

SKRIPSI

PERBANDINGAN ESTIMASI SUMBER DAYA TEREKA BATUGAMPING MENGGUNAKAN METODE *ISOLINE* ANTARA DATA CITRA BADAN INFORMASI GEOSPASIAL DAN *UNITED STATE GEOLOGICAL SURVEY*

(Studi Kasus: Desa Suruang, Kecamatan Campalagian, Kabupaten Polewali
Mandar, Provinsi Sulawesi Barat)

Disusun dan diajukan oleh

ARGA GAUTAMA

D111181007



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PERBANDINGAN ESTIMASI SUMBER DAYA TEREKA BATUGAMPING
MENGUNAKAN METODE *ISOLINE* ANTARA DATA CITRA BADAN
INFORMASI GEOSPASIAL DAN *UNITED STATE GEOLOGICAL
SURVEY***

(Studi Kasus: Desa Suruang Kecamatan Campalagian Kabupaten Polewali Mandar Provinsi
Sulawesi Barat)


Disusun dan diajukan oleh

**ARGA GAUTAMA
D111181007**


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi
Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
pada tanggal 3 Oktober 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,


Dr. Phil. Nat. Sri Widodo, ST., MT.
NIP. 197101012010121001

Pembimbing Pendamping,


Asran Ilyas, ST., MT., Ph.D.
NIP. 197303142000121001

Ketua Program Studi,

Asran Ilyas, ST., MT., Ph.D.
NIP. 197303142000121001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arga Gautama
NIM : D111181007
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Perbandingan Estimasi Sumber Daya Tereka Batugamping Dengan
Menggunakan Metode *Isoline* Antara Data Citra Badan Informasi
Geospasial Dan *United State Geological Survey*

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain
bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Makassar, 6 Oktober 2022

Yang menyatakan

Tanda tangan

MEYERAI TEMPEL
10000
FA834AKX013916727

Arga Gautama

ABSTRAK

Eksplorasi adalah kegiatan awal dalam pencarian sumber daya bumi. Kelas sumber daya yang digunakan dalam penelitian merupakan kelas sumber daya tereka. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan estimasi sumber daya batugamping menggunakan metode *isoline* antara data citra Badan Informasi Geospasial dan *United State Geological Survey* pada lokasi penelitian. Manfaat kegiatan penelitian yang dilakukan adalah sebagai sumber referensi bagi akademisi dan perusahaan tambang. Penelitian ini menggunakan *Microsoft Excel 2013*, *Arcgis 10.8* dan *Golden Software Surfer 13* untuk melakukan estimasi sumber daya batugamping dengan metode *isoline*. Estimasi untuk data citra BIG setiap elevasi 10 m, dari elevasi 10 m sampai elevasi 220 m diperoleh total luasan area sebesar 71.244.319,66 m², total volume batugamping sebesar 356.221.598,3 m³ dan total tonasenya sebesar 926.176.155,6 ton. Estimasi untuk data citra USGS setiap elevasi 100 m, dari elevasi 1200 m sampai elevasi 3100 m diperoleh total luasan area sebesar 79.297.600,22 m², total volume batugamping sebesar 3.964.880.011 m³ dan total tonasenya sebesar 10.308.688.029 ton. Perbandingan hasil estimasi sumber daya tereka batugamping menggunakan metode *isoline* antara data citra BIG dan USGS diperoleh hasil yang berbeda. Hal yang mempengaruhi yaitu hasil resolusi dari kedua data tersebut. Data citra BIG mempunyai resolusi spasial 0.27 *arc-second* dan USGS mempunyai resolusi spasial 30 m dan 15 m serta 100 m. Jumlah interval kontur dari data citra BIG dan USGS mempengaruhi hasil estimasi tersebut. Semakin kecil jumlah interval kontur yang digunakan, jumlah volume dan tonase semakin tinggi, dan semakin besar jumlah interval kontur yang digunakan, jumlah volume dan tonase semakin rendah.

Kata Kunci: Sumber daya tereka, metode *isoline*, batugamping, volume, tonase.

ABSTRACT

Exploration is the initial activity in the search for earth's resources. The class of resources used in the study is an inferred resource class. This study was conducted to determine the comparison of limestone resource estimates using the isoline method between image data from the Geospatial Information Agency and the United State Geological Survey at the research site. The benefits of the research activities carried out are as a source of reference for academics and mining companies. This study uses Microsoft Excel 2013, Arcgis 10.8 and Golden Software Surfer 13 to estimate limestone resources using the isoline method. Estimates for BIG image data for every 10 m elevation, from an elevation of 10 m to an elevation of 220 m, the total area is 71,244,319.66 m², the total volume of limestone is 356,221,598.3 m³ and the total tonnage is 926,176,155.6 tons. . Estimates for USGS image data for every 100 m elevation, from 1200 m elevation to 3100 m elevation, the total area is 79,297,600.22 m², the total volume of limestone is 3,964,880,011 m³ and the total tonnage is 10,308,688.029 tons. Comparison of inferred limestone resource estimation results using the isoline method between BIG and USGS image data obtained different results. The thing that affects is the result of the resolution of the two data. BIG image data has a spatial resolution of 0.27 arc-second and USGS has a spatial resolution of 30 m and 15 m and 100 m. The number of contour intervals from BIG and USGS image data affects the estimation results. The smaller the number of contour intervals used, the higher the volume and tonnage amounts, and the larger the number of contour intervals used, the lower the volume and tonnage amounts.

Keywords: Inferred resource, isoline method, limestone, volume, tonnage.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Skripsi ini dengan judul "Perbandingan Estimasi Sumber Daya Tereka Batugamping Menggunakan Metode *Isoline* antara Data Badan Informasi Geospasial dan *United State Geological Survey*". Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menyampaikan agama yang sempurna kepada umat manusia.

Segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik secara moril maupun materil serta ilmu yang bermanfaat. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan semoga dicatat sebagai amal kebaikan oleh Allah SWT.

Penyusunan skripsi tidak akan berlangsung tanpa ada bantuan dari orang-orang hebat yang telah memfasilitasi dan memberikan kesempatan penulis untuk menimbah ilmu. Olehnya itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Dr. phil. nat. Sri Widodo, S.T.M.T. selaku Pembimbing I dan Bapak Asran Ilyas, S.T.M.T.Ph.D. selaku Pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, dan memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat serta motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada ibu/bapak selaku dosen penguji pada seminar tugas akhir.

Terima kasih kepada bapak Dr. Ir Irzal Nur, M.T. selaku Kepala Laboratorium Eksplorasi Mineral dan seluruh dosen Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dalam bidang teknik pertambangan.

Tak lupa pula penulis ucapkan terimakasih kepada saudara dan saudari seperjuangan Teknik Pertambangan angkatan 2018 (TUNNEL 2018) yang telah memberikan bantuan, semangat, motivasi dan menjadi keluarga baru dalam kehidupan sehari-hari penulis serta menjadi kerabat baik susah maupun duka dalam menghadapi dinamika perkuliahan.

Terima kasih juga kepada Yuzril Ihza S.T yang telah meluangkan waktu dan kesempatannya yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dalam bidang teknik pertambangan dalam proses penyusunan skripsi penulis.

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada kedua orang tua, Almarhum Bapak Arifuddin yang menjadi sosok inspiratif bagi penulis dalam kehidupan sehari-harinya dan Ibu Sudarmi S.Pd yang telah memberikan motivasi dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi serta saudara yang senantiasa memberikan semangat dari awal perkuliahan sampai penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari terdapat kekurangan dan keterbatasan selama penyusunan Skripsi ini, sehingga penulis senantiasa mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi penyempurnaan skripsi. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat sebagai bekal ilmu pengetahuan bagi penulis dan pembaca.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 6 Oktober 2022

Arga Gautama

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Tahapan Penelitian	4
1.6 Lokasi Penelitian	5
BAB II PERBANDINGAN ESTIMASI SUMBER DAYA TEREKA BATUGAMPING	7
2.1 Geologi Lembar Majene dan Bagiaann Barat Lembar Palopo	7
2.2 Batugamping	8
2.3 Data Sistem Informasi Geografis	13
2.4 Estimasi Sumber Daya dan Cadangan	18
2.5 Klasifikasi Sumber Daya Mineral dan Cadangan Batugamping	21
2.6 Metode <i>Isoline</i> (Kontur)	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Sumber Data	27

	Halaman
3.2 Pengolahan Data	28
3.3 Bagan Alir Penelitian	37
BAB IV PERBANDINGAN ESTIMASI SUMBER DAYA TEREKA ENDAPAN	
BATUGAMPING MENGGUNAKAN METODE <i>ISOLINE</i>	38
4.1 Identifikasi Batugamping Daerah Penelitian	38
4.2 Peta Topografi	40
4.3 Analisis Data	40
4.4 Estimasi Sumber Daya Tereka Batugamping	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1	Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian 6
2.1	Hasil <i>Cropped</i> Peta Geologi Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo 7
2.2	Klasifikasi Batugamping Menggunakan Klasifikasi Dunham 12
2.4	Tampilan pada saat Mendownload Data Citra BIG..... 16
2.5	Tampilan Data Citra BIG 16
2.6	Tampilan Mendownload Data Citra USGS 18
2.7	Tampilan Data Citra USGS 18
2.8	Hubungan antara Hasil Eksplorasi, Sumberdaya Mineral dan Cadangan Mineral..... 22
3.1	Tampilan Pengimputan Data Citra BIG 29
3.2	Tampilan Pengimputan Data Citra USGS 30
3.3	Tampilan <i>Buffer</i> 30
3.4	Tampilan Hasil <i>Buffer</i> 31
3.5	Tampilan Data Topo dari Hasil Data Citra BIG 31
3.6	Tampilan Data Topo dari Hasil Data Citra USGS 32
3.7	Tampilan <i>Point</i> dan Data Topografi dari Hasil Data Citra BIG 32
3.8	Tampilan <i>Point</i> dan Data Topografi dari Hasil Data Citra USGS 33
3.9	Tampilan Hasil <i>Export</i> Data Topografi Hasil Data Citra BIG 33
3.10	Tampilan Hasil <i>Export</i> Data Topografi Hasil Data Citra USGS 34
3.11	Pengimputan Data 34
3.12	Penyimpanan Data 35
3.13	Tampilan Hasil <i>Report</i> Data 35

3.14	Tampilan Peta Kontur	36
3.15	Tampilan Bentuk Peta Topografi	36
3.16	Bagan Alir Penelitian.....	37
4.1	Sampel Batugamping di Lokasi Penelitian dengan Nama Batugamping	39
4.2	Sampel Batugamping di Lokasi Penelitian dengan Nama Batugamping	40
4.3	Tampilan Data Topografi dari Data BIG dan USGS	41
4.4	Pengimputan Data Topografi	41
4.5	Tampilan Penyimpanan Data dengan Format Text Data	42
4.6	Tampilan Peta Kontur pada <i>Layout</i>	42
4.7	Tampilan Perhitungan Luas dari Setiap Elevasi	43
4.8	Tampilan Hasil Perhitungan Luas dari Setiap Elevasi	43
4.9	Tampilan Hasil Pengolahan Data	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Klasifikasi Batugamping Berdasarkan Kadar Dolomit	11
2.3 Kisaran Kadar Batugamping di Indonesia	13
3.1 Contoh Data Topografi dari Data Citra BIG (Badan Infomasi Geospasial)	27
3.2 Contoh Data Topografi dari Data Citra USGS (<i>United State Geological Survey</i>)	28
3.3 Contoh Data Singkapan	28
4.1 Perhitungan Luas Tiap Elevasi dari Data Citra BIG	45
4.2 Perhitungan Luas Tiap Elevasi dari Data Citra USGS	46
4.3 Perhitungan Volume dan Tonase dari Data Citra BIG	49
4.4 Perhitungan Volume dan Tonase dari Data Citra USGS	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A DATA TOPOGRAFI DARI DATA CITRA BIG (BADAN INFORMASI GEOSPASIAL) DAN USGS (<i>UNITED STATE GEOLOGICAL SURVEY</i>)	58
B PETA TOPOGRAFI DARI DATA CITRA BIG (BADAN INFORMASI GEOSPASIAL) DAN USGS (<i>UNITED STATE GEOLOGICAL SURVEY</i>)	71
C PETA TUNJUK LOKASI DAERAH PENELITIAN	74
D HASIL ANALISIS XRD	76
E LEMBAR KONSULTASI	80

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Eksplorasi adalah kegiatan awal dalam pencarian sumber daya alam. Kegiatan eksplorasi harus diperhitungkan secara baik dan detail, sehingga tidak menyebabkan kerugian pada perusahaan. Seiring dengan perkembangan teknologi, maka metode perhitungan sumber daya telah sangat berkembang secara komputerisasi dengan menggunakan permodelan yang sudah ada saat ini tanpa mengubah filosofi perhitungannya. Prinsip perhitungan sumber daya adalah berdasarkan hasil suatu kisaran dan model sumber daya yang dibuat adalah hasil pendekatan kondisi sebenarnya yang di peroleh dari kegiatan eksplorasi (Nurhakim, 2006).

Perhitungan sumber daya merupakan sebuah langkah kuantitatif terhadap sumber daya alam. Perhatian dilakukan dengan berbagai prosedur metode yang didasarkan pada pertimbangan empiris maupun teoritis. Perhitungan sumber daya merupakan hal yang penting pada evaluasi suatu kegiatan penambangan sangat tergantung pada jumlah sumber daya endapan sebelum melakukan perhitungan sumber daya (Widayat, 2005).

Sumber daya tereka adalah dimana tonase, kadar, dan kandungan mineral dapat diestimasi dengan tingkat kepercayaan yang rendah. Sumber daya tertunjuk adalah sumber daya mineral yang tonase, densitas, bentuk, dimensi, kimia, kadar dan kandungannya dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan geologi (*geological assurance*) *medium*. Sedangkan sumber daya terukur adalah sumber daya mineral yang tonase, densitas, bentuk, dimensi, kimia, kadar dan kandungannya dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan geologi (*geological assurance*) tinggi. Dalam

menghitung sumber daya ada beberapa metode yang digunakan seperti metode penampang (*cross section*), metode poligon (*area of influence*), metode kontur (*isoline*). Metode *kriging*, metode *triangular* dan metode *circular USGS 1983* (Widayat, 2005).

Batugamping merupakan bahan galian yang dapat dimanfaatkan salah satunya sebagai bahan baku semen (Hadi dkk, 2021). Potensi batugamping di Indonesia sangat besar dan tersebar hampir merata di seluruh kepulauan Indonesia. Data yang pasti tentang jumlah sumber daya batugamping belum ada. Namun secara umum potensi batugamping di Indonesia berdasarkan peta geologinya diperkirakan sekitar 28,678 miliar ton (Madiadipoera,1990).

Penginderaan jarak jauh, ada beberapa data yang digunakan seperti data citra dari BIG (Badan Informasi Geospasial) dan USGS (*United State Geological Survey*). BIG (Badan Informasi Geospasial) merilis data DEMNAS (*Digital Elevation Model Nasional*). *Digital Elevation Model* (DEM) atau disebut dengan model elevasi digital merupakan visualisasi topografi atau ketinggian muka tanah yang dibangun berdasarkan hasil interpolasi deterministic. DEMNAS merupakan integrasi data ketinggian yang meliputi data IFSAR (resolusi 5m), TERRASAR-X (resolusi 5m) dan ALOS PALSAR (11.25m). Dengan beberapa macam data ini, DEMNAS mempunyai resolusi spasial 0.27 *arc-second* (BIG, 2015). USGS *Earth explorer* adalah sumber data yang disediakan dari lembaga survey geologi miril amerika serikat. USGS (*United State Geological Survey*) mempunyai sistem satelit yang disebut dengan landsat 8. Landsat 8 adalah generasi terbaru menggantikan Landsat 7 yang memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 dimana kanal 1-9 berada pada OLI dan kanal 10 dan 11 pada TIRS. Data citra satelit Landsat 8 memiliki resolusi spasial 30 m untuk kanal 1, 2, 3, 4, 5, 6,7, dan kanal 9, sedangkan kanal *panchromatic* memiliki resolusi spasial 15 m. Selain beresolusi spasial

30 m dan 15 m, pada kanal 10 dan 11 yang merupakan kanal TIR-1 dan TIR-2 memiliki resolusi spasial 100 m (USGS, 2015).

Kelas sumber daya yang digunakan dalam penelitian merupakan kelas sumber daya tereka, hal ini dikarenakan merupakan eksplorasi awal dalam penelitian ini. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi dan perbandingan estimasi sumber daya batugamping dengan menggunakan metode *isoline* antara data citra BIG dan USGS yang berada pada lokasi penelitian. Sehingga peneliti mengangkat judul tugas akhir yaitu "Perbandingan Estimasi Sumber Daya Tereka Batugamping Menggunakan Metode *Isoline* antara Data Citra Badan Informasi Geospasial dan *United State Geological Survey*".

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengestimasi sumber daya batugamping menggunakan metode *isoline* berdasarkan data citra BIG (Badan Informasi Geospasial).
2. Bagaimana mengestimasi sumber daya batugamping menggunakan metode *isoline* berdasarkan data citra USGS (*United State Geological Survey*).
3. Bagaimana perbandingan antara data citra BIG dan USGS dari hasil estimasi batugamping menggunakan metode *isoline*.
4. Bagaimana mengidentifikasi jenis batugamping yang berada pada daerah penelitian?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan jumlah sumber daya tereka batugamping menggunakan metode *isoline* berdasarkan data citra BIG (Badan Informasi Geospasial).

2. Menentukan jumlah sumber daya tereka batugamping menggunakan metode *isoline* berdasarkan data citra USGS (*United State Geological Survey*).
3. Mengetahui perbandingan antara data citra BIG dan USGS dari hasil estimasi sumber daya batugamping menggunakan metode *isoline*.
4. Mengetahui identifikasi jenis batuan yang berada pada daerah penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari kegiatan penelitian yang dilakukan adalah penelitian ini dapat menjadi sumber referensi bagi akademisi dan perusahaan tambang untuk mengetahui potensi dan perbandingan sumber daya mineral melalui proses estimasi dengan menggunakan metode tertentu dan data citra yang berbeda.

1.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Tahap studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengkaji buku-buku teks, jurnal penelitian, dan laporan sebelumnya mengenai estimasi sumberdaya batugamping dan data citra serta informasi penting lainnya yang bisa di akses melalui media internet.

2. Tahap perumusan masalah

Perumusan masalah dilakukan untuk menentukan masalah yang akan diteliti dan menjadi batasan dalam melakukan penelitian.

3. Tahap orientasi lapangan dan pengambilan data

Orientasi lapangan dilakukan pada Daerah Desa Suruang Kecamatan Campalagian Kabupaten Polewali Mandar Provinsi Sulawesi Barat dan melakukan pengambilan data sekunder berupa data hasil kegiatan pengukuran singkapan berupa titik koordinat dan pengambilan sampel batuan.

4. Tahap pengolahan data

Data yang telah diperoleh dari hasil pengambilan data kemudian diolah untuk melakukan estimasi sumber daya tereka batugamping pada daerah penelitian. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Software Microsoft excel 2013*, *Arcgis 10.8* dan *Golden Software Surfer 13* untuk memudahkan dalam melakukan estimasi sumber daya tereka batugamping.

5. Tahap penyusunan laporan tugas akhir

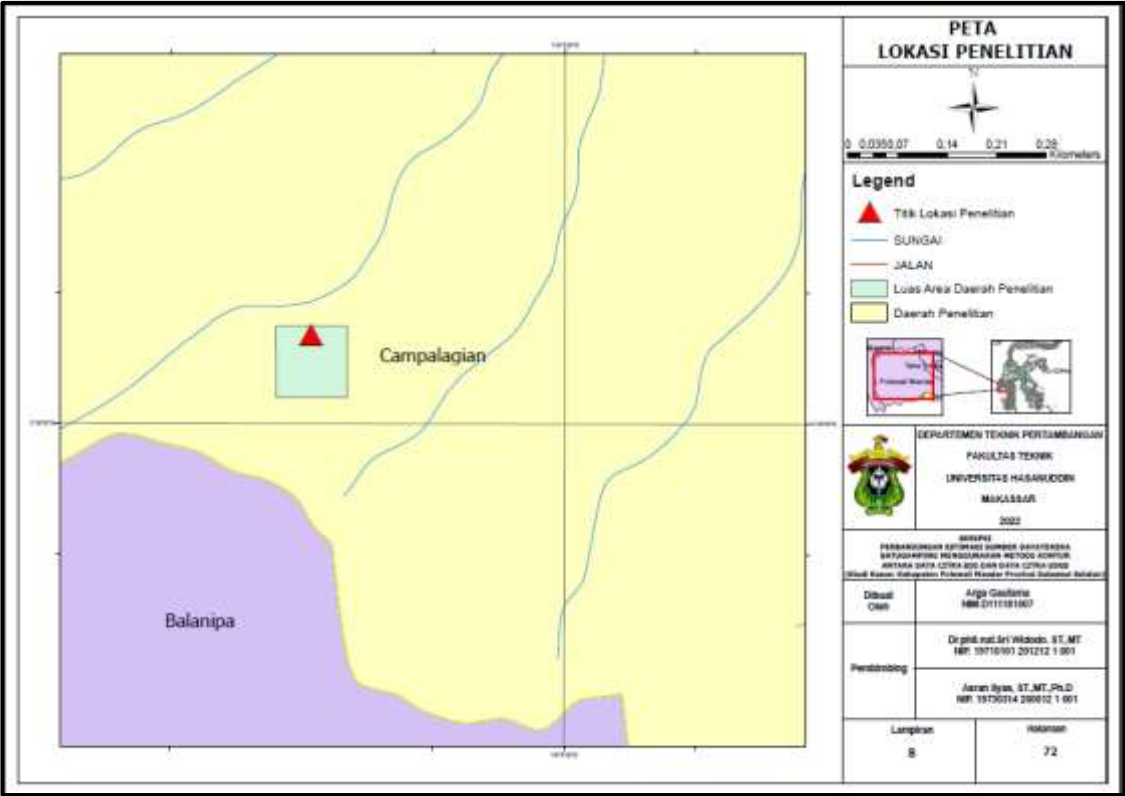
Penyusunan laporan tugas akhir merupakan kegiatan mengumpulkan keseluruhan data yang didapatkan dan disusun dalam bentuk laporan tugas akhir.

6. Tahap seminar dan penyerahan laporan tugas akhir

Laporan hasil penelitian akan dipresentasikan dalam seminar hasil. Koreksi dan saran pada saat seminar akan digunakan untuk merevisi kembali laporan yang telah diseminarkan.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel batugamping yang digunakan pada penelitian ini berada pada Daerah Desa Suruang, Kecamatan Campalagian, Kabupaten Polewali Mandar, Pravinsi Sulawesi Barat. Secara astronomis, lokasi penelitian tersebut terletak pada koordinat 119°2'42.32" BT dan 3°2'14.86" LS. Lokasi penelitian dapat ditempuh dengan menggunakan angkutan darat dari Kota Makassar yang merupakan Ibu Kota Provinsi Sulawesi Selatan. Total jarak tempuh sekitar 290 km dengan estimasi waktu perjalanan sekitar \pm 6 jam. Lokasi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1.



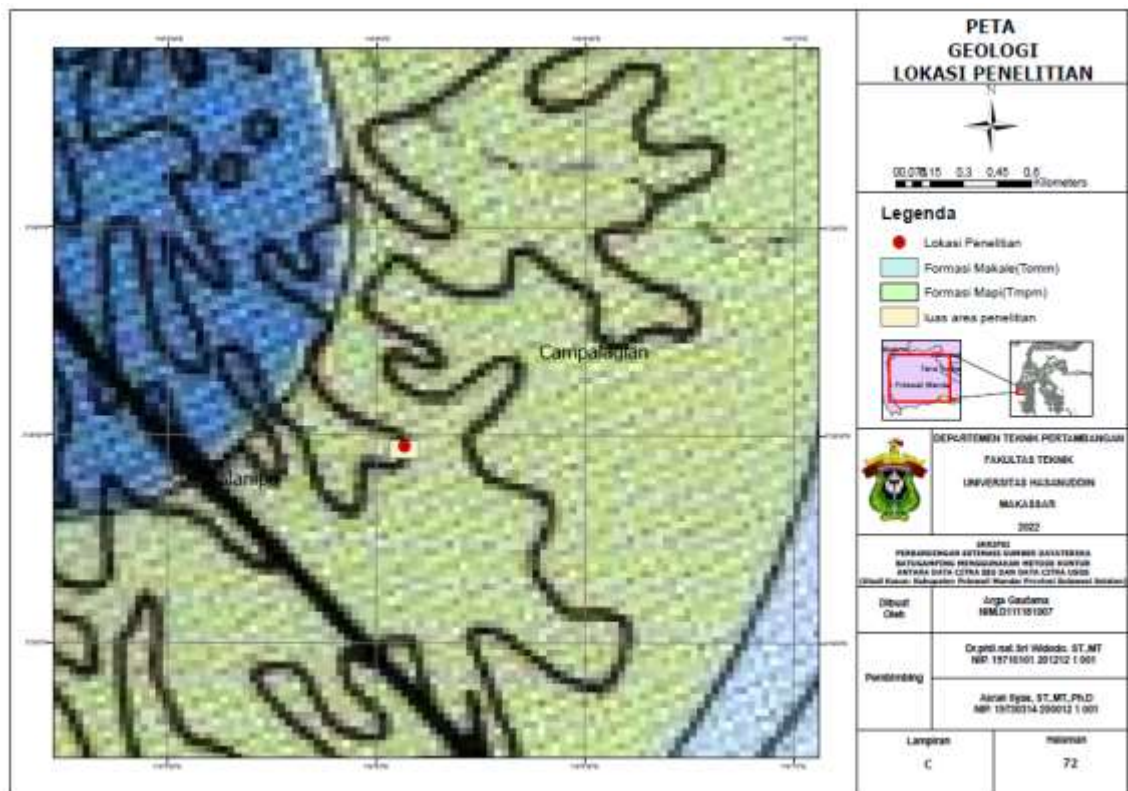
Gambar 1.1 Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian

BAB II

PERBANDINGAN ESTIMASI SUMBER DAYA TEREKA BATUGAMPING

2.1 Geologi Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo

Kondisi geologi regional di Provinsi Sulawesi Barat dan indikasi potensi sumber daya mineral di Provinsi Sulawesi Barat, dirujuk dari hasil Pemetaan Geologi Bersistem Skala 1 : 250.000 Terbitan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPPG) Bandung, pada Lembar Mamuju (Ratman dan Atmawinata, 1993) serta Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo (Djuri dkk, 1998). Uraian geologi regional daerah penelitian dirujuk dari Peta Geologi Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo (Djuri dkk, 1998) dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Hasil *Cropped* Peta Geologi Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo (Djuri dkk, 1998).

Uraian geologi regional daerah penelitian dirujuk dari Peta Geologi Regional Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo yang telah dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung (Djuri dkk, 1998). Formasi-formasi batuan yang tersebar di sekitar daerah penelitian meliputi; Formasi Makale (Tomm) yang merupakan Batugamping terumbu, terbentuk di laut dangkal. Umurnya diduga Miosen Awal - Miosen Tengah. Selain dari Formasi Makale (Tomm), terdapat Formasi Mapi (Tmmpm) yang merupakan batupasir tufa, batulanau, batulempung, batugamping pasiran dan konglomerat. Berdasarkan kandungan fosil foraminiferanya umur formasi ini Miosen Tengah – Pliosen. Formasi ini tersingkap di daerah S. Mapi, tebalnya sekitar 100 m. Naval Pembauang (Qpps) adalah Naval tufa, serpih napalan mengandung nodul, batupasir tufa, dan lensa-lensa konglomerat, mengandung fosil foraminifera yang menunjukkan umur Plistosen. Tebal satuan sekitar 300 m, dan kemungkinan terendapkan di lingkungan laut dangkal. Struktur geologi berupa sesar-sesar dan antiklin dengan arah timur-barat, baratlaut-tenggara sampai utara-selatan berkembang cukup intensif di bagian barat daerah penelitian, yaitu pada Satuan Tmmpm (Djuri dkk, 1998).

2.2 Batugamping

Indonesia memiliki potensi batugamping yang sangat besar dan hampir tersebar merata di seluruh kepulauan Indonesia. Akan tetapi data yang pasti mengenai jumlah sumberdaya batugamping tersebut belum ada, namun berdasarkan sebaran peta geologinya, potensi batugamping yang terdapat di Indonesia diperkirakan sekitar 28,678 miliar ton (Permana, 2018). Di lengan tenggara pulau Sulawesi, batugamping hadir sebagai batuan pratersier maupun batuan kuartar yang tersebar hampir di seluruh wilayah. Batugamping yang umumnya hadir berupa batugamping terumbu, batugamping klastik, batugamping kristalin, beberapa di antaranya telah mengalami

rombakan membentuk kalkarenit, napal, dan batupasir karbonatan (Rusmana dkk., 1993).

Batugamping merupakan salah satu jenis bahan galian mineral industri yang komposisi utamanya adalah mineral karbonat. Mineral dapat berupa kalsit (CaCO_3), dolomit (MgCO_3), dan beberapa mineral sekunder lain seperti siderit dan rodokrosit. Jika batugamping memiliki kandungan kalsium yang tinggi dibanding magnesium maka kualitasnya baik untuk digunakan sebagai baku bahan industri semen sebaliknya jika kalsium memiliki kadar rendah sedangkan kadar magnesium tinggi maka kualitasnya buruk sebagai bahan baku industri semen, namun cocok digunakan sebagai bahan bangunan. Kadar magnesium tinggi berdampak pada proses pengerasan, karena tidak dapat terikat oleh unsur lain dalam semen. Batugamping yang mengandung CaO (kalsium oksida) lebih dari 50% sangat baik digunakan untuk bahan bangunan dalam bentuk semen (Santika dan Mulyadi, 2017). Selain sebagai semen, batugamping juga dapat digunakan sebagai industri kaca, pembuatan soda abu peleburan dan pemurnian baja, bahan pemutih dalam industri kertas dan karet, serta digunakan sebagai pupuk kapur tohor untuk pertanian. Sumberdaya batugamping cukup besar sehingga pengembangan industri pertambangannya memiliki prospek yang sangat baik (Suhala dan Arifin, 1997).

Batugamping merupakan bahan galian yang dapat dimanfaatkan salah satunya sebagai bahan baku semen. Semen merupakan suatu bahan *hidrolis*, yaitu bahan yang akan mengalami proses pengerasan pada pencampurannya dengan air ataupun dengan larutan asam. Dalam pembuatan semen terdapat tiga bahan baku, yaitu batugamping sebagai bahan baku utama, kemudian terdapat bahan baku *corrective* yaitu pasir besi dan pasir kuarsa serta bahan baku *additive* yaitu *gypsum*. Senyawa utama batugamping yang dimanfaatkan sebagai bahan baku semen adalah senyawa CaO. Pada keterbentukan batugamping, nilai kadar CaO memiliki variasi yang

diakibatkan adanya perbedaan fasies dalam proses pembentukannya. Dengan adanya variabilitas antara spasial terhadap kadar CaO di alam, sehingga distribusinya belum tentu homogen, dengan demikian perlu adanya pemodelan dan estimasi sumberdaya untuk mendapatkan distribusi kadar CaO. Pada dasarnya pemodelan dan estimasi sumberdaya bertujuan untuk mengetahui kuantitas dan distribusi kualitas batugamping. Dengan adanya nilai syarat kadar CaO sebagai bahan baku semen yang telah ditentukan perusahaan yaitu 47%, maka pemodelan dan estimasi sumberdaya ini sangat penting sehingga didapatkan model blok sumberdaya dengan berdasarkan kualitasnya yaitu kadar CaO (Hadi dkk, 2021).

2.2.1 Klasifikasi Batugamping

Batugamping yang dikenal sebagai batu kapur merupakan bagian dari batuan karbonat yang disusun oleh dominan mineral mineral karbonat (Kusumadinata, 1983). Penyusun utama batugamping adalah mineral kalsit (CaCO_3), sedangkan mineral karbonat lain yang dapat hadir adalah dolomit ($\text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2$), aragonit (CaCO_3), kalsit yang kaya akan magnesit, Magnesit (MgCO_3) dan siderit (FeCO_3). Mineral lain dapat juga hadir sebagai mineral pengotor yang terbentuk pada saat pengendapan seperti mineral lempung, kuarsa (silika). Kehadiran mineral pengotor tersebut dapat menjadi dasar pengklasifikasian batugamping. Bila batugamping banyak dikotori oleh magnesit, maka disebut dolomit, bila pengotor mineral lempung disebut batugamping lempungan dan bila pengotornya kuarsa disebut batugamping kuarsa. Warna dari batugamping sangat di kontrol oleh persentasi mineral penyusun yang dominan dan mineral pengotornya. Batugamping yang berwarna putih susu dominan disusun oleh mineral kalsit, berwarna abu-abu muda – tua menunjukkan kehadiran unsur magnesium, warna kemerah-merahan umumnya disebabkan oleh hadirnya mangan dan warna kehitaman disebabkan oleh hadirnya unsur organik (Suhala dan Arifin, 1997). Batugamping termasuk kedalam jenis bahan galian *non* -logam yang digunakan sebagai bahan baku

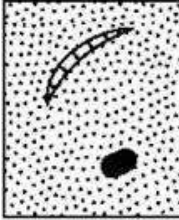
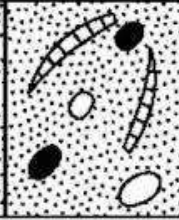
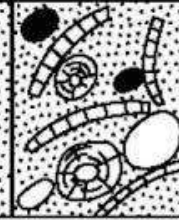
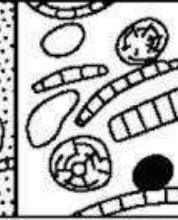

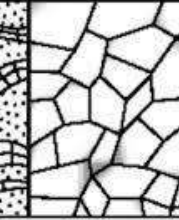
semen. Proses pembuatan semen harus memperhatikan kualitas dari batugamping untuk mendapatkan kualitas semen yang baik. Kualitas batugamping tergantung pada mineralogi batugamping, karakteristik kimia batugamping dan geological setting (Choerunnisa, 2019). Klasifikasi batugamping berdasarkan kadar dolomit dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Batugamping Berdasarkan Kadar Dolomit (Suhala & Arifin, 1997)

Nama Batuan	Kadar Dolomit (%)	Kadar MgO (%)
Batugamping	0 – 5	0,1 – 1,1
Batugamping bermagesium	5 – 10	1,1 – 2,2
Batugamping dolomitan	10 – 50	2,2 – 10,9
Batugamping berkalsium	50 – 90	10,9 – 19,7
Dolomit	90 – 100	19,7 – 21,8

Batugamping termasuk kedalam jenis bahan galian *non*-logam yang digunakan sebagai bahan baku semen. Proses pembuatan semen harus memperhatikan kualitas dari batugamping untuk mendapatkan kualitas semen yang baik. Kualitas batugamping tergantung pada mineralogi batugamping, karakteristik kimia batugamping dan *geological setting* (Dunham, 1962).

Karakteristik kimia batugamping memperhatikan kandungan utama senyawa oksida diantaranya CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, yang kemudian dapat dilihat korelasi antar senyawa oksida pada batugamping. Klasifikasi batugamping menggunakan klasifikasi Dunham (1962) dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Depositional texture recognizable					Depositional texture not recognizable
Original components not bound together during deposition				Original components were bound together	
Contains mud (clay and fine silt-size carbonate)		Lacks mud and is grain supported			
Mud-supported	Grain-supported				
Less than 10% grains	More than 10% grains				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Crystalline
					

Gambar 2.2 Klasifikasi Batugamping menggunakan Klasifikasi Dunham (Dunham, 1962).

2.2.2 Potensi dan Cadangan Batugamping di Indonesia

Potensi batugamping di Indonesia sangat besar dan tersebar hampir merata di seluruh kepulauan Indonesia. Data yang pasti tentang jumlah sumberdaya batugamping belum ada. Namun secara umum potensi batugamping di Indonesia berdasarkan peta geologinya diperkirakan sekitar 28,678 miliar ton (Madiadipoera, 1990) dengan perincian lebih kurang 61,376 juta ton merupakan cadangan terunjuk (*probable*) dan 28,616 milyar ton merupakan cadangan tereka (*possible*), termasuk di dalamnya cadangan dengan klasifikasi spekulatif dan hipotetik. Sebagian besar cadangan batugamping Indonesia terdapat di Sumatra Barat dengan jumlah cadangan diperkirakan sekitar 23,23 milyar ton, atau hampir 81,02% dari cadangan seluruhnya. Cadangan batugamping di Indonesia mempunyai kadar seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kisaran Kadar Batugamping di Indonesia (Suhala & Arifin, 1997)

No	Unsur	Kisaran Kadar (%)
1	CaO	40 – 55
2	SiO	0.23 – 18.12
3	Al ₂ O ₃	0.20 – 4.33
4	Fe ₂ O ₃	0.1 – 1.36
5	MgO	0.05 – 4.26
6	CO ₂	35.74 – 42.78
7	H ₂ O	0.1 – 0.85
8	P ₂ O ₅	0.072 – 0.109
9	K ₂	0.18
10	L.O.I	40.06

2.2.3 Pemanfaatan Batugamping

Batugamping dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan, baik kebutuhan industri maupun rumah tangga. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan adalah kekompakan dan tekstur, kehadiran mineral sekunder, dan hadirnya unsur pengotor pada kandungan beberapa jenis senyawa tertentu pada batugamping (Sukandarrumidi, 2016). Batugamping untuk keperluan bahan bangunan harus memiliki kandungan CaO dan MgO minimum 95%, sedangkan batugamping pada industri semen memerlukan CaO pada kisaran 50-55% dengan kadar MgO maksimum sebesar 2% (Santika dan Mulyadi, 2017). Umumnya beberapa senyawa utama yang digunakan sebagai nilai ambang adalah CaO, CaCO₃, MgO, Fe₂O₃, dan SiO₂ (Suhala dan Arifin, 1997).

2.3 Data Sistem Informasi Geografis

SIG (Sistem Informasi Geografis) adalah sistem yang berbasis komputer (CBIS) yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografis. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis objek-objek dan fenomena di mana lokasi geografis merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis (Aronoff, 1989).

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni dalam memperoleh informasi mengenai suatu obyek, area, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan alat tanpa suatu kontak langsung. Saat ini teknologi penginderaan jauh berbasis satelit menjadi sangat populer dan digunakan untuk berbagai tujuan kegiatan, salah satunya untuk mengidentifikasi potensi sumber daya kehutanan. Hal ini disebabkan perolehan data penginderaan jauh melalui satelit menawarkan beberapa keunggulann, antara lain harga yang murah, periode ulang perekaman daerah yang sama, pemilihan spektrum panjang gelombang untuk mengatasi hambatan atmosfer, daerah cakupannya yang luas dan mampu menjangkau daerah terpencil, bentuk datanya digital, serta kombinasi saluran spectral (*band*) sehingga data tersebut dapat diolah dalam berbagai keperluan, seperti pengolahan citra untuk membuat peta administrasi, peta tutupan lahan, dan sebagainya (Lillesand, 2015). Dalam melakukan penginderaan jarak jauh, ada beberapa data yang digunakan seperti data citra dari BIG (Badan Informasi Geospasial) dan USGS (*United State Geological Survey*).

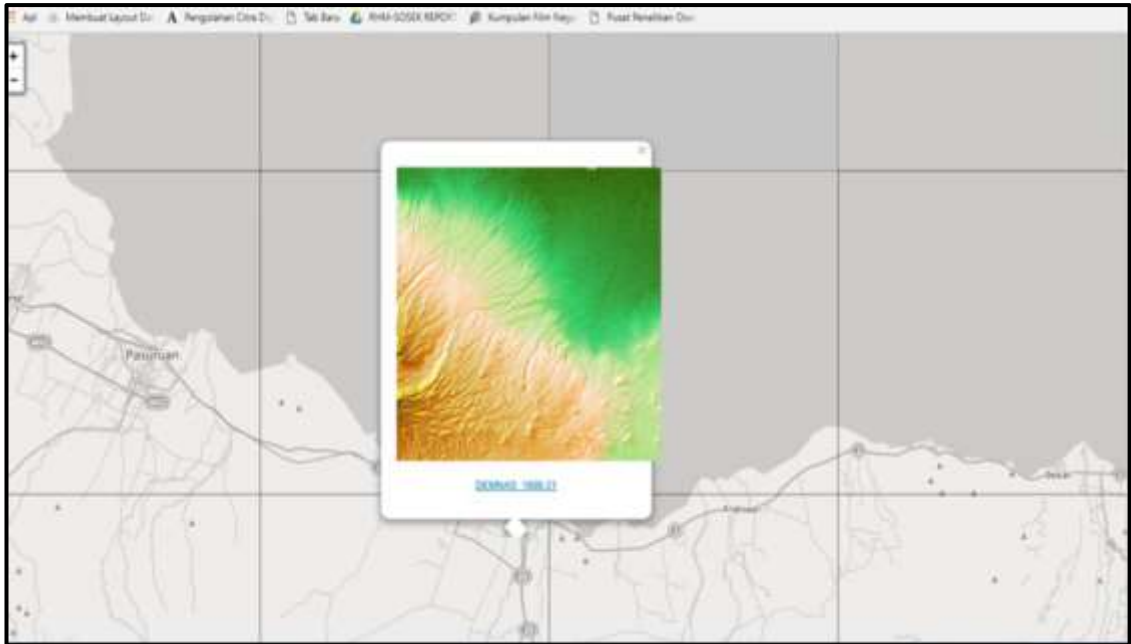
2.3.1 Data Citra BIG (Badan Informasi Geospasial)

Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai instansi yang ditunjuk oleh pemerintah sebagai penanggung jawab penyediaan informasi geospasial dasar sesuai dengan UU Informasi Geospasial nomor 4 Tahun 2011 pun memanfaatkan CSRT (Citra Satelit Resolusi Tinggi) untuk keperluan pembuatan peta skala 1:5.000. CSRT yang dimaksud adalah citra satelit tegak yang memiliki resolusi spasial kurang dari 1 meter (BIG, 2015). Sekitar akhir Juli 2018 BIG (Badan Informasi Geospasial) merilis data DEMNAS (*Digital Elevation Model Nasional*). *Digital Elevation Model* (DEM) atau disebut dengan model elevasi digital merupakan visualisasi topografi atau ketinggian muka tanah yang dibangun berdasarkan hasil interpolasi deterministic. DEM berisi informasi koordinat posisi (x,y) dan elevasi (z) pada setiap pikselnya. Selain DEM, DSM (*Digital Surface Model*) dan DTM (*Digital Terrain Model*) juga berisikan informasi mengenai

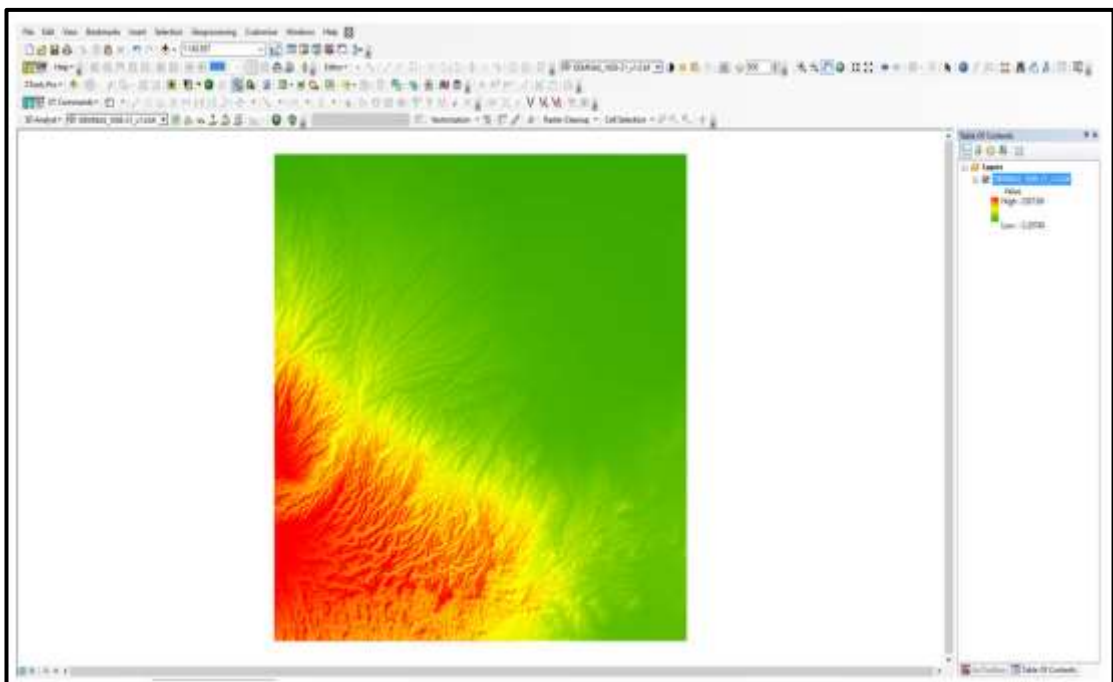
ketinggian. Data DEM secara nasional dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). DEM ini disebut dengan DEMNAS (DEM Nasional). DEMNAS merupakan integrasi data ketinggian yang meliputi data IFSAR (resolusi 5m), TERRASAR-X (resolusi 5m) dan ALOS PALSAR (11.25m). Dengan beberapa macam data ini, DEMNAS mempunyai resolusi spasial 0.27 arc-second . Datum atau referensi vertikal yang digunakan adalah *Earth Gravitational Model 2008* (EGM 2008). Data-data yang telah terintegrasi ini ditambahkan dengan titik-titik ikat (*mass point*) melalui proses asimilasi. *Mass point* merupakan titik-titik yang memuat informasi koordinat tiga dimensi yaitu x, y dan z di permukaan bumi. Proses asimilasi pada data DEMNAS menggunakan *GMT-surface* dengan tension 0.32 (Hell & Jakobsson, 2011).

DEMNAS ini masih tergolong baru dan belum dimanfaatkan maksimal untuk penelitian di Indonesia. Beberapa penelitian cenderung masih menggunakan data DEM yang diperoleh dari RBI atau website penyedia data DEM seperti <http://srtm.csi.cgiar.org>, <https://earthexplorer.usgs.gov/>, <https://asterweb.jpl.nasa.gov/>, <https://www.eorc.jaxa.jp>. DEM yang diunduh dari beberapa website tersebut merupakan DEM global dengan resolusi menengah sampai kecil. Sebagai contoh, SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) mempunyai resolusi DEM 1 arc second (30 m) pada ekuator di *United States* dan 3 arc second (90 m) di seluruh dunia (Gallant et al., 2011). Data DEM yang dihasilkan oleh SRTM mempunyai standar deviasi yang lebih besar dibandingkan dengan data DEM yang dihasilkan oleh peta RBI (Rupa bumi Indonesia) (Prayudha dan Suyarso, 2015). Sehingga data DEM dari SRTM ini mempunyai bias yang lebih besar dengan data lapangan yang ada di Indonesia. Keunggulan data DEMNAS ini yaitu mempunyai resolusi spasial yang lebih tinggi 0.27 arc-second dibandingkan dengan resolusi data DEM internasional yang masih 3 arc-second . Meskipun masih tergolong dalam perkembangan, namun dengan adanya data DEMNAS yang telah dirilis oleh BIG diharapkan mampu mengatasi kelemahan dari data

DEM yang diunduh dari website penyedia data DEM internasional. Tulisan ini akan memaparkan mengenai DEMNAS secara rinci seperti perolehan data, serta pemanfaatan DEMNAS untuk aplikasi wilayah pesisir. Tampilan pada saat mendownload data citra BIG dapat dilihat pada Gambar 2.3. dan Tampilan data citra BIG dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.3. Tampilan pada saat Mendownload Data Citra BIG.



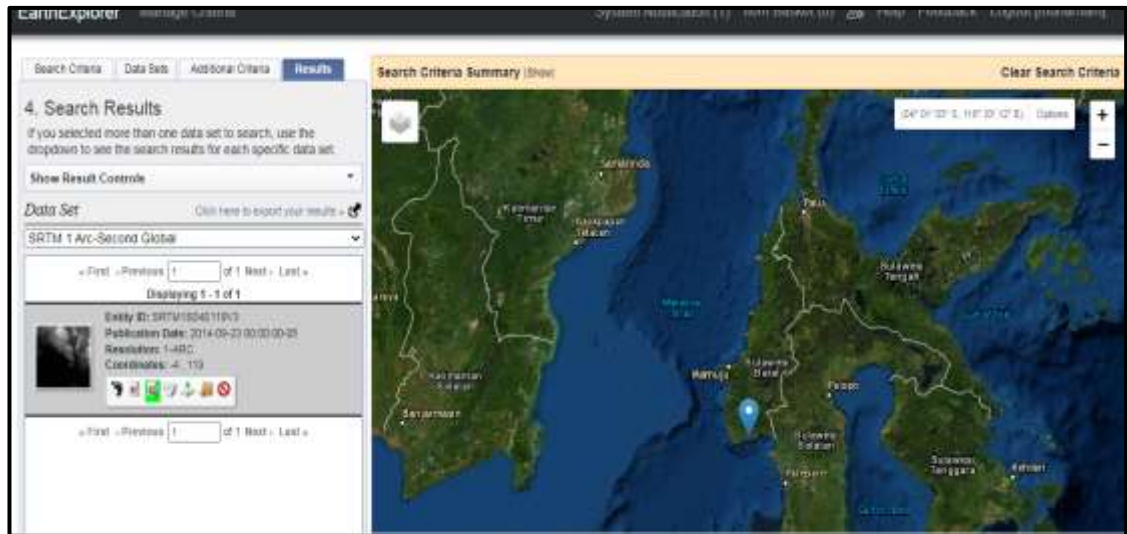
Gambar 2.4. Tampilan Data Citra BIG.

2.3.1 Data Citra USGS (*United State Geological Survey*)

USGS *Earth explorer* adalah sumber data yang disediakan dari lembaga survey geologi miril amerika serikat. Didalamnya banyak sekali data dengan berbagai macam resolusi, sensor dan juga tema. Data data didalam nya kebanyakan mencakup wilayah bagian amerika akan tetapi tidak jarang pula didalam nya ditemukan data yang memiliki cakupan global. USGS (*United State Geological Survey*) mempunyai sistem satelit yang disebut dengan landsat 8 (USGS, 2015).

Citra satelit landsat biasanya digunakan dalam penginderaan jauh untuk klasifikasi tutupan lahan. Satelit Landsat-8 telah berhasil diluncurkan NASA pada tanggal 11 Februari 2013 lalu bertempat di Vandenberg Air Force Base, California. Periode checkout sekitar 100 hari setelah peluncuran memungkinkan pesawat ruang angkasa untuk melakukan manuver orbit, sistem inisialisasi dan kalibrasi kegiatan, dan pindah ke grid WRS-2, 438 mil di atas Bumi, ketika checkout selesai USGS mengambil kendali. Karakteristik dari citra Landsat 8 ini adalah menggunakan sensor *Operational Land Manager* (OLI) dengan selang band yang lebih pendek dan tambahan dua *band* tambahan (9 *Band*). Citra Landsat-8 disinyalir memiliki akurasi geodetik dan geometrik yang lebih baik (Gumma, 2011).

Landsat 8 adalah generasi terbaru menggantikan Landsat 7 yang memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 dimana kanal 1-9 berada pada OLI dan kanal 10 dan 11 pada TIRS. Data citra satelit Landsat 8 memiliki resolusi spasial 30 m untuk kanal 1, 2, 3, 4, 5, 6,7, dan kanal 9, sedangkan kanal panchromatic memiliki resolusi spasial 15 m. Selain beresolusi spasial 30 m dan 15 m, pada kanal 10 dan 11 yang merupakan kanal TIR-1 dan TIR-2 memiliki resolusi spasial 100 m (USGS, 2015). Tampilan pada saat mendownload data citra USGS dapat dilihat pada Gambar 2.5. dan tampilan data citra USGS dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.5. Tampilan mendownload Data Citra USGS



Gambar 2.6. Tampilan Data Citra USGS.

2.4 Estimasi Sumber Daya dan Cadangan

Estimasi atau penaksiran merupakan cara yang digunakan untuk menaksir kuantitas yang tidak diketahui. Estimasi didasarkan pada empiris atau dalil probabilitas dalam statistik (Waterman, 2018). Estimasi sumber daya dan cadangan mineral adalah penaksiran kuantitas dan penyebaran dari mineral yang menguntungkan dan dapat diekstraksi secara legal dari cadangan mineral melalui penambangan dan/atau

pemanfaatan mineral. Penaksiran cadangan mineral tidak hanya meliputi pertimbangan tonase dan kadar endapan tetapi juga pertimbangan aspek teknik dan hukum penambangan endapan, pemanfaatan mineral dan penjualan produk (Hatman, 1992).

Sumber daya (*resource*) adalah jumlah atau kuantitas bahan galian yang terdapat di permukaan atau di bawah permukaan bumi yang sudah diteliti tetapi belum dilakukan studi kelayakan. Istilah sumber daya dalam bidang teknis kebumiharian dapat berkonotasi kuantitatif, yaitu perkiraan besarnya potensi sumber daya batubara secara teknis menunjukkan harapan untuk dapat dikembangkan setelah dilakukan penelitian dan eksplorasi. Keberadaan bahan galian di dalam perut bumi dapat diketahui dari sejumlah indikasi adanya bahan galian tersebut di permukaan bumi. Keadaan seperti demikian memberikan kesempatan kepada para ahli untuk melakukan penyelidikan lebih lanjut, baik secara geologi, geofisika, pengeboran maupun lainnya. Sumber daya ini dapat meningkat menjadi cadangan setelah dilakukan kajian kelayakan dan dinyatakan layak untuk ditambang secara ekonomis sesuai dengan teknologi yang ada (Leba, 2011).

Menurut SNI (2011) Sumber Daya Mineral dan Cadangan dapat diartikan sebagai berikut:

1. Sumber Daya Mineral (*Mineral Resource*)

Sumber daya mineral adalah endapan mineral yang diharapkan dapat dimanfaatkan secara nyata. Sumber daya mineral dengan keyakinan geologi tertentu dapat berubah menjadi cadangan setelah dilakukan pengkajian kelayakan tambang dan memenuhi kriteria layak tambang.

2. Cadangan (*Reserve*)

Cadangan adalah endapan mineral yang telah diketahui ukuran, bentuk, sebaran, kuantitas dan kualitasnya dan yang secara ekonomis, teknis, hukum, lingkungan dan sosial dapat ditambang pada saat perhitungan dilakukan.

2.4.1 Pentingnya Estimasi Sumber Daya

Perhitungan sumber daya bermanfaat untuk hal berikut (Mulyono, 2004):

1. Memberikan besaran kuantitas (tonase) dan kualitas terhadap suatu endapan bahan galian.
2. Memberikan perkiraan bentuk 3 dimensi dari endapan bahan galian serta distribusi ruang (*spatial*) dari nilainya. Hal ini penting untuk menentukan urutan atau tahapan penambangan, yang pada gilirannya akan mempengaruhi pemilihan peralatan dan NPV (*Net Present Value*).
3. Jumlah sumberdaya menentukan umur tambang. Hal ini penting dalam perancangan pabrik pengolahan dan kebutuhan infrastruktur lainnya.
4. Batas-batas kegiatan penambangan (*pit limit*) dibuat berdasarkan besaran sumberdaya. Faktor ini harus diperhatikan dalam menentukan lokasi pembuangan tanah penutup, pabrik pengolahan, bengkel, dan fasilitas lainnya.

Semua keputusan teknis di atas sangat tergantung pada besaran sumber daya, perhitungan sumber daya merupakan salah satu tugas terpenting dan berat tanggung jawabnya dalam mengevaluasi suatu kegiatan penambangan. Perlu diingat bahwa perhitungan sumber daya menghasilkan suatu taksiran. Model sumber daya yang disusun adalah pendekatan dari realitas, berdasarkan data/informasi yang dimiliki dan masih mengandung ketidakpastian.

2.4.2 Persyaratan dari Penaksiran Sumber Daya

Dalam melakukan estimasi sumber daya harus memperhatikan persyaratan tertentu (Mulyono, 2004):

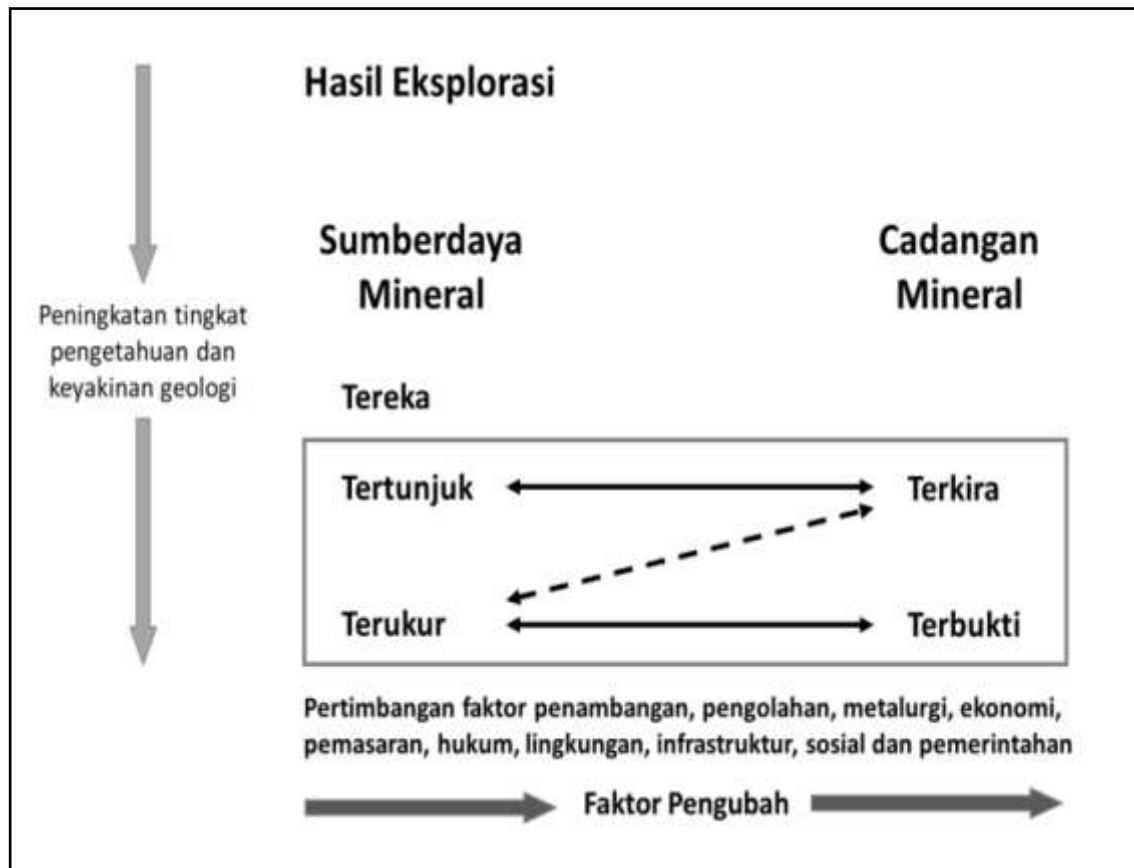
1. Suatu taksiran sumberdaya harus mencerminkan secara tepat kondisi geologis dan karakter atau sifat dari mineralisasi.

2. Suatu model sumber daya yang akan digunakan untuk perancangan tambang harus konsisten dengan metoda penambangan dan teknik perencanaan tambang yang akan diterapkan.
3. Taksiran yang baik harus didasarkan pada data faktual yang diolah atau diperlakukan secara objektif. Keputusan dipakai atau tidaknya suatu data dalam penaksiran harus diambil dengan pedoman yang jelas dan konsisten. Pembobotan yang berbeda harus dilakukan dengan dasar yang kuat.

Metoda penaksiran yang digunakan harus memberikan hasil yang dapat diuji ulang atau diverifikasi. Tahap pertama setelah penaksiran sumber daya selesai adalah memeriksa taksiran kadar blok (unit penambangan terkecil) yaitu dengan menggunakan data pemboran (komposit atau *assay*) di sekitarnya. Setelah penambangan dimulai, taksiran kadar harus dicek ulang dengan kadar dan tonase hasil penambangan yang sesungguhnya.

2.5 Klasifikasi Sumber Daya Mineral dan Cadangan Batugamping

Sumber Daya Mineral adalah suatu konsentrasi atau keterjadian dari material yang memiliki nilai ekonomi pada atau di atas kerak bumi, dengan bentuk, kualitas dan kuantitas tertentu yang memiliki keprospekan yang beralasan untuk pada akhirnya dapat diekstraksi secara ekonomis. Aspek yang perlu diketahui dalam sumberdaya mineral yaitu lokasi, kuantitas, kadar, karakteristik geologi, dan kemenerusan, sehingga dapat dilakukan estimasi atau intepretasi berdasar bukti-bukti dan pengetahuan geologi yang spesifik, termasuk pengambilan contohnya. Sumberdaya mineral dikelompokkan lagi berdasar tingkat keyakinan geologinya, kedalam kategori tereka, tertunjuk dan terukur (KMCI, 2017). Keterkaitan antara hasil eksplorasi, sumber daya mineral dan cadangan mineral dijelaskan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Hubungan umum antara hasil eksplorasi, sumberdaya mineral dan cadangan mineral (KCFI, 2017).

Klasifikasi sumber daya diklasifikasikan berdasarkan tingkat keyakinan geologi dan terdiri menjadi tiga jenis, yaitu (KCFI, 2017):

a. Sumber Daya Mineral Tereka

Sumber daya mineral tereka yaitu kuantitas dan kualitas kadarnya diestimasi berdasarkan bukti-bukti geologi dan pengambilan contoh yang terbatas. Bukti geologi tersebut memadai untuk menunjukkan keterjadiannya tetapi tidak memverifikasi kemenerusan kualitas atau kadar dan kemenerusan geologinya. Sumber daya mineral tereka memiliki tingkat keyakinan lebih rendah dalam penerapannya dibandingkan dengan sumber daya mineral tertunjuk dan tidak dapat dikonversi ke cadangan mineral. Sangat beralasan untuk mengharapkan bahwa sebagian besar sumber daya mineral tereka dapat

ditingkatkan menjadi sumber daya mineral tertunjuk sejalan dengan berlanjutnya eksplorasi.

b. Sumber Daya Mineral Tertunjuk

Sumber daya mineral tertunjuk yaitu kuantitas, kadar atau kualitas, kerapatan, bentuk, dan karakteristik fisiknya dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan yang cukup untuk memungkinkan penerapan faktor-faktor pengubah secara memadai untuk mendukung perencanaan tambang dan evaluasi kelayakan ekonomi cebakan tersebut. Bukti geologi didapatkan dari eksplorasi, pengambilan conto dan pengujian yang cukup detail dan andal, dan memadai untuk mengasumsikan kemenerusan geologi dan kadar atau kualitas diantara titik-titik pengamatan. Sumber daya mineral tertunjuk memiliki tingkat keyakinan yang lebih rendah penerapannya dibandingkan dengan sumber daya mineral terukur dan hanya dapat dikonversi ke cadangan mineral terkira.

c. Sumber Daya Mineral Terukur

Sumber daya mineral terukur yaitu kuantitas, kadar atau kualitas, kerapatan, bentuk, karakteristik fisiknya dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan yang memadai untuk memungkinkan penerapan faktor-faktor pengubah untuk mendukung perencanaan tambang detail dan evaluasi akhir dari kelayakan ekonomi cebakan tersebut. Bukti geologi didapatkan dari eksplorasi, pengambilan conto dan pengujian yang detail dan andal, dan memadai untuk memastikan kemenerusan geologi dan kadar atau kualitasnya diantara titik-titik pengamatan. Sumber daya mineral terukur memiliki tingkat keyakinan yang lebih tinggi penerapannya dibandingkan dengan sumber daya mineral tertunjuk ataupun sumber daya mineral terka. Sumber daya mineral terukur dapat dikonversi ke cadangan mineral terbukti atau cadangan mineral terkira.

Berdasarkan tingkat keyakinan geologi, sumber daya terukur harus mempunyai tingkat keyakinan yang lebih besar dibandingkan dengan sumber daya terunjuk, begitu pula sumber daya terunjuk harus mempunyai tingkat keyakinan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumber daya terka (SNI, 2011).

2.6 Metode *Isoline* (Kontur)

Proses perhitungan sumber daya atau cadangan ada beberapa metode yang dapat digunakan, metode yang digunakan yaitu metode konvensional dan metode *non*-konvensional. Metode konvensional menggunakan pendekatan penaksiran dan perhitungan yang sederhana, sedangkan metode *non*-konvensional menggunakan pendekatan geostatistik (Wandy dkk, 2016).

Metode garis kontur, yaitu menggunakan kurva garis yang menghubungkan titik-titik dengan nilai yang sama. Metode garis kontur (*Isoline*) digunakan untuk endapan dengan kadar dan ketebalan yang berubah-ubah, terutama untuk endapan dengan tebal dan kadar yang memusat. Metode ini tidak tepat untuk endapan yang kompleks dan terputus-putus. Pada endapan bahan galian berupa bukit yang bergelombang maka metode ini sangat tepat karena metode ini sangat dipengaruhi oleh perubahan elevasi. Rumus yang digunakan untuk perhitungan umumnya memakai rumus metode penampang (Widayat, 2005).

$$V = \Delta Z \frac{A1+A2}{2} \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.1.}$$

Keterangan:

A1 = Luas penampang kontur pada elevasi Z1 (m²).

A2 = Luas penampang kontur pada elevasi Z2 (m²).

ΔZ = Beda elevasi antar penampang kontur (m).

V = Volume sumberdaya (m³).

Sedangkan untuk menghitung tonase digunakan rumus:

$$T = V \times \rho \dots \dots \dots \text{Persamaan 2.2.}$$

Keterangan: T = Tonase (ton).

V = Volume (m³).

ρ = Massa Jenis (ton/m³).