

**ANALISIS MORFOLOGI BUTIR, KOMPOSISI MINERAL, DAN
KADAR LOGAM PADA ENDAPAN PLASER EMAS DI
BANTIMURUNG, KAB. PANGKEP, SULAWESI SELATAN**

***ANALYSIS OF GRAIN MORPHOLOGY, MINERAL
COMPOSITION, AND METAL CONCENTRATION OF GOLD
PLACER IN BANTIMURUNG AREA,
PANGKEP DISTRICT, SOUTH SULAWESI***

**ANGGA AL-AMIN HUSAIN
D062 19 1 006**



**PROGRAM STUDI MAGISTER (S2) TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR
2022**

**ANALISIS MORFOLOGI BUTIR, KOMPOSISI MINERAL, DAN
KADAR LOGAM PADA ENDAPAN PLASER EMAS DI
BANTIMURUNG, KAB. PANGKEP, SULAWESI SELATAN**

***ANALYSIS OF GRAIN MORPHOLOGY, MINERAL
COMPOSITION, AND METAL CONCENTRATION OF GOLD
PLACER IN BANTIMURUNG AREA,
PANGKEP DISTRICT, SOUTH SULAWESI***

**ANGGA AL-AMIN HUSAIN
D062 19 1 006**



**PROGRAM STUDI MAGISTER S2 TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2022

**ANALISIS MORFOLOGI BUTIR, KOMPOSISI MINERAL, DAN
KADAR LOGAM PADA ENDAPAN PLASER EMAS DI
BANTIMURUNG, KAB. PANGKEP, SULAWESI SELATAN**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Teknik Geologi

Disusun dan diajukan oleh

ANGGA AL-AMIN HUSAIN

D062 19 1 006

kepada

PROGRAM MAGISTER TEKNIK GEOLOGI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

TESIS

ANALISIS MORFOLOGI BUTIR, KOMPOSISI MINERAL, DAN KADAR LOGAM
PADA ENDAPAN PLASER EMAS DI BANTIMURUNG, KAB. PANGKEP,
SULAWESI SELATAN

ANGGA AL-AMIN HUSAIN

D062 19 1 006

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Program Teknik Geologi Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
pada tanggal 11 Agustus 2022
dan dinyatakan telah **memenuhi syarat kelulusan**

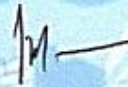
Menyetujui

Pembimbing Utama



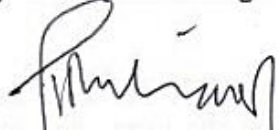
Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T.
NIP. 19700606 199412 2 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Irzal Nur, M.T.
NIP. 19660409 199703 1 002

**Ketua Program Studi
Magister Teknik Geologi**



Dr. Eng. Meutia Farida, S.T., M.T.
NIP. 19731003 200012 2 002

**Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin**



Prof. Dr. Eng. Ir. Muh. Isran Ramli, S.T., M.T.
NIP. 19750926 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "**Analisis Morfologi Butir, Komposisi Mineral, dan Kadar Logam Pada Endapan Plaser Emas di Bantimurung, Kab. Pangkep, Sulawesi Selatan**" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (**Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T** sebagai Pembimbing Utama dan **Dr. Ir. Irzal Nur, M.T** sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di **Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology (JGEET), Volume 7, No. 02, Hal. 39-48, DOI.ORG/10.25299/JGEET.2022.7.2.9164** sebagai artikel dengan judul "**Analysis of Grain Morphology, Mineral Composition, and Ore Grade on Gold Placer Deposits in Bantimurung, Pangkep Regency, South Sulawesi, Indonesia**".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 22 Agustus 2022



ANGGA A. HUSAIN
NIM D062 19 1 001

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan atas hidayah Allah SWT yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan *science masterpiece* ke-2 ini. Selawat serta salam dihaturkan kepada baginda Rasulullah SAW sang pemimpin dan sang revolusioner yang telah memimpin umat manusia menuju zaman yang berjihad dalam menuntut ilmu dan memperjuangkan kebenaran.

Dinamika yang dilalui dalam menyelesaikan karya ini merupakan proses kedewasaan yang tak ternilai secara materi. Oleh karena itu, penulis menyampaikan hormat, terimakasih dan kasih sayang kepada Dr. Ir. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T. selaku Pembimbing I yang telah mendidik penulis selama proses penyusunan tesis; Dr. Ir. Irzal Nur, M.T. selaku Pembimbing II telah mengajar dan mendidik penulis selama proses penyusunan tesis. Prof. Dr.Eng. Ir. Adi Maulana, S.T., M.Phil.; Prof. Dr. Eng. Ir. Asri Jaya, S.T., M.T.; selaku tim penguji serta Dr. Ir. Hj. Ratna Husain L, M.T. Ketua Program Studi Magister Teknik Geologi yang terhormat serta Bapak-Ibu dosen yang telah membagi ilmu dan pengetahuan selama proses kuliah berlangsung.

Prof. Drs. H. Mohamad Nasir, Ak., M.Si. Ph.D, Menteri Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (RISTEKDIKTI) 2014-2019 atas bantuan beasiswa dalam menyelesaikan studi ini; dan drg. Hj. Andi Fauziah Pujiwatie Hatta, S.K.G. Komisi IX Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia (DPR-RI) 2014-2019 atas rekomendasi beasiswa Masyarakat Pendukung Pendidikan (MPP) 2019.

Keluarga Besar Ayahanda Alm. Prof. Ir. Muh. Hamsun Husain, M.Agr.Sc., Ph.D., dan Keluarga Besar Ibunda Ir. Syukriah Thaha, M.M. tercinta saya mengucapkan limpah terima kasih dan sembah sujud atas doa, pengorbanan dan memotivasi mereka selama saya menempuh pendidikan. Adinda Putri Saviera Quaralia tersayang atas motivasi yang kamu berikan kepada kakak Angga. Keluarga Besar Drs. Muh. Erlan dan Farida Sulaiman serta Kanda Erfan Saputra, S.E. dan Adinda Erfina Fardiani, S.E. tersayang dukungan yang tak ternilai.

Akhirnya Erfani Firdayanti, S.E. tercinta, istriku yang telah berkorban waktu, keringat, tenaga, dan materi tetap senantiasa mendampingi dan mendukung dalam proses penyelesaian penyusunan tesis ini.

Kesempurnaan itu hanya milik Allah SWT, jikalau ada kesalahan itu semata-mata dari penulis namun, *tidak ada yang sempurna tapi jangan biarkan ke-tidak-sempurna-an itu berlalu begitu saja.*

Penulis

Angga AL-Amin Husain

ABSTRAK

ANGGA AL-AMIN HUSAIN. **Analisis Morfologi Butir, Komposisi Mineral, dan Kadar Logam Pada Endapan Plaser Emas di Bantimurung, Kab. Pangkep, Sulawesi Selatan** (dibimbing oleh Ulva Ria Irfan dan Irzal Nur).

Berdasarkan hasil peninjauan lapangan didapatkan informasi bahwa aktivitas penambangan ini sudah berlangsung selama puluhan tahun, dengan produktivitas mencapai 10gram perhari, dengan jumlah penambangan yang cukup banyak tersebar di sepanjang sungai. Walaupun penambangan rakyat telah lama dilakukan, sebelumnya belum pernah dilakukan kajian pada lokasi studi di daerah Bantimurung, Kecamatan Tondong Tallasa, Kabupaten Pangkep. Berdasarkan uraian tersebut studi terkait kadar logam dan morfologi butir penting dilakukan pada prospek ini agar sumber mineralisasi dapat diketahui. Sampel plaser yang telah dikumpul dengan metode stream sediment dipreparasi menjadi sayatan tipis dan poles dan diamati menggunakan mikroskop untuk mengidentifikasi komposisi mineral dan morfologi butir. Mineral logam yang teridentifikasi dalam studi ini adalah *cassiterite*, *covellite*, *magnetite*, *sphalerite*, *tennantite*, dan *gold* serta *silver*, *chalcopyrite*, and *pyrite* yang melimpah, mineral transparan yang teridentifikasi *quartz*, *plagioclase*, *biotite*, and *pyroxenes*. Secara morfologi mineral transparan dan logam sangat angular – sub-rounded kecuali emas dengan morfologi sangat angular, hal ini mengindikasikan sumber endapan relative dekat dari studi area yaitu intrusi diorite di sisi tenggara lokasi studi. Penelitian ini menggunakan metode AAS untuk mengidentifikasi kadar logam pada sampel plaser lokasi studi. Kadar Au secara genetis berasosiasi dengan Cu; hal ini ditunjukkan oleh kadar Au yang secara statistik berkorelasi dengan kadar Cu dan juga pada petrografi bijih. Kadar Au pada lokasi studi adalah 81.79 -109.14 ppm dengan radar rata-rata 96.47 ppm, distribusi kadar Au dan Cu cenderung meningkat pada sungai dari hulu ke hilir.

Kata kunci: morfologi butir, endapan plaser, *stream sediment*

ABSTRACT

ANGGA AL-AMIN HUSAIN. Analysis of Grain Morphology, Mineral Composition, and Metal Concentration of Gold Placer in Bantimurung Area, Pangkep District, South Sulawesi (supervised by Ulva Ria Irfan and Irzal Nur).

The information through social media shows that there is quite an intense placer mining activity by local residents in the Bantimurung area, Tondong Tallasa District, Pangkep Regency. Based on the results of field observations, information was obtained that this mining activity has been going on for decades, with productivity reaching 10 gram per day, with a large number of mining scattered along the river. Although mining activity by local residents has been carried out for a long time, previously no scientific investigation has been carried out at the study site in the Bantimurung area, Tondong Tallasa District, Pangkep Regency. So that it is important to conduct studies related to metal grade and grain morphology on the prospect so that the source of mineralization can be identified. Placer samples collected by the stream sediment method were prepared into thin section and polished section and observed using a microscope to identify mineral composition and grain morphology. The metallic minerals studied in this study are cassite, covellite, magnetite, sphaler, tennantite, and abundant gold and silver, chalcopyrite, and pyrite, abundant minerals, transparent quartz, plagioclase, biotite, and pyroxene. Morphologically transparent minerals and metals are very angular – sub-round except for gold with very angular morphology, this characterization indicate the source mineralization relatively close to the study area, namely diorite intrusion on the southeast side of the study site. This study uses the AAS method to identify metal concentrations in the study site placer samples. Au levels are genetically associated with Cu; This is indicated by the Au content which is statistically correlated with Cu and also in the petrography of the ore.

Keywords: grain morphology, placer deposit, stream sediment

DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Studi.....	3
1.4 Kegunaan Studi.....	3
1.5 Ruang Lingkup Studi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Geologi Regional.....	5
2.2 Endapan Plaser Emas.....	9
2.2.1 Genesis Endapan Plaser	9
2.2.2 Morfologi Butir pada Endapan Plaser.....	9
2.3 Endapan Epithermal.....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Pengumpulan Data.....	16
3.1.1 Pengumpulan Data Lapangan	16
3.1.2 Pengumpulan Data Laboratorium	17
3.2 Bagan Alir.....	19
BAB IV KOMPOSISI MINERAL, KADAR LOGAM, & MORFOLOGI BUTIR.....	21
4.1 Karakteristik Endapan Plaser	21
4.2 Analisis Petrografi	22
4.2.1 Komposisi mineral transparan.....	22
4.2.2 Karakteristik morfologi butir mineral transparan	24
4.3 Analisis Mineragrafi	25
4.3.1 Komposisi Mineral Bijih.....	25
4.3.2 Karakteristik Morfologi Butir Mineral Bijih	27

4.4	Analisis Geokimia dan Ukuran Butir	28
4.4.1	Analisis Geokimia	28
4.4.2	Analisis Ukuran Butir.....	35
4.5	Diskusi	39
BAB V	PENUTUP.....	41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	41
	DAFTAR PUSTAKA.....	42
	LAMPIRAN.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Regularity untuk Berbagai Bentuk Butiran (Rees, 2010)	12
Tabel 2	Distribusi bijih logam hasil pengamatan mikroskopis pada sampel sayatan poles terhadap sebaran stasiun.....	25
Tabel 3	Distribusi mineral hasil pengamatan mikroskopis pada sampel sayatan tipis berdasarkan sebaran stasiun	23
Tabel 4	Hasil analisis AAS kadar logam Ag, Au, Cu, Pb, dan Zn dari sampel plaser pada area penelitian	29
Tabel 5	Hubungan Au terhadap logam asosiasi yang ada pada lokasi studi.....	34
Tabel 6	Rasio persentase ukuran butir berdasarkan massa sampel.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Aktivitas warga mendulang emas di dekat studi area serta kenampakan butiran Au.....	2
Gambar 2	Peta geologi regional daerah penelitian dan sekitarnya. (Sukanto, 1982)	6
Gambar 3	Lokasi dan singkapan hasil peninjauan lapangan. Urat kuarsa (ada juga dalam bentuk <i>veinlet</i>) serta butiran sulphide sebagai indikasi proses alterasi.....	8
Gambar 4	Visual <i>roundness</i> secara sketsa untuk <i>visual comparison</i> (Powers, 1953)	11
Gambar 5	Estimasi Bentuk Partikel Berdasarkan Gabungan Nilai <i>Roundness (R)</i> dan <i>Sphericity (S)</i> menurut (Krumbein & Sloss, 1963)	11
Gambar 6	Penampang melintang yang memperlihatkan lingkungan-lingkungan pembentukan endapan epitermal, yaitu epitermal sulfidasi tinggi pada sistem vulkanik-hidrotermal dan epitermal sulfidasi rendah pada sistem geotermal (Hedenquist, et al., 1996).	13
Gambar 7	Proses <i>stream sediment sampling</i> , pengumpulan sampel plaser pada sungai dengan <i>mini shovel</i>	16
Gambar 8	Peta lokasi stasiun <i>stream sediment sampling</i>	17
Gambar 9	tipe stream sediment pada lokasi studi. Stasiun pada bagian hulu (6, 7, dan 8) merupakan tipe <i>point bar</i> , sisanya pada bagian hilir merupakan tipe <i>channel bar</i> (Hu et al., 2017; Kleinhans and van den Berg, 2011; Olson, 2017).	21
Gambar 10	Alat analisis mikroskopis tipe Nikon Eclipse LV 100N POL	18
Gambar 11	Atomic Absorption Spectrophotometer Buck Scientific type 205 ...	18
Gambar 12	Sampel yang telah di <i>sieving</i> menjadi <i>fragment</i> dengan ukuran <10mesh, 16mesh, 40mesh, 70mesh, dan >120mesh.....	19
Gambar 13	Bagan alir penelitian (<i>flowchart</i>) Studi Sebaran Logam Berat pada Endapan Plaser Emas di Daerah Bantimurung, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan	20
Gambar 14	Fotomikrograf dari sampel sayatan poles yang menunjukkan: <i>cassiterite</i> , <i>silver</i> , <i>chalcopyrite</i> , <i>pyrite</i> , dan <i>covellite</i> (A); <i>magnetite</i> (B); <i>sphalerite</i> (C); <i>chalcopyrite</i> dan <i>tennantite</i> (D); dan <i>gold</i> (E) ..	26

Gambar 15	Karakteristik morfologi (<i>roundness</i> dan <i>sphericity</i>) butiran dari sampel sayatan poles.	27
Gambar 16	Fotomikrograf dari sampel sayatan tipis yang menunjukkan kenampakan mineral: <i>quartz</i> , <i>plagioclase</i> , <i>biotite</i> , dan <i>pyroxenes</i>	23
Gambar 17	Karakteristik morfologi (<i>roundness</i> dan <i>sphericity</i>) butiran dari sampel sayatan tipis.	24
Gambar 18	Peta sebaran anomali Au pada sungai.....	30
Gambar 19	Peta sebaran kadar logam Cu, Ag, Pb dan Zn pada lokasi studi... 31	
Gambar 20	Varian kadar logam Ag, Au, Cu, Pb, dan Zn terhadap stasiun sampel plaser pada area studi.	32
Gambar 21	Hubungan antar kadar unsur Au dan unsur Cu.	32
Gambar 22	Hubungan antar kadar unsur Au dan unsur Zn.	33
Gambar 23	Hubungan antar kadar unsur Au dan unsur Pb.	33
Gambar 24	Hubungan antar kadar unsur Au dan unsur Ag.	34
Gambar 25	Distribusi persentase rasio ukuran butir berdasarkan stasiun	36
Gambar 26	Hubungan antar ukuran butir dan unsur Au.	37
Gambar 27	Hubungan antar ukuran butir dan unsur Cu.	37
Gambar 28	Hubungan antar ukuran butir dan unsur Pb.	38
Gambar 29	Hubungan antar ukuran butir dan unsur Zn.....	38
Gambar 30	Hubungan antar ukuran butir dan unsur Ag.	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Stasiun Pengambil Sampel Plaser	47
Lampiran 2	Deskripsi Mineragrafi	48
Lampiran 3	Deskripsi Petrografi.....	56
Lampiran 4	Hasil Pengujian AAS.....	64
Lampiran 5	<i>Curriculum Vitae</i>	74

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

Daftar Istilah

Istilah	Penjelasan
<i>Placer</i>	akumulasi dari mineral-mineral yang berharga (ekonomis) yang terkonsentrasi dalam lapisan penutup, dalam endapan yang mengalir atau dalam material di pesisir yang terjadi secara alami
<i>Sphericity</i>	suatu urutan tingkatan yang menunjukkan suatu partikel mendekati bentuk bola
<i>Roudness</i>	suatu urutan tingkatan yang menunjukkan suatu partikel memiliki ketajaman pada ujung atau tepi butir
<i>Stream sediment sampling</i>	metode yang digunakan untuk mengambil sampel dalam berbagai ukuran yang terbentuk secara alami, metode ini sangat umum dalam eksplorasi mineral pada daerah tropis dan sub-tropis khususnya penelitian pada sedimentasi danau maupun sungai.
<i>Hydrothermal alteration</i>	Suatu proses yang sangat kompleks yang melibatkan perubahan mineralogi, kimiawi, dan tekstur yang disebabkan oleh interaksi fluida panas dengan batuan yang dilaluinya, di bawah kondisi evolusi fisio-kimia. Proses alterasi merupakan suatu bentuk metasomatisme, yaitu pertukaran komponen kimiawi antara cairan-cairan dengan batuan dinding

Daftar Singkatan

Singkatan	Penjelasan
s	Batuan Metamorfik
m	Kompleks Melange
Tpv	Tersier Propolited Vulcanic (Batuan Gunungapi Terpropilitkan)
Tem	Tersier Eosen Mallawa (Formasi Mallawa)
Temt	Tersier Eosen Meosen Tonasa (Formasi Tonasa)
d	Diorit
AAS	<i>Atomic Absorption Spectrometry</i>
Au	<i>Aurum (Gold)</i>
Cu	<i>Cuprum (Copper)</i>
Pb	<i>Plumbum (Lead)</i>
Zn	<i>Zinc</i>
Cst	<i>Cassiterite</i>
Ag	<i>Argentum (Silver)</i>
Cp	<i>Chalcopyrite</i>
Py	<i>Pyrite</i>
Cv	<i>Covellite</i>
Mag	<i>Magnetite</i>
Sph	<i>Sphalerite</i>
Tn	<i>Tennantite</i>
Qz	<i>Quartz</i>
Pl	<i>Plagioclase</i>
Bt	<i>Biotite</i>
Px	<i>Pyroxenes</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Provinsi Sulawesi Selatan secara geologi regional terletak di Busur Magmatik-Plutono-Vulkanik Tersier Sulawesi Barat (Darman & Sidi, 2000; Hall & Wilson, 2000). Pada region ini mineralisasi dan deposit emas hidrotermal hanya dominan ditemukan di wilayah Sulawesi Utara yang merupakan daerah busur magmatik aktif (Carlile, et al., 1990; Kavalieris, et al., 1992; Carlile & Mitchell, 1994). Indikasi dan keterdapatannya endapan emas hidrotermal di wilayah Provinsi Sulawesi Selatan yang merupakan busur K-alkalin shoshonitik hingga saat ini masih sangat sedikit dijumpai. Prospek-prospek mineralisasi emas yang telah dilaporkan di wilayah Sulawesi Selatan hanya di distrik Sasak, Tana Toraja (porfiri Cu-Au); Awak Mas, Luwu (mesotermal Au); dan Palopo (anomali Au-Pb-Zn-Cu dan urat-urat kuarsa-karbonat mengandung emas) (Idrus, et al., 2011; van Leeuwen & Pieters, 2012; van Leeuwen, 2018).

Informasi melalui media sosial, adanya aktivitas penambangan plaser oleh penduduk lokal yang cukup intens di daerah Bantimurung, Kecamatan Tondong Tallasa, Kabupaten Pangkep. Berdasarkan hasil peninjauan lapangan didapatkan informasi bahwa aktivitas penambangan ini sudah berlangsung selama puluhan tahun, dengan produktivitas mencapai 10 gram per hari, dengan jumlah penambangan yang cukup banyak tersebar di sepanjang sungai (Gambar 1).

Secara global endapan emas tipe plaser juga ditemukan di daerah Alder Gulch, Virginia, Montana. Plaser emas tersebut merupakan hasil dari urat kuarsa yang tererosikan (Shawe & Wier, 1857). Hal serupa juga ditemukan di endapan plaser emas Arizona yang terasosiasi dengan *schist*, *granite*, dan *gneiss*, dimana uratnya cenderung berada lebih dalam dari tipe mesotermal dan hipotermal (Wilson, 1961). Plaser emas di Siberia bagian timur terindikasi berasal dari *gold-quartz-lowsulfide* sebagai endapan primernya (*primary source*) dikarenakan karakteristik mineralogi-geokimia dari plaser tersebut berasal dari

wilayah Lena-Viluy yang dibatasi sungai (*interfluves*) (Kazhenkina & Nikiforova, 2016).



Gambar 1 Aktivitas warga mendulang emas di dekat studi area serta kenampakan butiran Au

Hingga saat ini belum ada publikasi hasil penelitian terkait tipe dan sumber mineralisasi emas di daerah ini. Berdasarkan kondisi geologi regionalnya daerah ini sangat prospek untuk terbentuknya mineralisasi emas hidrotermal. Daerah Tondong Tallasa dan sekitarnya disusun oleh litologi melange dan batuan metamorfik yang berbatasan dengan Batuan Gunungapi Terpropilitkan. Propilit merupakan salah satu tipe/zona alterasi yang berbatasan dengan mineralisasi emas hidrotermal (Sukamto, 1982; Hedenquist, et al., 2000; Simmons, et al., 2005). Berdasarkan hasil peninjauan lapangan, di sekitar lokasi-lokasi penambangan emas plaser di Sungai Parrejang dijumpai singkapan-singkapan batuan teralterasi dan singkapan-singkapan mineralisasi baik yang berupa mineralisasi tipe tersebar (*disseminated*) maupun urat-urat (*veins*). Hal ini merupakan indikasi awal bahwa mineralisasi di daerah Bantimurung dan sekitarnya merupakan mineralisasi hidrotermal tipe epitermal (Hedenquist, et al., 2000; Simmons, et al., 2005). Berdasarkan urian tersebut studi terkait kadar logam dan morfologi butir penting dilakukan pada prospek ini agar sumber mineralisasi dapat diketahui.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut maka rumusan masalah studi ini adalah:

1. Bagaimana komposisi mineralogi pada sampel plaser pada lokasi studi.
2. Bagaimana komposisi kadar logam pada endapan plaser.
3. Bagaimana Morfologi butir plaser pada lokasi studi.

1.3 Tujuan Studi

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut maka tujuan studi ini adalah:

1. Menganalisis komposisi mineralogi pada sampel plaser pada lokasi studi.
2. Menganalisis komposisi kadar logam pada endapan plaser.
3. Menganalisis Morfologi butir plaser pada lokasi studi. terhadap sumber mineralisasi

1.4 Kegunaan Studi

Walaupun penambangan rakyat telah lama dilakukan, sebelumnya belum pernah dilakukan kajian pada lokasi studi di daerah Bantimurung, Kecamatan Tondong Tallasa, Kabupaten Pangkep dengan pendekatan secara ilmiah, sehingga studi menjadi penelitian pertama terkait prospek emas. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi investasi yang baik untuk pihak warga desa dimasa yang akan datang. Kebaruan lokasi dan data akan menjadi keunggulan studi ini. Bersamaan dengan itu studi ini juga sangat penting karena akan menghadirkan sumberdaya komoditi emas yang baru di daerah Sulawesi Selatan dan dunia pertambangan dan geologi ekonomi.

1.5 Ruang Lingkup Studi

Ruang lingkup studi ini adalah karakterisasi mineralogi, geokimia dan ukuran butir pada sampel-sampel plaser, yang berasosiasi dengan endapan emas plaser di lokasi studi, serta kemungkinan sumber utama.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan hasil peninjauan lapangan, di sekitar lokasi-lokasi penambangan emas plaser di Sungai Parrejang dijumpai singkapan-singkapan batuan teralterasi dan singkapan-singkapan mineralisasi baik yang berupa mineralisasi tipe tersebar (*disseminated*) maupun urat-urat (*veins*). Hal ini merupakan indikasi awal bahwa mineralisasi di daerah Bantimurung dan sekitarnya merupakan mineralisasi hidrotermal tipe epitermal (Hedenquist, et al., 2000; Simmons, et al., 2005). Sehingga tinjauan pustaka ini terutama akan membahas tentang endapan plaser emas dan endapan epitermal, serta kondisi geologi regional daerah Bantimurung dan sekitarnya.

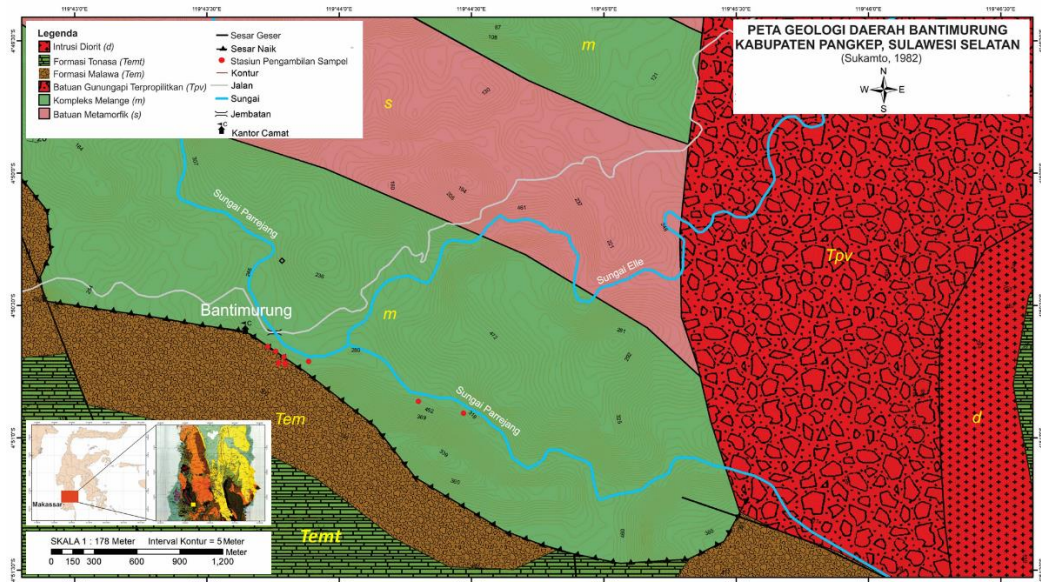
2.1 Geologi Regional

Secara regional, daerah Bantimurung, Kecamatan Tondong Tallasa, Kabupaten Pangkep termasuk ke dalam Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, Sulawesi (Sukamto, 1982). Secara stratigrafi, formasi-formasi batuan yang berada di- dan sekitar- lokasi penelitian dari yang tertua ke yang termuda adalah: Batuan Metamorfik, Kompleks Melange, Batuan Gunungapi Terpropilitkan, Formasi Mallawa, Formasi Tonasa, dan Batuan Intrusi Diorit (Gambar 2).

Batuan Metamorfik (*s*): terdiri atas sebagian besar sekis dan sedikit genes; mengandung mineral-mineral glaukofan, garnet, epidot, mika, dan klorit; umumnya berpendaunan miring ke arah timurlaut, sebagian terbreksikan, dan tersesar-naikkan ke arah baratdaya; satuan ini tebalnya tidak kurang dari 2000 m dan bersentuhan sesar dengan satuan batuan di sekitarnya; penarikan K/Ar pada sekis di timur Bantimala menghasilkan umur 111 juta tahun.

Kompleks Melange (*m*): batuan campur aduk secara tektonik terdiri atas grewake, breksi, konglomerat, batupasir; terkarsikan, serpih kelabu, serpih merah, rijang radiolaria merah, batusabak, sekis, ultramafik, basal, diorit dan lempung; himpunan batuan ini mendaun, kebanyakan miring ke arah timurlaut dan

tersesarkan naik ke arah baratdaya; satuan ini tebalnya tidak kurang dari 1750 m, dan mempunyai sentuhan sesar dengan satuan batuan di sekitarnya; kompleks ini berumur Mesozoikum.



Gambar 2 Peta geologi regional daerah penelitian dan sekitarnya. (Sukanto, 1982)

Batuan Gunungapi Terpropilitkan (*Tpv*): breksi, lava dan tufa; umumnya bersifat andesit, sebagian trakit dan basal; bagian atas bersisipan serpih merah dan batugamping; komponen breksi beraneka, dari beberapa cm sampai melebihi 50 cm, terekat tufa yang jumlahnya kurang dari 50%; lava dan breksi berwarna kelabu tua sampai kelabu kehijauan, sangat terbreksikan dan terpropilitkan, mengandung banyak karbonat dan silikat; penarikan K/Ar pada basal di timur Bantimala menghasilkan umur 58,5 juta tahun (Paleosen Bawah); satuan ini tebalnya sekitar 400 m; ditindih takselaras oleh batuan Eosen Formasi Tonasa dan Formasi Malawa; diterobos oleh batuan granodiorit dan basal.

Formasi Mallawa (*Tem*): batupasir, konglomerat, batulanau, batulempung, dan napal, dengan sisipan lapisan atau lensa batubara dan batulempung; batupasirnya sebagian besar batupasir kuarsa, ada pula yang arkosa, grawake, dan tuffan, umumnya berwarna kelabu muda dan coklat muda; pada umumnya bersifat rapuh, kurang padat; konglomeratnya sebagian kompak; batulempung, batugamping dan napal umumnya mengandung moluska yang belum diperiksa, dan berwarna kelabu muda sampai kelabu tua; batubara berupa lensa setebal beberapa sentimeter dan berupa lapisan sampai 1,5 m; berdasarkan kandungan

fosilnya, diperkirakan berumur Eosen dengan lingkungan paralas sampai dangkal; tebal formasi ini tidak kurang dari 400 m; tertindih selaras oleh batugamping Formasi Tonasa dan menindih tak selaras Batuan Gunungapi Terpropilitkan.

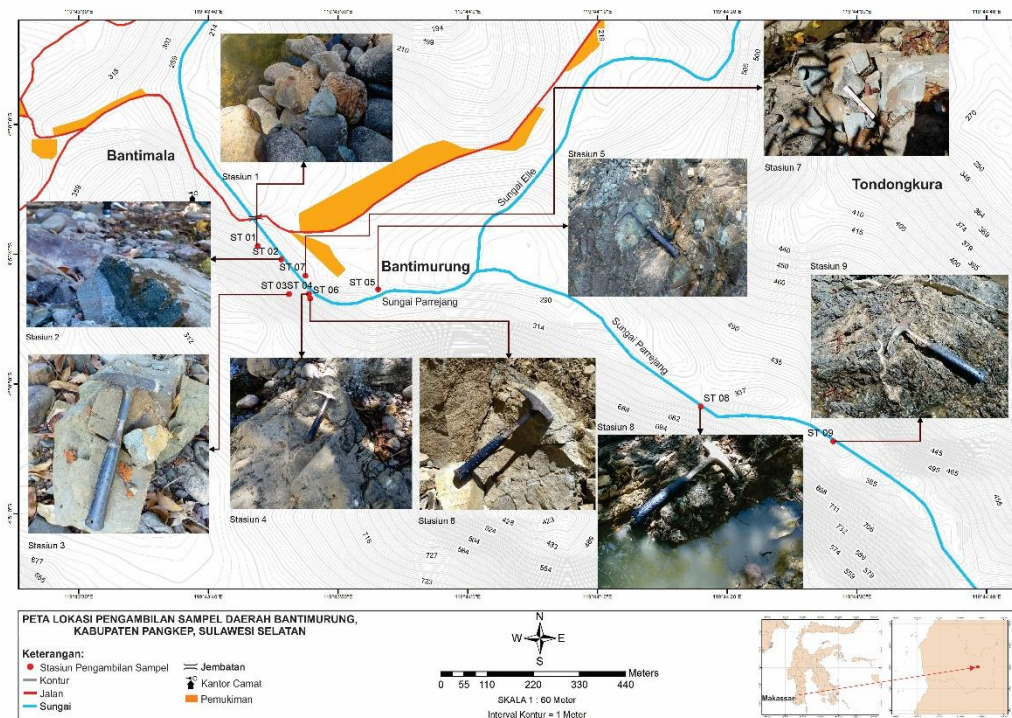
Formasi Tonasa (*Temt*): batugamping koral pejal sebagian terhablurkan; berwarna putih dan kelabu muda; batugamping bioklastika dan kalkarenit; berwarna putih coklat muda dan kelabu muda, sebagian berlapis baik, berselingan dengan napal globigerina tufaan; bagian bawahnya mengandung batugamping berbitumen, setempat bersisipan breksi batugamping dan batugamping pasiran; di dekat Malawa, daerah Camba, terdapat batugamping yang mengandung glaukonit, dan di beberapa tempat di daerah Ralla ditemukan batugamping yang mengandung banyak sepaian sekis dan batuan ultramafik; batugamping berlapis sebagian mengandung banyak foraminifera besar, napalnya banyak mengandung foraminifera kecil dan beberapa lapisan napal pasiran mengandung banyak kerang (*pelecypoda*) dan siput (*gastropoda*) besar; batugamping pejal pada umumnya terkekarkan kuat; di daerah Tanetteriaja terdapat tiga jalur napal yang berselingan dengan jalur batugamping berlapis; kandungan fosilnya menunjukkan kisaran umur dari Eosen Awal sampai Miosen Tengah, dan lingkungan neritik dangkal hingga dalam dan laguna; tebal formasi ini diperkirakan tidak kurang dari 3000 m; menindih selaras batuan Formasi Malawa dan diterobos oleh sill, retas, dan stok batuan beku yang bersusunan basal, trakit, dan diorit.

Diorit (*d*): terobosan diorit dan granodiorit, terutama berupa stok dan sebagian berupa retas, kebanyakan bertekstur porfir, berwarna kelabu muda sampai kelabu; diorit yang tersingkap di sebelah utara Bantimala dan di sebelah timur Biru menerobos batu pasir Formasi Balangbaru dan Batuan Ultramafik; terobosan yang terjadi di sekitar Camba sebagian terdiri atas granodiorit porfir, dengan banyak fenokris berupa biotit dan amfibol, dan menerobos batugamping Formasi Tonasa dan batuan Formasi Camba; penarikan K/Ar granodiorit dari timur Camba pada biotit menghasiikan umur 9.03 juta tahun (Miosen Atas).

Struktur geologi yang berkembang di daerah ini adalah sesar naik dan sesar geser. Sesar naik merupakan kontak litologi antara Kompleks Melange yang berumur lebih tua dengan Formasi Mallawa yang lebih muda. Dua buah sesar geser terdapat di daerah ini, sesar geser di sebelah timur berarah hampir barat-timur dan merupakan kontak litologi antara batuan-batuan anggota Formasi Mallawa dengan Batuan Gunungapi Terpropilitkan. Sedangkan sesar geser di sebelah barat berarah hampir utara-selatan dan merupakan sesar geser

menganan (dekstral) yang menggeser blok batuan Formasi Tonasa dan Formasi Mallawa ke arah selatan.

Hasil peninjauan lapangan pada lokasi studi adalah basal yang mengalami alterasi dicirikan dengan kehadiran urat kuarsa dan mineral klorit dan epidot serta butiran-butiran pirit sebagai bagian dari himpunan mineral alterasi propilit. batuan ini dapat diselaraskan dengan formasi malange dan formasi batuan vulkanik terpropilitkan. Tufa diselaraskan dengan formasi formasi batuan vulkanik terpropilitkan menunjukkan kehadiran biotit. Rijang diselaraskan dengan formasi formasi batuan vulkanik terpropilitkan memiliki ciri *veinlet* kuarsa. Uraian di atas menunjukkan bahwa batuan pada lokasi studi menunjukkan indikasi kuat sebagai area yang mengalami alterasi sehingga secara petrologi area studi erat dengan proses alterasi hidrotermal.



Gambar 3 Lokasi dan singkapan hasil peninjauan lapangan. Urat kuarsa (ada juga dalam bentuk *veinlet*) serta butiran sulphide sebagai indikasi proses alterasi

2.2 Endapan Plaser Emas

Istilah *placer* mungkin merupakan kata turunan dari Spanyol yang ditujukan pada endapan emas yang berada dalam pasir dan kerikil yang mengalir (Yeend & Shawe, 1857). Endapan plaser (*placer deposits*, “*placers*”) adalah akumulasi dari mineral-mineral yang berharga (ekonomis) yang terkonsentrasi dalam lapisan penutup, dalam endapan yang mengalir atau dalam material di pesisir yang terjadi secara alami (Harraz, 2013). Menurut Tonggiroh dan Nur (2019) endapan plaser adalah akumulasi alami dari mineral berat dalam sedimen seperti aliran atau pasir pantai dan kerikil sungai.

2.2.1 Genesis Endapan Plaser

Proses pembentukan endapan plaser dimulai dari tahap pelapukan dan pelepasan (*weathering and release*), tahap ini terjadi saat batuan yang mengandung satu atau lebih mineral berat yang berharga seperti emas terlepas melalui proses pelapukan. Tahap kedua yaitu konsentrasi (*concentration*) dan tahap ketiga adalah pembentukan (*preserved*), air yang mengalir dan sungai merupakan faktor yang paling mendominasi dalam proses pembentukan endapan plaser. Mineral berharga akan memisah (*winnowing*) dari mineral yang lebih ringan sehingga terbentuklah (*subsequently preserved*) endapan plaser (Yeend & Shawe, 1857; Wells, 1969; Yeend, 1974).

2.2.2 Morfologi Butir pada Endapan Plaser

Bentuk butiran-butiran material yang ada di alam sangat bervariasi, mulai dari bentuk bulat sempurna hingga sampai ke bentuk bersudut-sudut tidak beraturan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yang tentunya bisa di kaji secara ilmiah, diantaranya adalah faktor lingkungan dan pelapukan. Material yang berasal dari hasil pecahan batu biasanya berbentuk cenderung bersudut dibandingkan yang berasal dari sungai (Frimadofi, et al., 2019).

Parameter yang digunakan untuk mendeskripsi butiran pasir yaitu *sphericity* dan *roundness* (Tucker, 1991). Sehingga aspek morfologi butir terdiri dari kebolaan (*sphericity*) dan kebundaran (*roundness*) (Pettijohn, 1975; Boggs, 1987).

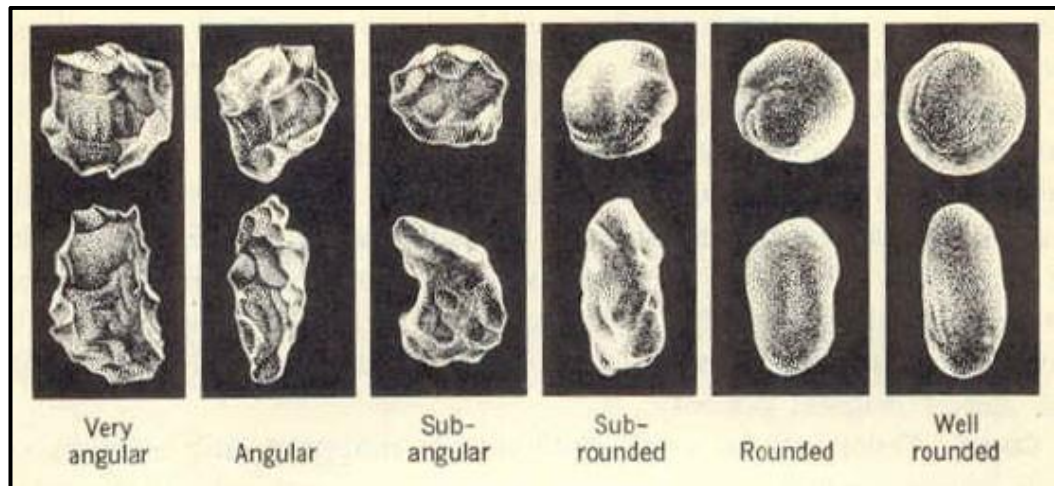
Derajat Kebolaan (*sphericity*). *Sphericity* (S) atau yang sering disebut dengan derajat kebolaan didefinisikan sebagai perbandingan luas permukaan bola yang mempunyai volume yang sama dengan volume butiran dengan luas permukaan butiran. Jadi, semakin tinggi nilai *sphericity* suatu butiran pasir maka semakin mendekati bola pula bentuknya (Wadel, 1932; Surjono, 2011; Krumbein & Sloss, 1963; Folk, 1968). Karena objek yang diamati adalah butir pasir, maka pendekatan yang diamati untuk *sphericity* juga *visual comparison* dengan tabel yang dibuat oleh Rittenhouse (1943).

Derajat kebundaran (*Roundness*). Derajat kebundaran merupakan ketajaman pinggir dan sudut suatu material sedimen klastik. *Roundness* merupakan rata-rata aritmatik *roundness* masing-masing sudut butiran pada bidang pengukuran. Metode pengukuran *roundness* suatu butir dilakukan dengan cara mengukur masing-masing sudut butiran tersebut, kemudian jari-jari kelengkungan butiran tersebut dibandingkan dengan jari-jari lingkaran maksimum yang dapat dimasukkan pada butiran tersebut (Wadel, 1932).

Pengukuran sudut-sudut tersebut sulit memerlukan waktu yang banyak untuk kerja di laboratorium dibantu alat *circular protractor* atau *electronic particle-size analyzer* (Folk, 1968; Boggs, 1987).

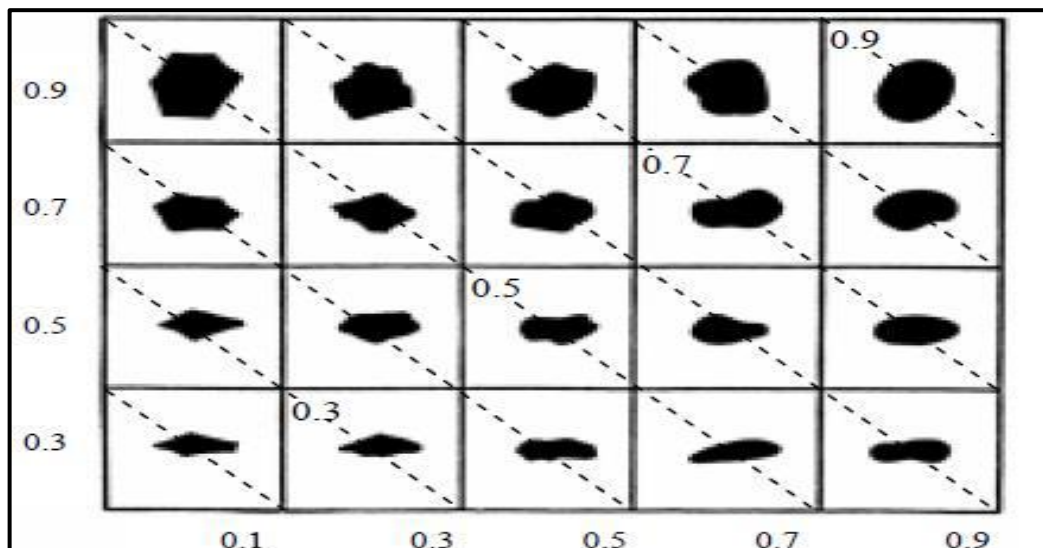
Ada beberapa hal yang menentukan *roundness* butiran pada endapan sedimen, yaitu bentuk batuan asal, komposisi butiran, ukuran butir, proses transportasi, dan jarak transportnya. Apabila sifat fisik suatu butiran sangat resisten (kuarsa dan zircon), maka akan sangat sulit membulat apabila tertransport dibandingkan dengan butiran yang kurang keras seperti feldspar dan piroksen. Butiran dengan ukuran kerikil hingga berangkal biasanya lebih mudah membulat dibandingkan dengan ukuran pasir (Boggs, 1987).

Sementara itu mineral yang resisten dengan ukuran butir lebih kecil dari 0,05 – 0,1 mm tidak menunjukkan perubahan *roundness* oleh semua jenis transport sedimen. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu diperhatikan untuk melakukan pengamatan *roundness* pada batuan atau mineral yang sama dan kisaran butir yang sama besar. Pengukuran *roundness* juga memakai *visual comparison* dengan gambar berikut: (Powers, 1953; Boggs, 1987).



Gambar 4 Visual *roundness* secara sketsa untuk *visual comparison* (Powers, 1953)

Grafik gabungan antara nilai *sphericity* dan *roundness* yang ditampilkan dalam 20 bentuk partikel. Nilai dari *sphericity* berada pada interval 0.3 sampai 0.9 dan nilai dari *roundness* berada pada interval 0.1 sampai 0.9. Pada gambar terlihat masing-masing *sphericity* dan *roundness* sama-sama memiliki kenaikan 0.2., garis diagonal pada grafik merupakan nilai rata-rata dari penjumlahan nilai dari *sphericity* dan *roundness* yang disebut dengan *regularity* (ρ) (Frimadofi, et al., 2019; Rees, 2010; Krumbein & Sloss, 1963).



Gambar 5 Estimasi Bentuk Partikel Berdasarkan Gabungan Nilai *Roundness* (R) dan *Sphericity* (S) menurut (Krumbein & Sloss, 1963)

Batasan-batasan antara berbagai bentuk butiran berdasarkan parameter nilai *regularity*. Bentuk-bentuk butiran dibagi menjadi kedalam 4 kelompok. Nilai *regularity* dari bentuk butiran pasir dapat dilihat pada tabel berikut (Rees, 2010):

Tabel 1 Regularity untuk Berbagai Bentuk Butiran (Rees, 2010)

No	Bentuk Butiran	Regularity (ρ)
1	<i>Angular</i>	<0,4
2	<i>Sub-angular</i>	0,4-0,65
3	<i>Sub-rounded</i>	0,65-0,75
4	<i>Rounded</i>	>0,75

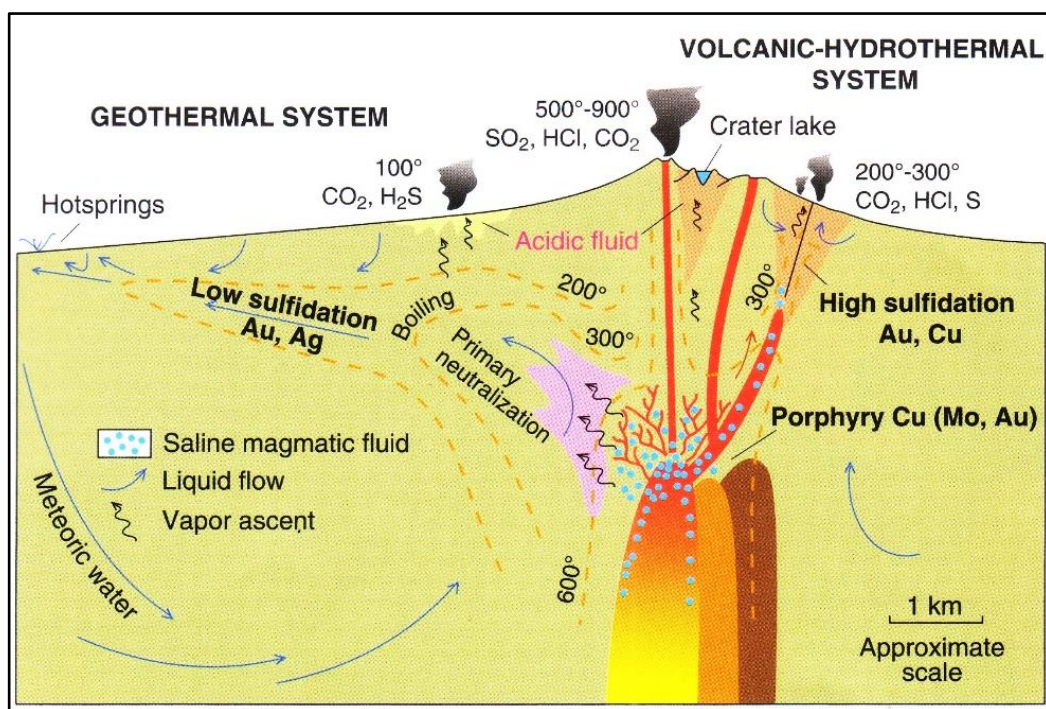
2.3 Endapan Epithermal

Endapan epitermal pertama kali diperkenalkan oleh Lindgren (1933) sebagai endapan bijih hidrotermal yang terutama mengandung emas (Au), perak (Ag) dan logam-logam dasar (Cu,Pb,Zn) yang terbentuk pada lingkungan dangkal, umumnya pada kisaran temperatur 160-270°C, serta tekanan yang ekuivalen dengan kedalaman 50-1000 m dari permukaan bumi (Hedenquist, et al., 2000).

Secara umum endapan epitermal terbagi dua, yaitu endapan epitermal sulfidasi tinggi (*high sulphidation*) dan epitermal sulfidasi rendah (*low sulphidation*). Endapan epitermal sulfidasi tinggi terbentuk pada zona vulkanik-hidrotermal, yaitu zona yang sangat proksimal dan lebih-kurang tepat di atas pusat vulkanik di mana larutan dan gas-gas vulkanik keluar ke (Gambar 6). Di sisi lain, endapan epiermal sulfidasi rendah terbentuk pada sistem geotermal yang lokasinya relatif jauh dari pusat vulkanik (Gambar 6). Zona ini dicirikan oleh fluida kedalaman yang ber-pH netral dan tereduksi, relatif setimbang dengan *host rock* teralterasinya, aliran fluida yang lambat, dan berkarakter *rock-dominated*. Larutan di zona ini umumnya bersalinitas rendah, yaitu < 1-2 wt.% NaCl *equivalent*, kaya gas, terutama CO₂ dan H₂S, dengan manifestasi permukaan dicirikan oleh pengendapan silika sinter. Sistem geotermal di mana endapan epitermal sulfidasi rendah ini terbentuk, umumnya berjarak 5-6 km dari pusat intrusinya di bawah permukaan (Hedenquist, et al., 1996). Pada zona transisi di antara kedua zona ekstrim tersebut, biasanya terbentuk endapan epitermal yang memiliki karakter yang hampir sama dengan salah satu dari kedua jenis endapan tersebut, yang dinamakan endapan epitermal sulfidasi menengah (Hedenquist, et al., 2000).

Endapan epitermal sulfidasi tinggi dicirikan oleh himpunan mineral-mineral bijih sulfida enargit-luzonit-kovelit dan pirit, epitermal sulfidasi rendah oleh pirit-pirrotit-arsenopirit dan sfalerit kaya-Fe, serta epitermal sulfidasi menengah oleh tenanit-tetrahedrit-kalkopirit dan sfalerit rendah-Fe. Endapan epitermal sulfidasi rendah mengandung sangat sedikit mineral sulfida logam dasar (Zn-Pb), sebaliknya endapan epitermal sulfidasi menengah kaya akan sulfida logam dasar tersebut (Einaudi, et al., 2003; Sillitoe & Hedenquist, 2003; Simmons, et al., 2005).

Zonasi alterasi hidrotermal pada endapan epitermal sulfidasi tinggi dapat dilihat pada (Gambar 6). Dari arah dalam ke luar terdiri atas zona inti silisik (*vuggy silica*), argilik lanjut (kuarsa-alunit dan kaolinit), argilik (kaya illit), dan propilitik (monmorillonit dan klorit). Zona inti silisik (*silicic core*) merupakan host utama bijih sulfidasi tinggi, walaupun sebagian dari zona argilik lanjut juga dapat mengandung bijih (Hedenquist, et al., 2000).



Gambar 6 Penampang melintang yang memperlihatkan lingkungan-lingkungan pembentukan endapan epitermal, yaitu epitermal sulfidasi tinggi pada sistem vulkanik-hidrotermal dan epitermal sulfidasi rendah pada sistem geotermal (Hedenquist, et al., 1996).

Urut-urur kuarsa-adularia-karbonat dengan halo serisitik atau lempung umumnya merupakan *host* dari tubuh bijih. Karakteristik mineralogi alterasi silikat dari endapan epitermal sulfidasi menengah sangat banyak memiliki kemiripan dengan endapan epitermal sulfidasi rendah, yang mengindikasikan bahwa

keduanya terbentuk dari fluida bijih ber-pH netral. Perbedaan utamanya adalah melimpahnya rodokrosit dan anhidrit pada endapan epitermal sulfidasi menengah, dan melimpahnya kalsedon dan adularia pada endapan epitermal sulfidasi rendah (Hedenquist, et al., 2000).

Endapan epitermal umumnya terbentuk pada busur plutono-vulkanik (busur kepulauan dan busur kontinen) yang berasosiasi dengan zona-zona subduksi; umumnya pada sisi busur-belakang, dalam jarak 100 km dari *front* vulkanik aktif. Magmatisme yang diinduksi oleh subduksi dan aktivitas hidrotermal asosiasinya memiliki kecenderungan untuk bergerak ke arah palung seiring berjalannya waktu, dan aktivitas hidrotermal serta mineralisasi terbentuk sekitar 0,5 juta tahun setelah vulkanisme terinisiasi (Hedenquist, et al., 1996). Mineralisasi epitermal juga dijumpai berasosiasi dengan mineralisasi tipe porfiri Cu (Au) di beberapa lokasi di Sirkum Pasifik (White, et al., 1995), seperti di distrik Baguio dan Lepanto di Filipina (Hedenquist, et al., 1998) dan di sabuk Maricunga di Cili utara (Muntean & Einaudi, 2001).

Endapan epitermal terutama di-*host* oleh batuan vulkanik dan batuan sedimen vulkanogenik yang terbentuk bersamaan, dan kadang pada unit-unit *basement*, seperti di Hishikari, Jepang juga dapat berasosiasi dengan endapan epitermal (Izawa, et al., 1990; Hedenquist, et al., 1996; Kelley & Ludington, 2002). Sebagian besar endapan epitermal sulfidasi tinggi terbentuk pada busur kalk-alkalik andesitik-dasitik yang dicirikan oleh ekstensi sedang dengan tekanan hampir-netral, batuan-batuan riolitik umumnya tidak berasosiasi dengan endapan tipe ini; endapan epitermal sulfidasi menengah umumnya terbentuk pada busur-busur andesitik-dasitik, tetapi batuan beku silisik seperti riolit juga dijumpai terbentuk pada sejumlah endapan tipe ini (Sillitoe & Hedenquist, 2003).

Umumnya endapan epitermal di region Pasifik Barat terbentuk pada Miosen Akhir, Pliosen, dan Kuartar. Umur endapan ini di Amerika barat dan Karibia adalah Kapur Awal hingga Miosen Akhir. Korelasi ini merefleksikan tingkat erosi yang berbeda antara busur kepulauan dan busur kontinen. Tingkat erosi di busur kepulauan lebih tinggi yang disebabkan lebih cepatnya pengangkatan dan tingginya curah hujan, yaitu berkisar dari 0,1 mm/thn di Jepang hingga 1 mm/thn di Filipina dan Papua Nugini. Sebaliknya, tingkat erosi di region kontinental umumnya rendah, rata-rata 0,01 mm/thn (Hedenquist, et al., 1996).

Endapan epitermal yang selama ini telah dieksplorasi dan ditambang di seluruh dunia memiliki kadar ekonomis Au berkisar 1,4-70 g/t dan Ag 33-49 g/t.

Endapan epitermal sulfidasi rendah yang telah ditambang di Round Mountain, Nevada, USA memiliki kadar Au berkisar 0,4-1,4 g/t. Sedangkan endapan epitermal sulfidasi rendah di Hishikari, Jepang merupakan endapan epitermal yang memiliki kadar Au tertinggi di dunia, yaitu mencapai 63-70 g/t (Hedenquist, et al., 1996; White, 2009).