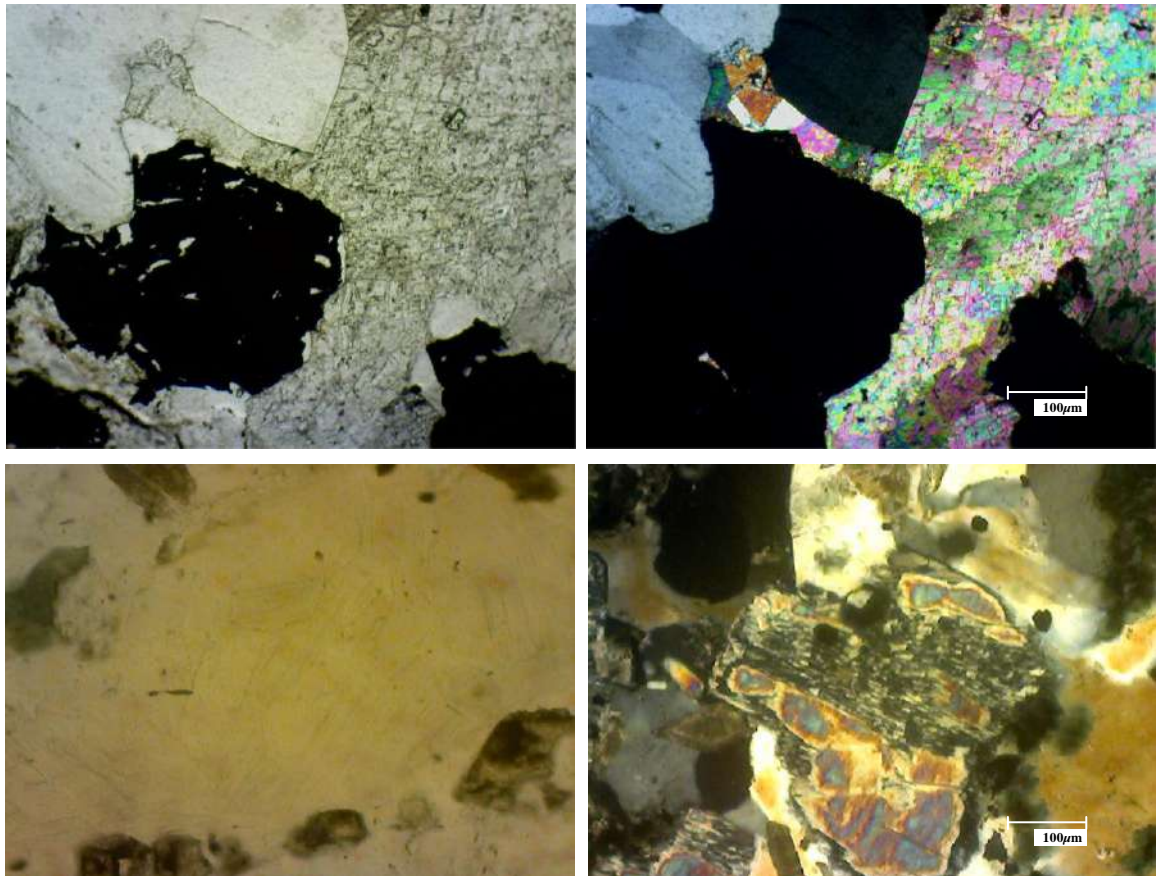
Kembaran : Polisintetik.

Sudut Pemadaman : Paralel, simetris.

Orientasi optis : Slower ray

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Positif.



Gambar 9.24 Kenampakan fotomikroskopik anhidrit pada zona potasik endapan porfiri Cu-Au, Selogiri (atas) dan gipsum yang mengganti sebagian tubuh anhidrit pada endapan skarn Big Gossan, Tembaga Pura (bawah). Semua fotomikroskopik sebelah kiri dalam posisi nikol sejajar (*plane polarized light*), sedangkan foto kanan posisi nikol silang (*crossed polarized light*).

CELESTITE
SrSO₄
Orthorombic
2V = 51°

Warna : Tidak berwarna.

Bentuk : Kristal euhedral sampai anhedral, kadang-kadang fine granular

Relief : Fair

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$.

Belahan : Paralel yang sempurna dengan (001). paralel yang tidak sempurna dengan (110).

Birefringence : Agak lemah, putih atau kuning jerami.

Kembaran : -

Sudut Pemadaman : Paralel.

Orientasi optis : Length Slow (sb a = sb Z).

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Positif.

ANHYDRITE

CaSO₄

Orthorombic

2V = 42°

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Fine sampai medium grained aggregate atau kristal anhedral sampai subhedral.

Relief : Sedang.

Pleokroisme : -

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : Dalam tiga arah pada sudut paralel.

Birefringence : Kuat, hijau orde tiga.

Kembaran : Polisintetik.

Sudut pemadaman : Paralel

Orientasi optis : -

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Positif.

GYPSUM

CaSO₄.2H₂O

Monoclinic

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Aggregate anhedral sampai subhedral, fibrous.

Relief : Rendah.

Pleokroisme : -

Indeks bias : n mineral < n balsam.

Belahan : sempurna satu arah, paralel, yang tidak sempurna dengan (100) dan (111).

Birefringence : Agak lemah, putih atau kuning jerami.

Kembaran : Polisintetik

Sudut Pemadaman : Paralel

Orientasi optis : Length Slower atau Length Fast

Sumbu optis : Dua (biaxial)

Tanda optis : Positif.

POLYHALITE



Triclinic

2V = ca. 70°

Warna : Tidak berwarna sampai kemerahan. Warna kemerahan oleh karena hematitic pigmen.

Bentuk : Granular atau struktur fibrous.

Relief : Rendah.

Pleokroisme : -

Indeks bias : n mial > n balsam.

Belahan : Paralel.

Birefringence : Sedang, biru orde kedua.

Kembaran : Polisintetik.

Sudut Pemadaman : Miring.

Orientasi optis : -

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Negatif.

Catatan : Polyhalite menyerupai gypsum. Polyhalite terdapat dalam lapisan garam, asosiasinya yang umum halite, sylvite, magnesite dan anhydrite.

JAROSITE



Hexagonal

Warna : Tidak berwarna sampai coklat.

Bentuk : Aggregate kristal dan kadang - kadang kristal euhedral.

Relief : Sangat tinggi.

Pleokroisme : -

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : Jelas dalam satu arah.

Birefringence : Ekstrim.

Kembaran : -

Sudut Pemadaman : Paralel atau simetris.

Orientasi optis : -

Sumbu optis : Satu (uniaxial)

Tanda optis : Negatif.

Catatan : Jarosite teralterasi menjadi limonite. Jarosite adalah mineral umum dalam zona oksidasi terbawah dari endapan bijih, kadang - kadang didapatkan dalam batuan beku vulkanik sebagai mineral hidrotermal terakhir.

9.4 Mineral-mineral pospat

MONAZITE



Warna : Tidak berwarna sampai netral.

Bentuk : Kristal euhedral.

Relief : Sangat tinggi.

Pleokroisme : -

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : Paralel.

Birefringence : Kuat sampai sangat kuat, orde ke tiga teratas sampai terbawah orde keempat.

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Kecil (2° sampai 10°).

Orientasi optis : Length slow.

Sumbu optis : Dua (biaxial).

Tanda optis : Positif.

Catatan : Monazite terdapat dalam pegmatite granite dan bisa ditemui dalam vein.

APATITE



Hexagonal

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal prismatic.

Relief : Sedang.

Pleokroisme : -

Indeks bias : n mineral > n balsam.

Belahan : Paralel yang tidak sempurna dengan panjang kristal.

Birefringence : Lemah, abu-abu sampai putih orde pertama, gelap..

Kembaran : -

Sudut pemadaman : Paralel.

Orientasi optis : Length fast, untuk kristal yang tabular length slow.

Sumbu optis : -

Tanda optis : Negatif.

Catatan : Apatite sebagai mineral accesory dalam batuan beku, juga dalam pegmatite vein yang bertemperatur tinggi. Juga sering berasosiasi dengan cellophane dalam batuan pospat.

COLLOPHANE



Mineraloid

Warna : Coklat muda sampai coklat tua, coklat kekuningan, abu-abu, tidak berwarna.

Bentuk : Massive, oolitic atau colofom dalam butiran dan fragmen. Struktur organik bone, mollusca, brachiopoda, crinoid; bryozoan atau coral.

Relief : Sedang.

Pleokroisme : -

Indeks bias : $n_{\text{mineral}} > n_{\text{balsam}}$

Belahan : Tidak ada. Fracture yang tidak teratur dibagian tepinya.

Birefringence : Isotropik tetapi lemah.

Kembaran : -

Sudut Pemadaman : -

Orientasi optis : -

Sumbu optis : -

Tanda optis : -

Catatan : Cellophane menyerupai opal, tetapi $n_{\text{opal}} < n_{\text{balsam}}$. Cellophane sering digantikan oleh calcite, kadang oleh quartz, chalcedone atau opal. Terdapat dalam batugamping phosphat sedimen, batuan phosphat dan nodule phosphat.

DAFTAR PUSTAKA.

- Yudith B. M., Hadi Sutomo, Soekardi M., 1982. Mineral Optik, Pusat Penerbitan Fakultas Teknik UGM.
- Kerr P. F., 1977. Optical Mineralogy, McGraw Hill Book Company Inc. New York, Toronto, London.
- Mackenzie W. S. and C. Guilford , 1980. Atlas of Rock-Forming Minerals in Thin Section, Halsted Press, London
- Nesse William D., 1991. Introduction to Optical Mineralogy, Oxford University Press, Second Edition, New York Oxford
- Perkins D. And Henke K.R. 2000. Mineral in Thin Section, Prentice –Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Phillips W.R., 1971. Mineral Optics, Principles and Techniques, W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Roger A. F., 1942. Optical Mineralogy, McGraw Hill Book Company Inc., New York and Toronto.
- Wahlstrom E.E., 1960, Optical Crystallography, John Wiley & Sons Inc., New York and London.

ISBN : 978-602-19765-7-9

