

**ESTIMASI CADANGAN BATUGAMPING PADA KUARI XIII
PT. SOLUSI BANGUN INDONESIA KABUPATEN CILACAP
JAWA TENGAH**

SKRIPSI

Oleh:

**KRESNA BAGAS SETIAWAN
112.160.054**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2020**

**ESTIMASI CADANGAN BATUGAMPING PADA KUARI XIII
PT. SOLUSI BANGUN INDONESIA KABUPATEN CILACAP
JAWA TENGAH**

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Oleh :

**KRESNA BAGAS SETIAWAN
112.160.054**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2020**

**ESTIMASI CADANGAN BATUGAMPING PADA KUARI XIII
PT. SOLUSI BANGUN INDONESIA KABUPATEN CILACAP
JAWA TENGAH**

Oleh :

**KRESNA BAGAS SETIAWAN
112.160.054**

Disetujui untuk
Program Studi Teknik Pertambangan
Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
Tanggal :

Pembimbing I,

Pembimbing II,

(Dr. Nurkhamim, S.T., M.T.)

(Ir. R. Hariyanto, M.T.)

RINGKASAN

PT. Solusi Bangun Indonesia (PT.SBI) merupakan perusahaan produksi semen sekaligus perusahaan pertambangan batugamping. PT. Solusi Bangun Indonesia berlokasi di Dusun Sodong Limusbuntu, Desa Tambakreja, Kecamatan Cilacap Selatan, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. PT. SBI akan membuka lokasi penambangan baru sehingga dibutuhkan perhitungan sumberdaya dan cadangan pada daerah tersebut.

Merujuk pada SNI 4726:2011 maka sumberdaya dan cadangan batugamping di Pulau Nusamkambangan dapat dikategorikan sebagai sumberdaya mineral tertunjuk dan cadangan terkira.

Estimasi sumberdaya dan cadangan batugamping di PT. Solusi Bangun Indonesia ini menggunakan metode IDW atau *Inverse Distance Weight*. Hal ini dilakukan agar dapat memperkirakan sumberdaya dan cadangan batugamping sesuai dengan standar batugamping yang digunakan PT. Solusi Bangun Indonesia dalam memproduksi semen.

Hasil estimasi menggunakan metode IDW diperoleh cadangan sebesar $29.462.500\text{m}^3$ atau $67.763.750$ ton batugamping yang sudah sesuai dengan standar batugamping PT. Solusi Bangun Indonesia yaitu CaO minimum 48%, MgO maksimum 1,8% dan Al_2O_3 maksimum 1,5%.

Estimasi cadangan batugamping tersebut dapat menentukan umur tambang dari kuari XIII yaitu selama kurang lebih 25 tahun.

SUMMARY

PT. Solusi Bangun Indonesia (PT.SBI) is a cement production company at once as limestone mining company. PT. Solusi Bangun Indonesia located in Sodong Limusbuntu, Tambakreja, Cilacap Selatan District, Cilacap Regency, Central Java. PT. SBI will open new mining site so required calculation of resources and reserves of that area.

Reffering to SNI 4726:2011, resources and reserves limestone in Nusamkambangan island can be categorized as mineral resources and estimated reserves.

Mineral resources and estimated reserves in PT. Solusi bangun Indonesia will use IDW or Inverse Distance Weight method. This method used so can estimated the mineral resources and reserves with the standar of limestone that was made by PT. Solusi Bangun Indonesia.

The result of IDW method is 29.462.500m³ or 67.763.750 ton limestone with the standar that was made by PT. Solusi Bangun Indonesia which are CaO with minimum 48%, MgO with maximum 1,8% and Al₂O₃ with maximum 1,5%.

This reserves estimation of limestone can determine the age of the mine from Quarry XIII which is around 25 years.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan skripsi dengan judul “Estimasi Cadangan Batugamping Pada Kuari XIII PT. Solusi Bangun Indonesia Cilacap Jawa Tengah”, dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Atas selesainya penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Mohamad Irhas Effendi, S.E, M.Si., selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Sutarto, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Ir. Eddy Winarno, S.Si, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
4. Ibu Ir. Wawong Dwi Ratminah, M.T., selaku Koordinator Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
5. Bapak Dr. Nurkhamim, S.T., M.T. selaku pembimbing I.
6. Bapak Ir. R. Hariyanto, M.T. selaku pembimbing II.
7. Wisnu Aji, S.T., selaku Pembimbing Lapangan.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi.

Penyusun berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Yogyakarta, Oktober 2020

Penulis,

(Kresna Bagas Setiawan)

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB	
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metode Penelitian.....	3
1.6. Manfaat Penelitian.....	5
II TINJAUAN UMUM	6
2.1. Lokasi Penelitian	6
2.2. Iklim dan Curah Hujan	7
2.3. Keadaan Geologi.	8
2.4. Pentingnya Penaksiran Sumberdaya dan komoditas tambang	11
2.5. Pemanfaatan Batugamping	11
III DASAR TEORI	12
3.1. Tahapan Eksplorasi	12
3.2. Macam-macam Metode Penaksiran Cadangan	13
3.3. Dasar Pemilihan Metode Penaksiran Cadangan.....	17
3.4. Estimasi Luas	18
3.5. Estimasi Volume	19
3.6. Analisis Galat	20
3.6. Kriteria dan Klasifikasi Sumberdaya Mineral dan Cadangan	21
3.6. Pengolahan Data Bor dan Data Geokimia	23
IV HASIL PENELITIAN	25
4.1. Koordinat WIUP Daerah Penelitian	25
4.2. Keadaan Topografi	26
4.3. Pengumpulan Data.....	27
4.4. Analisis Data	28
4.4. Interpretasi Data	31

	Halaman
V PEMBAHASAN	41
5.1. Estimasi Cadangan dengan Metode IDW	41
5.1. Klasifikasi Sumberdaya Mineral dan Cadangan	41
5.2. Klasifikasi Sumberdaya Mineral	42
VI PENUTUP	44
5.1. Kesimpulan	44
5.2. Saran	44
 DAFTAR PUSTAKA	 45
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Diagram Alir.....	4
2.1. Peta Daerah Penelitian	7
2.2. Fisiografi Daerah Penelitian.....	8
3.1. Metode <i>Cross Section</i>	14
3.2. Sketsa Metode Kontur.....	15
3.3. Metode Blok	16
3.4. Metode <i>Tringular Grouping</i>	16
3.5. Sketsa Metode Poligon	17
3.6. Sketsa Estimasi Rumus <i>Mean Area</i>	19
3.7. Sketsa Estimasi Rumus <i>Frustum</i>	20
3.8. Hubungan Antara Hasil Eksplorasi dan Cadangan	22
4.1. Raport Database	33
4.2. Persebaran Titik Bor	34
4.3. <i>Report Block Model</i> Batugamping kuari XIII	37
4.4. Rencana <i>Sequence</i> Penambangan	40

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Perincian Luas Area Batugamping yang Sudah Dimanfaatkan.....	6
2.1. Data Curah Hujan Rata-Rata (mm) Bulanan Kecamatan Cilacap Tengah Tahun 2010-2019.....	7
2.3. Stratigrafi Pulau Nusakambangan.....	10
4.1. Koordinat WIUP PT.SBI.....	26
4.2. Jenis Data yang Diperlukan Dalam Penelitian	28
4.3. Target Produksi Kuari XIII.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A Data <i>Assay</i>	46
B Data <i>Collar</i>	47
C Data <i>Geology</i>	48
D Data <i>Survey</i>	49
E Peta Topografi.....	50
F Data Topografi <i>Quarry XIII</i>	51
G DTM Morfologi <i>Quarry XIII</i> Nusakambangan.....	52
H Hasil <i>Constrait</i> Blok Model <i>Quarry XIII</i>	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Cilacap merupakan kabupaten terluas di Jawa Tengah yang memiliki potensi sumberdaya alam berupa komoditas tambang yang cukup besar. Salah satunya adalah batugamping yang terdapat di Pulau Nusakambangan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah.

PT. Solusi Bangun Indonesia merupakan perusahaan yang memanfaatkan potensi batugamping di daerah Cilacap. PT. Solusi Bangun Indonesia berlokasi di Kecamatan Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap dan saat ini sudah memiliki 12 lokasi penambangan batugamping di Pulau Nusakambangan dan berencana membuka lokasi penambangan baru.

Perencanaan tambang (*mine planning*) merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk membuat tahapan – tahapan yang akan dikerjakan dalam kegiatan penambangan. Tahapan penambangan dimulai dari tahapan pra penambangan hingga tahap pasca tambang. Salah satu tahapan dalam melakukan perencanaan tambang adalah melakukan perhitungan cadangan. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI), cadangan (*reserve*) 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.

Perhitungan cadangan mempunyai peranan yang sangat penting dalam mengevaluasi suatu proyek pertambangan. Hasil perhitungan cadangan yang dilakukan dapat memberikan taksiran kuantitas (*tonnage*) terhadap komoditas tambang, yaitu pada penelitian ini merupakan batugamping sehingga dari jumlah cadangan yang diperoleh dapat ditentukan umur tambang dan batas-batas kegiatan penambangan yang dibuat berdasarkan rencana pertambangan yang dikehendaki oleh perusahaan.

Perhitungan cadangan batugamping pada penelitian ini dilakukan pada area tambang PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Cilacap *Plant* yakni pada *Quarry* XIII yang merupakan area tambang baru. Perhitungan cadangan dilakukan karena *Quarry* XII yang merupakan *quarry* aktif sudah hampir habis cadangannya sehingga diperlukan membuka area *quarry* baru menggunakan perangkat lunak surpac versi 6.3.2 dan dilakukan estimasi jumlah cadangan batugampingnya menggunakan metode IDW (*Inverse Distance Weight*) karena dapat mengetahui cadangan batugamping yang dapat terpakai sesuai dengan standar kualitas yang sudah ditetapkan oleh perusahaan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan maka rumusan masalah :

1. Berapa banyak cadangan batugamping di *Quarry* XIII yang sesuai dengan standar kualitas PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Cilacap *Plant* ?
2. Apa klasifikasi cadangan yang cocok untuk *Quarry* XIII yang sesuai dengan SNI 4726 tahun 2011?
3. Berapa umur tambang batugamping *Quarry* XIII PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Cilacap *Plant* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengestimasi sumberdaya dan cadangan batugamping menggunakan metode IDW.
2. Menentukan klasifikasi sumberdaya mineral dan cadangan berdasarkan SNI 4726 tahun 2011.
3. Menentukan umur tambang batugamping *Quarry* XIII PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk. Cilacap *Plant* berdasarkan sasaran produksi batugamping.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Estimasi sumberdaya dan cadangan tidak memperhitungkan aspek ekonomi.
2. Metode yang digunakan untuk mengestimasi sumberdaya dan cadangan batugamping di PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Cilacap *Plant* menggunakan metode IDW(*Inverse Distance Weight*).

1.5. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan dua metode yaitu penelitian langsung di lapangan dan penelitian tidak langsung dengan pencarian, pengumpulan, dan pengolahan data yang bertujuan untuk memperoleh hasil yang diinginkan.

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Yaitu mencari dan mempelajari teori – teori yang berhubungan dengan masalah yang akan dibahas di lapangan melalui buku – buku ataupun literatur – literatur yang ada. Selain itu juga dapat mempelajari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya berupa skripsi dan laporan perusahaan setempat.

2. Orientasi Lapangan

Melakukan pengamatan secara menyeluruh dengan cara mengunjungi tempat – tempat yang berada di PT. Solusi Bangun Indonesia seperti, mengamati lokasi kegiatan penambangan yaitu *quarry* aktif penambangan batugamping, kolam pengendapan, lokasi di sekitar kegiatan penambangan yaitu lokasi pabrik produksi, dan kondisi sekitar di luar area penambangan seperti jalur transportasi darat dan laut menuju ke lokasi penambangan.

3. Observasi Lapangan

Melakukan pengamatan secara langsung terhadap masalah yang akan dibahas di dalam penelitian, yaitu pengamatan topografi, kenampakan litologi dan jenis batugamping di daerah penelitian. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh data yang akurat yang akan digunakan dalam penyusunan laporan penelitian.

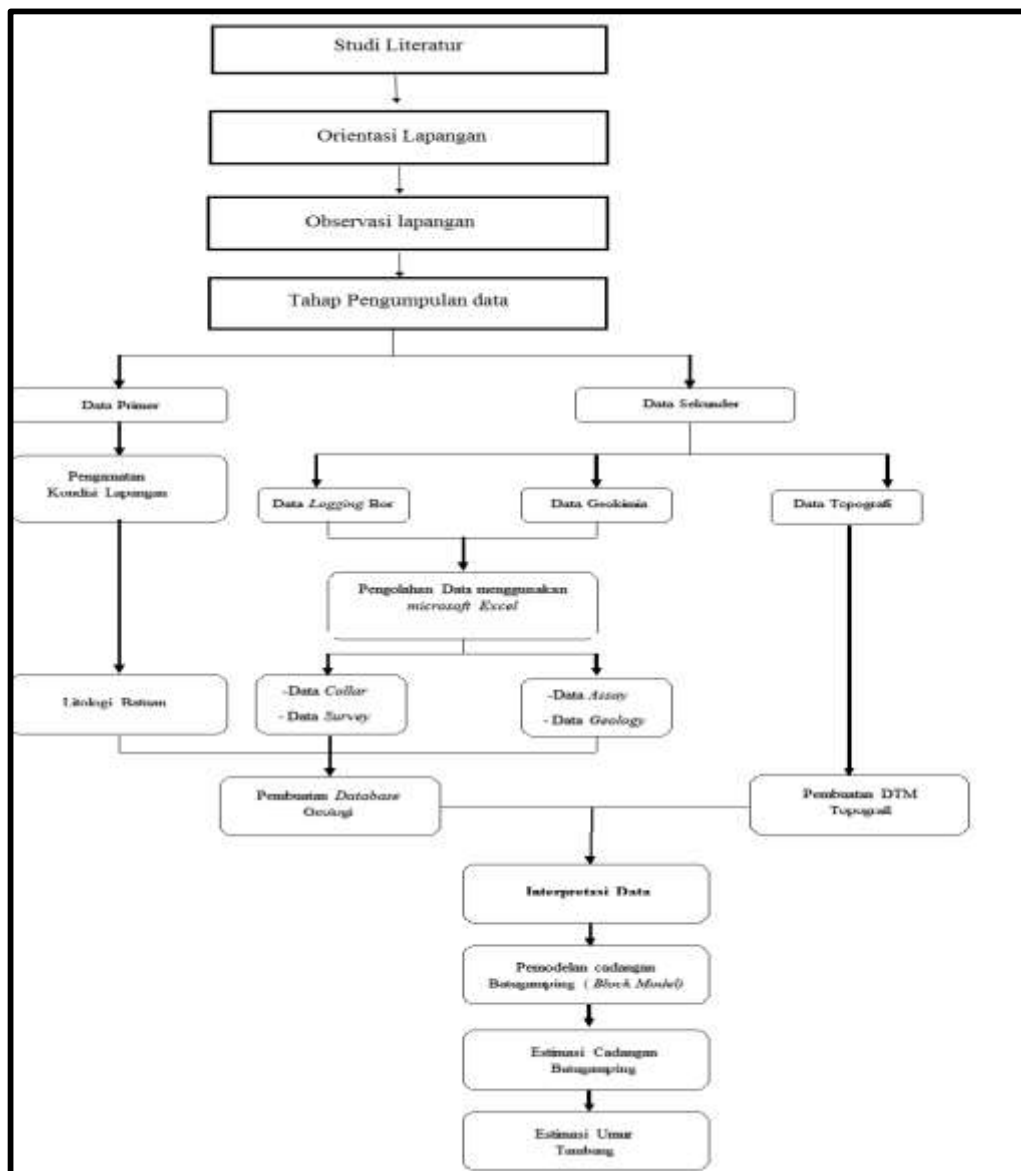
4. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah studi literatur, orientasi lapangan, dan observasi lapangan setelah dilaksanakan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil langsung dari pengukuran atau pengamatan di lapangan, meliputi kondisi topografi. Data sekunder adalah data yang diambil dari literatur atau laporan perusahaan, meliputi profil perusahaan, data curah hujan, peta kesampaian daerah, keadaan geologi regional daerah penelitian, data lubang bor.

5. Pengolahan Data

Setelah data terkumpul, selanjutnya akan dilakukan estimasi dan pengolahan supaya dapat dianalisis dan ditarik kesimpulan. Urutan pekerjaan yang ditempuh:

- 1) Pembuatan *database* geologi.
- 2) Pembuatan DTM topografi.
- 3) Pembuatan *Block Model* batugamping.
- 4) Mendapatkan estimasi cadangan dan umur tambang dari kuari.



Gambar 1.1
Diagram Alir

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi perusahaan, hasil penelitian dapat dijadikan pedoman dalam proses Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT. Solusi Bangun Indonesia.
2. Bagi mahasiswa, menerapkan ilmu atau teori yang diperoleh di bangku kuliah, khususnya berkaitan dengan masalah yang dibahas dan menambah wawasan dalam hal ilmu pertambangan

BAB II TINJAUAN UMUM

2.1. Lokasi Penelitian

PT. Solusi Bangun Indonesia memiliki lokasi pabrik semen di Kecamatan Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap dan lokasi penambangan tanah liat berada di Kecamatan Jeruklegi, Kabupaten Cilacap, sedangkan lokasi penambangan batugamping PT. Solusi Bangun Indonesia terletak di Pulau Nusakambangan, Kabupaten Cilacap, memiliki luas wilayah penambangan batugamping sebesar $\pm 998,5$ Ha dengan komulatif luasan izin yang sudah dimanfaatkan adalah seluas 180 Ha. Rincian luas area sebagai berikut.

Tabel 2.1
Perincian Luas Area Batugamping yang Sudah Dimanfaatkan

No	Item	Luas (Ha)
1	Tambang aktif	80,2
2	Tambang selesai (Penghijauan)	59
3	Timbunan tanah pucuk	4,3
4	Jalan tambang	12,2
5	Kolam sedimen	1,9
6	Bangunan	4
7	Fasilitas penunjang	1,2
8	Lahan tidak dibuka (greenbelt)	17,2
	Total	180

Sumber : PT.Solusi Bangun Indonesia Tbk. Cilacap

PT. Solusi Bangun Indonesia memiliki ketinggian 6 mdpl, dan termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah.

Jarak antara Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta ke lokasi penambangan batugamping PT. Solusi Bangun Indonesia, Kabupaten Cilacap adalah 182 km dengan jarak tempuh ± 4 jam menggunakan alat transportasi darat.



Sumber : PT.Solusi Bangun Indonesia Tbk. Cilacap

Gambar 2.1
Peta Daerah Penelitian

2.2 Iklim dan Curah Hujan

Lokasi penambangan PT. Solusi Bangun Indonesia Cilacap terletak pada daerah beriklim tropis yang mempunyai dua musim dalam setahun, yaitu musim kemarau dan musim hujan.

Musim kemarau berlangsung antara bulan Juli hingga Oktober, sedangkan musim hujan berlangsung antara bulan November sampai Juni.

Kondisi curah hujan digambarkan dalam curah hujan selama 10 tahun terakhir serta curah hujan bulanan. Data curah hujan ini diperoleh dari Stasiun pengamatan desa Mrayun untuk tahun 2010-2019. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Juni.

Tabel 2.2
Data Curah Hujan Rata-rata (mm) Bulanan
Kecamatan Cilacap Tengah Tahun 2010-2019

Tahun	Bulan												Max
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
2010	41.6	23.4	80.3	56.4	90.4	57	98.2	134.6	91.4	87.2	55.1	-	134.6
2011	36.5	88.6	64.1	55.4	80.2	88.8	28	-	-	54.8	65.8	60.3	88.8
2012	64.3	84.8	48.4	133.8	56	10.6	-	-	-	64	50.3	55.6	133.8
2013	36.5	88.6	64.1	55.4	80.2	88.8	28	-	-	54.8	65.8	60.3	88.8
2014	98.2	66.9	163.8	162.4	74.2	336.4	102.6	57	8.2	53.2	153.8	197.2	336.4
2015	60.3	30	26.1	19	60	70	0.5	20.5	1	-	77.9	50	77.9
2016	64.3	84.8	48.4	133.8	56	10.6	-	-	-	64	50.3	55.6	133.8
2017	8.9	28.6	28.7	50.8	126.6	144.2	170.2	62.8	50	90.8	130.4	117.4	170.2
2018	33	62	66	28	24	18	28	26	24	56	62	46	66
2019	36	41	66	39	22	22	-	-	-	23	55	36	66
												Jumlah	1296.3
												Rata-rata	129.63

Sumber : PT.Solusi Bangun Indonesia Tbk. Cilacap

2.2. Keadaan Geologi

Area Nusakambangan merupakan pulau di Jawa Tengah yang berada di Selatan Pulau Jawa dan Samudra Hindia dan termasuk Kabupaten Cilacap. Luas Pulau Nusakambangan adalah 121km², Pulau Nusakambangan dan Pulau Jawa dipisahkan oleh Segara Anakan, topografi Pulau ini yaitu pantai berkarang, hutan yang tertutup dengan semak dan tanaman tropis. Di sebelah barat Pulau Nusakambangan terdapat Pulau Majeti dengan Pantai Karangbandungnya yang berpasir putih.

2.3.1 Fisiografi

Menurut Mulhadijono (1996), secara regional fisiografi Jawa Tengah dibagi menjadi 6 zona, yaitu :

1. Zona Gunungapi Kuarter
2. Zona Dataran Aluvial Jawa Utara
3. Zona Antiklinorium Bogor Serayu utara-Kendeng
4. Zona Depresi Tengah
5. Zona Pegunungan Serayu Selatan
6. Zona Pegunungan Selatan Jawa



Sumber : Mulhadijono (1996)

Gambar 2.2
Fisiografi Daerah Penelitian

Daerah Nusakambangan termasuk Zona pegunungan Serayu Selatan, yang melampar dari Teluk Pelabuhan Ratu sampai Blambangan (Jawa Timur). Zona Pegunungan Serayu Selatan merupakan sayap selatan dari antiklin Jawa, merupakan blok kerak yang miring ke arah selatan beberapa derajat. Daerah ini tersusun oleh batuan vulkanik dan

batugamping dengan banyak bentukan morfologi perbukitan kecil.

2.3.2 Stratigrafi Nasional

Stratigrafi Pulau Nusakambangan termasuk dalam Peta Geologi Lembar Pangandaran, yang secara regional tersusun oleh beberapa formasi batuan dari tua ke muda yaitu Formasi Jampang, Formasi Nusakambangan, Formasi Pemali, Anggota Tuff Napalan Formasi Pamutuan, Anggota Kalkarenit Formasi Pamutuan, Formasi Pamutuan, Formasi Kalipucang, Anggota Batugamping Formasi Halang, Formasi Halang, Formasi Kumbang, Formasi Tapak, Endapan Pantai, dan Endapan Aluvial (Simandjuntak dan Surono, 1992).

Berdasarkan data dari Departemen *Quarry* PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk, stratigrafi pada daerah penelitian tersusun oleh beberapa formasi batuan, yaitu Formasi Gabon, Formasi Pamutuan, dan Formasi Kalipucang.

1. Formasi Gabon (Tomg)

Formasi ini memiliki umur Oligosen Akhir-Miosen Awal. Litologi penyusun formasi ini berupa breksi dengan komponen andesit, bermasa dasar tuf dan batupasir kasar, setempat tuf lapili, lava dan endapan lahar; umumnya terubah (Simandjuntak dan Surono, 1992).

2. Formasi Pamutuan (Tmpa)

Formasi Pamutuan memiliki umur Miosen Awal yang tersingkap di bagian selatan Nusa Kambangan. Formasi ini diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Gabon. Tersusun atas litologi berupa batupasir, napal, tuf, batulempung dan batugamping (Simandjuntak dan Surono, 1992).

3. Formasi Kalipucang (Tmk)

Formasi Kalipucang terbentuk pada Miosen Tengah dan tersingkap di bagian utara Nusa Kambangan. Formasi ini tersusun oleh batugamping koral dan batugamping yang bercampur dengan lempung berwarna kelabu (Simandjuntak dan Surono, 1992).

Tabel 2.3
Stratigrafi Pulau Nuskambangan

PERIODE	KALA		FORMASI	KETERANGAN
TERSIER	MIOSEN	TENGAH	KALIPUCANG	- Tersingkap di bagian utara Nusa Kambangan - Bagian atas terdiri dari gamping koral
			PAMUTUAN	- Tersingkap di bagian selatan Nusa Kambangan - Terdiri dari batupasir, napal, tuff, batugamping berwarna kelabu
		AWAL	GABON	- Formasi ini ditindih tak selaras oleh Formasi Pamutuan dan Formasi Kalipucang - Tersusun oleh batuan hasil kegiatan gunungapi yang bersusun andesit sampai basalt.
	OLIGOSEN	AKHIR		

Sumber : Departement Quarry PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk. Cilacap

2.3.3 Geomorfologi

Satuan morfologi di Nusa Kambangan dikelompokkan menjadi tiga satuan morfologi yaitu satuan morfologi dataran, satuan morfologi perbukitan bergelombang sedang, dan satuan morfologi perbukitan bergelombang curam (sumber: *Quarry Departement PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk*).

1. Satuan Morfologi Dataran

Satuan morfologi ini menempati sebagian besar pantai selatan Nusa Kambangan dengan ketinggian di bawah permukaan air laut hingga 10 meter di atas permukaan air laut. Satuan morfologi ini tersusun oleh litologi berupa batupasir, kalkarenit, napal, tuf, batulempung, dan batugamping.

2. Satuan Morfologi Perbukitan Bergelombang Sedang

Satuan morfologi perbukitan bergelombang sedang menempati perbukitan bagian tengah Nuskambangan dan sekitarnya dengan ketinggian hingga 100 meter dari permukaan air laut.

3. Satuan Morfologi Perbukitan Bergelombang Curam

Satuan morfologi perbukitan bergelombang curam menempati

sebagian besar terletak di bagian tengah dan utara dari satuan morfologi dataran dan satuan morfologi perbukitan bergelombang sedang dengan ketinggian 100 sampai 180 meter dari permukaan air laut.

2.4. Pentingnya Penaksiran Sumberdaya dan Cadangan Komoditas Tambang

Penaksiran cadangan pada komoditas tambang suatu perusahaan pertambangan sangat penting karena dapat memberikan besaran kuantitas dari suatu endapan komoditas tambang. Selain itu, cadangan dapat menentukan umur tambang setelah diklasifikasikan ke dalam cadangan dan selanjutnya dapat menentukan urutan/tahapan penambangan.

Manfaat lain dari penaksiran sumberdaya dan cadangan di PT. Solusi Bangun Indonesia adalah dapat menentukan besaran kuantitas semen yang dapat diproduksi dan juga dapat menentukan besaran kebutuhan komoditas penyusun semen lainnya seperti tanah liat yang tambangnya tidak jauh dari lokasi tambang batugamping

2.5. Pemanfaatan Batugamping

Pemanfaatan batugamping dari hasil kegiatan penambangan PT. Solusi Bangun Indonesia dimanfaatkan untuk konsumsi dalam negeri untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan semen. Selain itu batugamping secara umum dapat digunakan sebagai bahan campuran cat, kertas, dan sebagainya. Masyarakat sekitar juga memanfaatkan batu gamping sebagai bahan baku konstruksi bangunan.

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral lain menjadi suatu massa yang padat (Handoko, 2016). Semen mempunyai fungsi sebagai bahan perekat antara dua atau lebih bahan sehingga menjadi suatu bagian yang kompak atau dalam pengertian yang luas adalah material plastis yang memberikan sifat rekat antara batuan-batuan konstruksi bangunan. Bahan baku buatan semen merupakan campuran dari bahan-bahan sebagai berikut (Handoko, 2016).

1. Batugamping sebanyak $\pm 81\%$.
2. Tanah liat sebanyak $\pm 9\%$.
3. Pasir silika sebanyak $\pm 4\%$.
4. Pasir besi sebanyak $\pm 2\%$.
5. Gypsum sebanyak $\pm 1\%$.
6. *Trash (feldspar)* sebanyak $\pm 1\%$.

BAB III

DASAR TEORI

3.1. Tahapan Eksplorasi

Tahapan eksplorasi (*exploration stages*) adalah urutan penyelidikan yang umumnya dilaksanakan melalui 4 tahap sebagai berikut: survei tinjau, prospeksi, eksplorasi umum dan eksplorasi rinci. Tujuan penyelidikan eksplorasi ini adalah untuk mengidentifikasi mineralisasi (*mineralization*), menentukan ukuran, bentuk, sebaran, kuantitas dan kualitas dari pada suatu cebakan mineral untuk kemudian dapat dilakukan analisa/kajian kemungkinan untuk dilakukan investasi. Berikut adalah penjelasan tentang tahapan eksplorasi:

1. Survei Tinjau (*Reconnaissance*)

Survei tinjau adalah tahap eksplorasi untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang berpotensi bagi keterdapatan mineral pada skala regional terutama berdasarkan hasil studi geologi regional, diantaranya pemetaan geologi regional, pemotretan udara dan metode tidak langsung lainnya, dan inspeksi lapangan pendahuluan yang penarikan kesimpulannya berdasarkan ekstrapolasi.

Tahap ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi daerah-daerah anomali atau mineralisasi yang prospektif untuk diselidiki lebih lanjut. Perkiraan kuantitas sebaiknya hanya dilakukan apabila datanya cukup tersedia atau ada kemiripan dengan cebakan lain yang memiliki kondisi geologi yang sama.

2. Prospeksi (*Prospecting*)

Prospeksi adalah tahap eksplorasi dengan jalan mempersempit daerah yang mengandung cebakan mineral yang potensial. Metode yang digunakan adalah pemetaan geologi untuk mengidentifikasi singkapan, dan metode yang tidak langsung seperti geokimia dan geofisika. Paritan yang terbatas, pengeboran dan percontohan mungkin juga dilaksanakan.

Prospeksi memiliki tujuan untuk mengidentifikasi suatu cebakan mineral yang akan menjadi target eksplorasi selanjutnya. Estimasi kuantitas dihitung berdasarkan interpretasi data geologi, geokimia dan geofisika.

3. Eksplorasi Umum (*General Exploration*)

Eksplorasi umum adalah tahap eksplorasi yang merupakan deliniasi awal dari suatu cebakan yang teridentifikasi. Metode yang digunakan termasuk pemetaan geologi, percontohan dengan jarak yang lebar, membuat paritan dan pengeboran untuk evaluasi pendahuluan kuantitas dan kualitas dari suatu cebakan. Interpolasi dapat dilakukan secara terbatas berdasarkan metode penyelidikan tak langsung.

Tujuannya adalah untuk menentukan gambaran geologi suatu cebakan mineral berdasarkan indikasi sebaran, perkiraan awal mengenai ukuran, bentuk, sebaran, kuantitas dan kualitasnya.

4. Eksplorasi Rinci (*Detailed Exploration*)

Eksplorasi rinci adalah tahap eksplorasi untuk mendelineasi secara rinci dalam 3-dimensi terhadap cebakan mineral yang telah diketahui dari percontohan singkapan, paritan, lubang bor, *shafts* dan terowongan. Jarak percontohan sedemikian rapat sehingga ukuran, bentuk, sebaran, kuantitas dan kualitas serta ciri-ciri yang lain dari cebakan mineral tersebut dapat ditentukan dengan tingkat ketelitian yang tinggi. (SNI 4726:2011)

3.2. Macam-Macam Metode Penaksiran Sumberdaya dan Cadangan

Penaksiran sumberdaya dan cadangan dapat dilakukan dengan beberapa metode. Adapun metode penaksiran sumberdaya dan cadangan tersebut adalah:

a. Metode *Cross Section*

Metode *Cross Section* adalah salah satu metode estimasi sumberdaya dan cadangan yang memiliki tahapan pokok membagi endapan kedalam blok-blok dengan cara membuat suatu seksi geologi dengan interval tertentu yang jaraknya sama atau berbeda sesuai dengan keadaan geologi dan kebutuhan penambangan (Popoff C.,1966).

Ada beberapa tahap yang dilakukan pada metode *cross section* dengan pedoman perubahan bertahap :

1) Tahap pertama

Membagi endapan mineral menjadi blok-blok dengan interval tertentu. Interval diantara berbagai bagian boleh konstan atau berubah-ubah sesuai dengan syarat-syarat geologi dan penambangan.

2) Tahap kedua

Membuat sayatan pada garis kontur yang memotong endapan komoditas

tambang, dapat dilihat pada Gambar 3.1. Blok penambangan dibatasi oleh dua buah penampang atau sayatan dan sebuah bidang permukaan yang tidak teratur. Masing-masing blok terakhir dibatasi oleh bidang permukaan yang tidak teratur.

3) Tahap ketiga

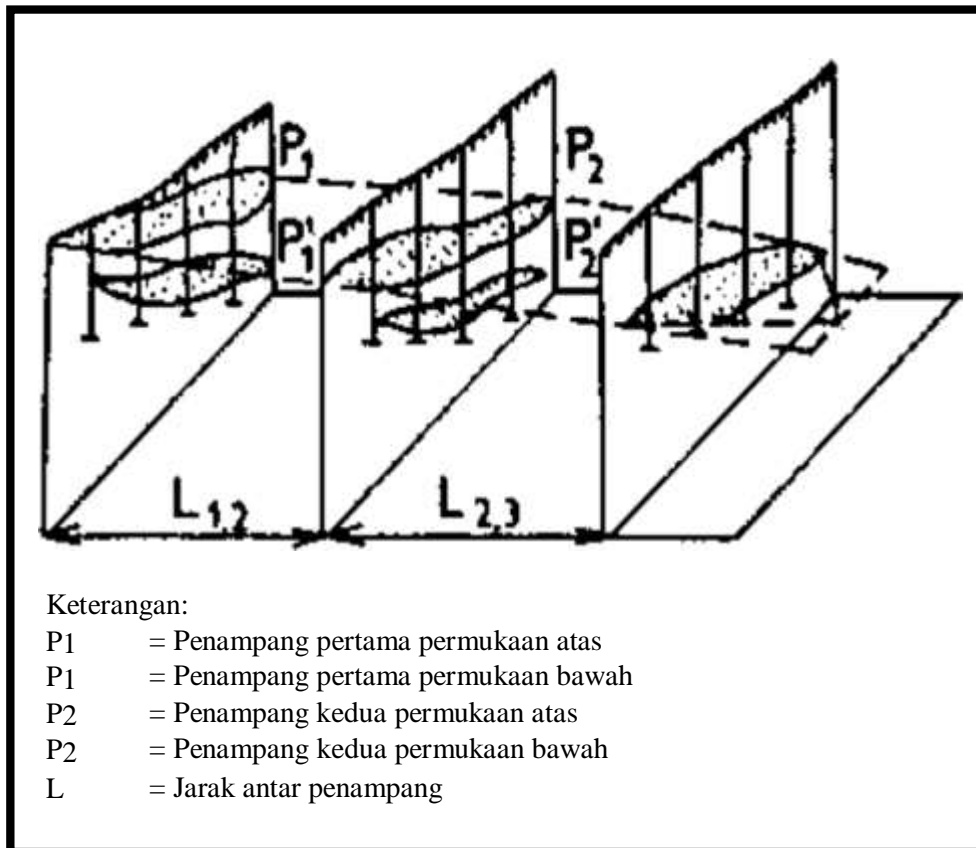
Mengestimasi luas masing-masing sayatan.

4) Tahap keempat

Pedoman perubahan bertahap dilakukan dengan prosedur matematik dan prosedur grafis. Kedua prosedur ini sama-sama menggunakan fungsi linier. Secara numerik, perubahan kondisi endapan mineral dianggap sama disepanjang garis lurus yang menghubungkan dua titik pengamatan. Pedoman ini dapat diterapkan untuk interpretasi kadar, berat, luas, volume dan tonase sumberdaya dan cadangan.

5) Tahap kelima

Menentukan volume dengan menggunakan rumus *mean area* atau *frustum*, tergantung bentuk kedua penampang sayatan (silindris atau kerucut terpancung).



Gambar 3.1 Metode *Cross Section*
(Isaaks, 1989)

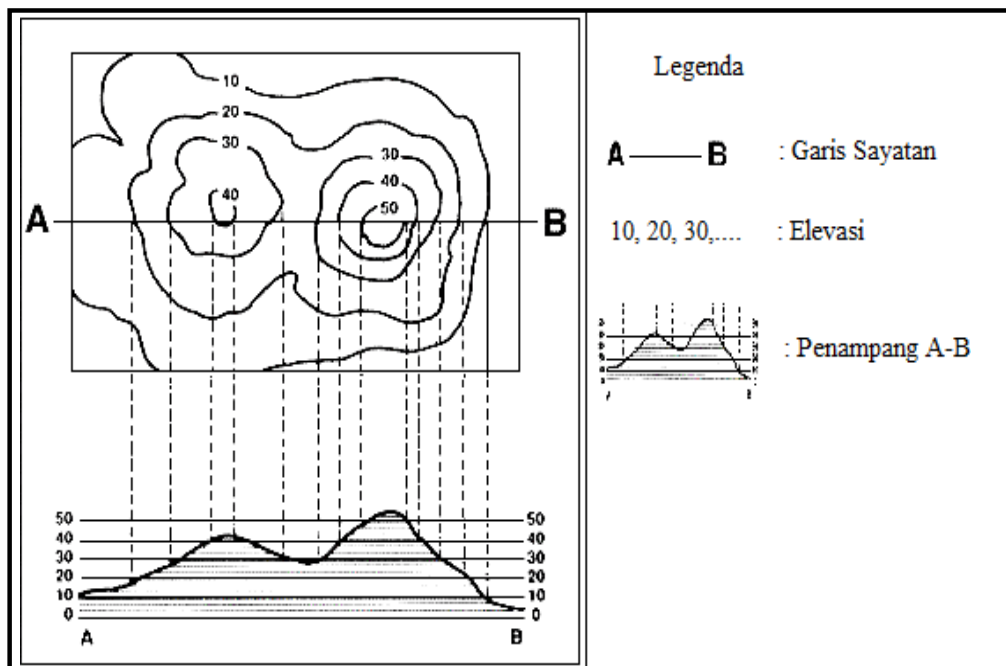
b. Metode *Isoline (Kontur)*

Pembuatan kontur secara interpolasi titik-titik yang telah diketahui ketinggian

topografinya. Diterapkan untuk endapan berbentuk *quarry*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Untuk estimasi volume sumberdaya dan cadangan komoditas tambang diukur dengan prosedur sebagai berikut :

- 1) Mengukur luas kontur yang akan diestimasi
- 2) Mengestimasi volume antara dua luas pengukuran kontur. Memakai rumus volume yaitu rumus *mean area* atau *frustum*, tergantung bentuk kedua penampang (silindris atau kerucut terpancung) yang sesuai dengan bentuknya.



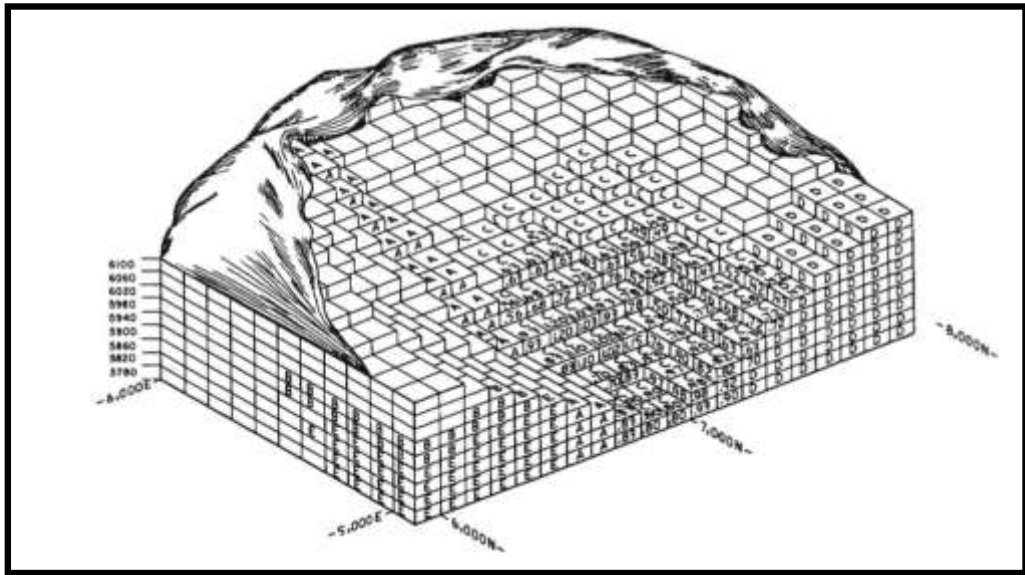
Gambar 3.2
Sketsa Metode Kontur
(Carras, 1984)

Pedoman perubahan bertahap dilakukan dengan prosedur matematik dan prosedur grafis. Kedua prosedur ini sama-sama menggunakan fungsi linier. Secara numerik, perubahan kondisi endapan mineral dianggap sama disepanjang garis lurus yang menghubungkan dua titik pengamatan.

c. Metode Blok (*Grid*)

Permodelan dengan komputer untuk merepresentasikan endapan komoditas tambang umumnya dilakukan dengan model blok (*block model*). Dimensi *block model* dibuat sesuai dengan desain penambangannya, yaitu mempunyai ukuran yang sama dengan tinggi jenjang. Semua informasi seperti jenis batuan, kualitas, dan topografi dapat dimodelkan dalam bentuk blok. Sketsa model blok 3D dapat

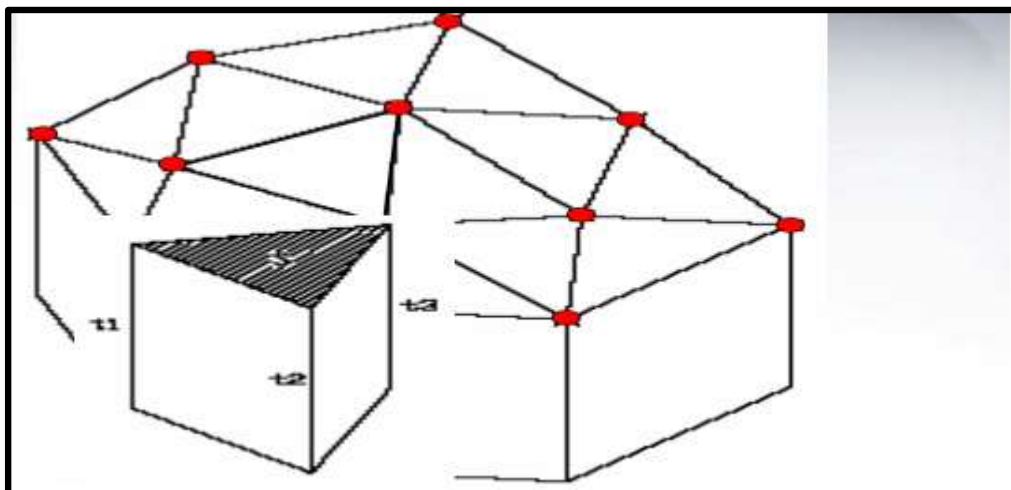
dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3
Sketsa Metode Blok
(Hustrulid, 1995)

d. Metode *Triangular Grouping*

Metode segitiga (*triangular grouping*) adalah metode yang dilakukan dengan cara membagi masing-masing titik batas material pada lubang bor dijadikan ujung sebuah segitiga sehingga dari gabungan segitigasegitiga dan dihasilkan seam berupa prisma segitiga yang terdiri dari dua buah segitiga yang sejajar.

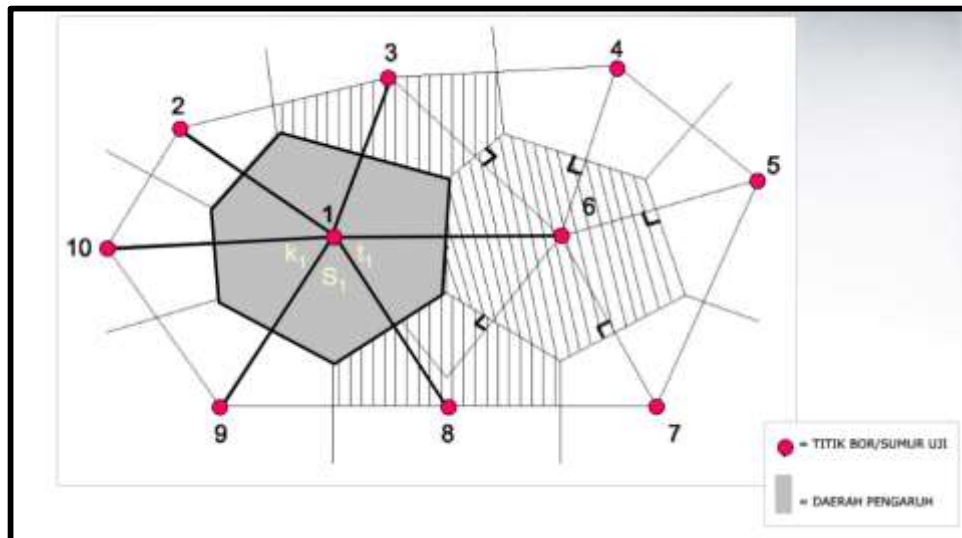


Gambar 3.4
Metode *Tringular Grouping*
(Hustrulid, 1995)

e. Metode Poligon

Metode poligon ini merupakan metoda estimasi yang konvensional. Metode ini umum diterapkan pada endapan-endapan yang relatif homogen dan mempunyai

geometri yang sederhana. Metode ini sering disebut dengan metoda poligon daerah pengaruh (*area of influence*). Daerah pengaruh dibuat dengan membagi dua jarak antara dua titik conto dengan satu garis sumbu. Kelemahan dari metode polygon adalah belum memperhitungkan tata letak nilai data di sekitar polygon dan tidak adanya batasan yang pasti sejauh mana nilai conto mempengaruhi distribusi ruang.



Gambar 3.5
Sketsa Metode Poligon
(Hustrulid,1995)

3.3. Dasar Pemilihan Metode Penaksiran Sumberdaya dan Cadangan

Metode penaksiran sumberdaya dan cadangan memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing. Diharuskan dalam penentuan metode penaksiran sumberdaya dan cadangan harus melihat penyebaran endapan secara utuh, sehingga metode yang dipilih dapat mewakili sifat dan bentuk endapan tersebut. Semakin tepat penentuan metode penaksiran yang digunakan maka hasil yang diperoleh akan lebih akurat dan representatif. Secara umum pertimbangan penentuan metode penaksiran sumberdaya dan cadangan mineral tergantung pada (SNI 13-4726-1998):

1. Tujuan Penaksiran

Tujuan penaksiran sumberdaya dan cadangan untuk mengetahui kuantitas dari komoditas tambang.

2. Tahapan Eksplorasi

Tahapan eksplorasi yang dilakukan di lokasi penelitian adalah tahapan eksplorasi detail. Bila tahapan eksplorasi semakin meningkat maka tingkat

kepercayaan semakin dapat dipercaya.

3. Metode Eksplorasi

Metode eksplorasi dapat dibagi menjadi dua cara yaitu secara langsung dan tidak langsung. Metode eksplorasi yang dilakukan di lokasi penelitian adalah metode eksplorasi secara langsung dengan melakukan survey dan mengamati singkapan.

4. Jenis Komoditas tambang

Dalam UU no. 3 tahun 2020 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, penggolongan komoditas tambang diatur berdasarkan pada kelompok usaha pertambangan, sesuai pasal 34, yaitu:

I. Usaha Pertambangan dikelompokkan atas:

- a. Pertambangan mineral;
- b. Pertambangan batubara.

II. Pertambangan mineral sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a digolongkan atas:

- a. Pertambangan mineral radio aktif contohnya adalah *radium, thorium, uranium* dan *morasit*.
- b. Pertambangan mineral logam contohnya adalah *litium, berilium, magnesium, dan kalium*.
- c. Pertambangan mineral bukan logam contohnya adalah intan, grafit, pasir kuarsa, dan belerang.
- d. Pertambangan batuan contohnya adalah marmer, tanah diatome, dan tanah serap.

5. Waktu dan Biaya yang Tersedia

Keterbatasan waktu dan biaya menjadi faktor penting dalam penentuan metode penaksiran sumberdaya dan cadangan.

Memperhatikan beberapa hal tersebut maka metode yang digunakan untuk estimasi sumberdaya dan cadangan batu gamping di daerah penelitian menggunakan metode *cross section*.

3.4. Estimasi Luas

Estimasi luas pada metode sayatan dan metode kontur dilakukan dengan penggunaan program komputer yaitu *Autocad*. Prinsip dasar estimasi ini adalah

dengan menghubungkan titik-titik ketinggian kontur yang berbeda ataupun ketinggian yang sama.

3.5. Estimasi Volume

Estimasi volume dapat dilakukan dengan 2 rumus yaitu rumus daerah rata-rata (*mean area*), rumus kerucut terpancung (*frustum*). Berikut penjelasan mengenai kedua rumus :

1) Rumus Daerah Rata-Rata (*Mean Area*)

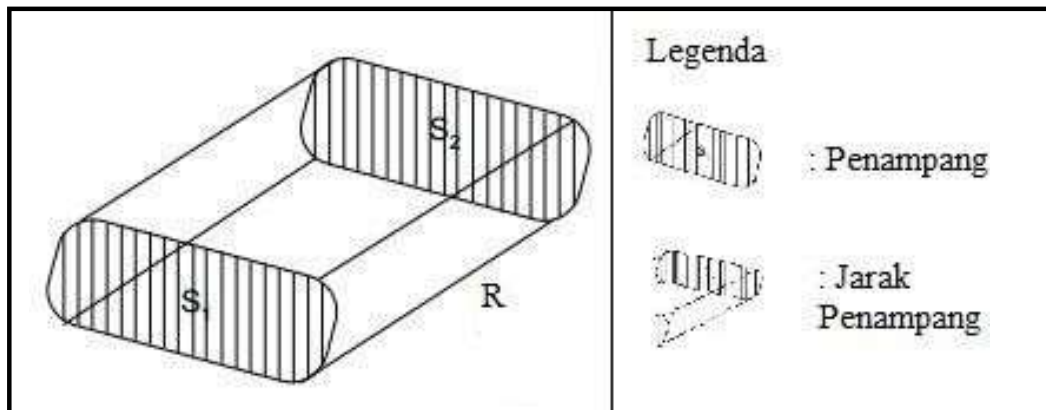
Rumus daerah rata-rata (*mean area*) adalah rumus yang digunakan untuk mengestimasi volume dari suatu endapan. Rumus *mean area* juga merupakan rumus yang sangat sederhana untuk estimasi volume yang terletak diantara dua buah penampang yang sejajar. Rumus ini digunakan apabila terdapat dua penampang dengan luas S_1 dan S_2 dengan jarak R (lihat Gambar 3.4). Rumus *mean area* dapat digunakan dengan ketentuan luas $S_1 \geq \frac{1}{2} S_2$.

Persamaan untuk mengestimasi volume menggunakan rumus *mean area* menurut Carras (1984) adalah sebagai berikut :

$$\text{Vol} = \times \frac{(S_1+S_2)}{2} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

- Vol = Volume gamping (m³)
- S_1 dan S_2 = Luas Penampang (m²)
- R = Jarak Penampang (m)

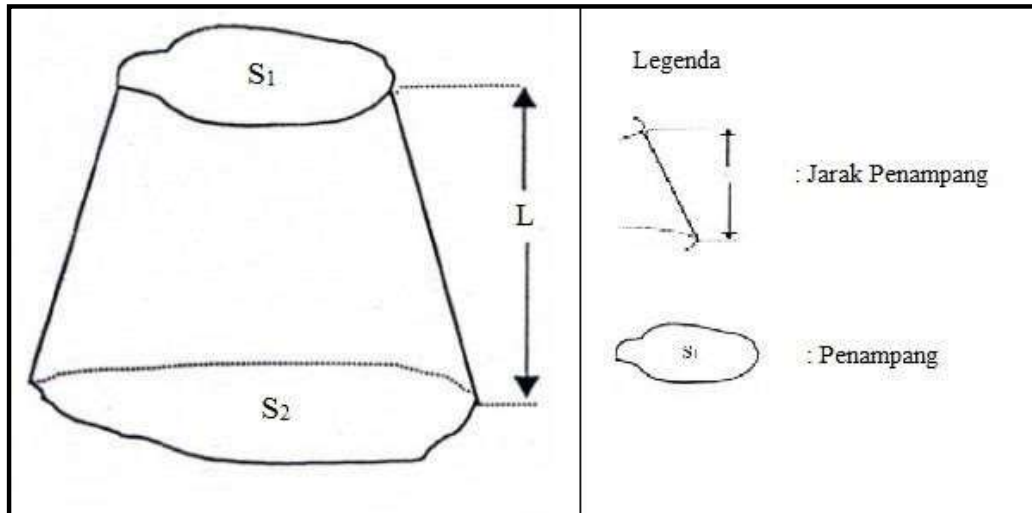


Gambar 3.6
Sketsa Estimasi Rumus *Mean Area*
(Carras, 1984)

2) Rumus Kerucut Terpancung (*Frustum*)

Rumus kerucut terpancung (*frustum*) adalah rumus yang digunakan untuk mengestimasi volume dari suatu endapan. Rumus ini digunakan apabila terdapat

dua penampang dengan luas S_1 dan S_2 dengan jarak R (lihat Gambar 3.5) dengan ketentuan luas $S_1 < \frac{1}{2} S_2$.



Gambar 3.7
Sketsa Estimasi Rumus *Frustum*
(Carras, 1984)

Persamaan untuk mengestimasi volume dengan menggunakan rumus *frustum* adalah sebagai berikut:

$$\text{Vol} = L \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}}{3} \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan :

- Vol = Volume gamping (m³)
- S_1 dan S_2 = Luas Penampang (m²)
- L = Jarak Penampang (m)

3.6. Analisis Galat

Menganalisis galat sangat penting di dalam estimasi yang menggunakan metode numerik. Galat berasosiasi dengan seberapa dekat solusi hampiran terhadap solusi sejatinya. Semakin kecil galatnya, semakin teliti solusi numerik yang didapatkan (Munir, 2006).

Misalkan a adalah nilai hampiran terhadap nilai sejati a' , maka selisih

$$e = V_1 - V_2 \dots\dots\dots (3.4)$$

disebut galat. Sebagai contoh, jika $V_1 = 10.5$ adalah nilai hampiran dari $V_2=10.49$, maka galatnya adalah $e = -0.01$. Jika tanda galat (positif atau negatif) tidak dipertimbangkan, maka galat mutlak dapat didefenisikan sebagai

$$e = |V_1 - V_2| \dots\dots\dots (3.5)$$

Galat relatif didefinisikan sebagai

$$e_r = e / V_1 \dots\dots\dots (3.6)$$

atau

$$e_r = \frac{|V_1 - V_2|}{V_1} \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan :

e_r = Eror

e = Selisih

V_1 = Volume 1 (m^3)

V_2 = Volume 2 (m^3)

3.7. Kriteria dan Klasifikasi Sumberdaya Mineral dan Cadangan

Klasifikasi sumberdaya dan cadangan adalah suatu proses pengumpulan, penyaringan serta pengolahan data dan informasi dari suatu cebakan mineral untuk memperoleh gambaran yang ringkas mengenai cebakan itu berdasarkan kriteria keyakinan geologi dan kelayakan tambang. Kriteria keyakinan geologi didasarkan pada tahap eksplorasi yang meliputi survei tinjau, prospeksi, eksplorasi umum dan eksplorasi rinci.

Klasifikasi sumberdaya dan cadangan menurut SNI 4726 : 2011 tentang Pedoman Pelaporan Sumberdaya, dan Cadangan Mineral adalah:

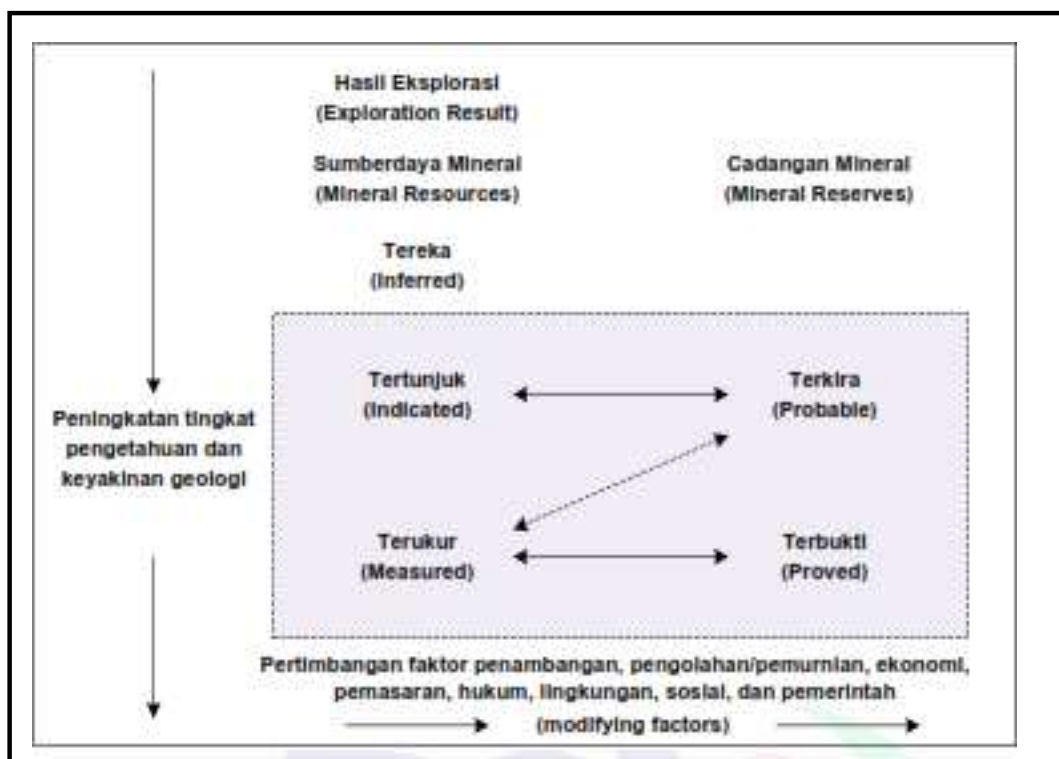
a. Sumberdaya Mineral (*Mineral Resources*), adalah suatu konsentrasi atau keterjadian dari material yang memiliki nilai ekonomi pada atau di atas kerak bumi, dengan bentuk, kualitas dan kuantitas tertentu yang memiliki keprospekan yang beralasan untuk pada akhirnya dapat diekstraksi secara ekonomis.

Sumberdaya Mineral terbagi atas beberapa macam, antara lain :

- 1) Sumberdaya Mineral Tereka (*Inferred Mineral Resources*) adalah bagian dari sumberdaya mineral dimana kuantitas dan kuantitas diestimasi berdasarkan bukti-bukti geologi dan pengambilan contoh yang terbatas. Memiliki jarak antar titik bor lebih dari 200 m dan kurang dari sama dengan 400 m.
- 2) Sumberdaya Mineral Tertunjuk (*Indicated Mineral Resources*) adalah bagian dari sumberdaya mineral dimana 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 yang evaluasi kelayakan

ekonomi cebakan tersebut. Jarak antar bor lebih dari 100 m dan kurang dari sama dengan 200 m.

- 3) Sumberdaya Mineral Terukur (*Measured Mineral Resources*) adalah bagian dari sumberdaya mineral dimana 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. Memiliki jarak antar bor kurang dari sama dengan 100 m.
- b. Cadangan Mineral (*Mineral Reserve*), adalah bagian dari sumberdaya mineral terukur dan/atau terunjuk yang dapat ditambang secara ekonomis. Cadangan mineral dibagi menjadi 2 (dua), yaitu :
 - 1) Cadangan Tekira (*Probable Reserve*), adalah bagian dari sumberdaya mineral tertunjuk yang ekonomis untuk ditambang, dan dalam beberapa kondisi, juga merupakan bagian dari sumberdaya mineral terukur.
 - 2) Cadangan Terbukti (*Proved Reserve*), adalah bagian dari sumberdaya mineral terukur yang ekonomis untuk ditambang.



Sumber : SNI 4726:2011

Gambar 3.8
Hubungan antara Hasil Eksplorasi, Sumberdaya Mineral dan Cadangan Mineral

3.8. Pengolahan Data Bor dan Data Geokimia

3.8.1. Data Bor

Data sekunder yang digunakan secara umum dibagi menjadi data bor, data geokimia dan data topografi. Data bor digunakan untuk mengetahui keadaan bawah permukaan daerah penelitian. Data bor ini memuat informasi mengenai nama lubang bor, koordinat lubang bor, elevasi dan kedalaman masing-masing lubang bor. Pengeboran dilakukan dengan azimuth dan dip sesuai dengan ketentuan perusahaan.

Selanjutnya dari data bor yang diperoleh dilanjutkan dengan pengolahan untuk membuat basis data yang diolah menggunakan *Microsoft excel*. Pada awal pengerjaan pemodelan yang harus dilakukan adalah mengolah data-data awal dari proses percontohan (data bor) ke dalam suatu basis data komputer sebagai input data dalam pemodelan cadangan komoditas tambang secara komputasi (*microsoft excel*) untuk membuat data *collar* dan *survey* (disimpan dalam format *csv*). Data *collar* adalah data yang menyimpan informasi dari nama titik bor, kedalaman maksimal lubang bor, koordinat titik bor, elevasi titik bor, dan orientasi lubang bor. Sedangkan data *survey* adalah data yang menyimpan informasi dari nama titik bor, kedalaman maksimal lubang bor, *azimuth*, dan *dip* titik bor.

3.8.2. Data Geokimia

Selain data lubang bor digunakan pula data geokimia batuan tiap lubang bor. Data geokimia yang digunakan merupakan data geokimia yang diambil dari titik bor dimana tiap titik bor memiliki nilai kimia dalam batuan per kedalaman lubang bor. Sampel batuan (*coring*) dari tiap titik bor dilakukan analisis geokimia untuk mengetahui kadar kimia dalam batuan tersebut.. Perusahaan memiliki standar yang berbeda mengenai kadar kimia komoditas tambang, sehingga hanya komoditas tambang yang mencapai standar batas kadar tersebut yang akan dihitung dalam perhitungan cadangan. Dari standar tersebut dan dihubungkan dengan data geokimia keseluruhan sampel secara umum dan data tersebut selanjutnya digunakan untuk membuat data

assay dan data *geology*. Data *assay* adalah data yang menyimpan kadar kimia dari sampel *core*, yang terdiri dari nama titik bor, kedalaman awal lubang bor (*depth from*), kedalaman akhir lubang bor (*depth to*), kadar kandungan yang terdapat dalam komoditas tambang. Sedangkan data *geology* merupakan data yang menyimpan litologi pada lubang bor, yang terdiri dari nama titik bor, kedalaman awal lubang bor (*depth from*), kedalaman akhir lubang bor (*depth to*), dan litologi lubang

BAB IV
HASIL PENELITIAN

4.1. Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) Daerah Penelitian

Daerah penelitian berada di Pulau Nusakambangan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Bentuk WIUP daerah penelitian berbentuk segi banyak yang memiliki 103 titik yang menjadi batas WIUP daerah penelitian. Luas WIUP daerah penelitian adalah seluas 45 Ha. Berikut ini adalah koordinat WIUP daerah penelitian:

Tabel 4.1
Koordinat WIUP PT. SBI

TITIK	X	Y	TITIK	X	Y
1	275776,9	9144320	29	275269,8	9144361
2	275763,0	9144330	30	275257,5	9144332
3	275748,9	9144344	31	275249,8	9144319
4	275722,5	9144359	32	275241,2	9144301
5	275699,6	9144364	33	275232,3	9144282
6	275688,1	9144364	34	275229,2	9144260
7	275674,3	9144363	35	275231,4	9144229
8	275661,1	9144362	36	275245,0	9144187
9	275647,1	9144362	37	275259,4	9144169
10	275635,6	9144366	38	275278,6	9144150
11	275616,0	9144379	39	275295,0	9144134
12	275599,8	9144401	40	275326,3	9144113
13	275584,0	9144413	41	275382,1	9144074
14	275559,8	9144429	42	275413,6	9144063
15	275532,4	9144438	43	275436,0	9144054
16	275506,8	9144444	44	275467,1	9144047
17	275472,3	9144446	45	275487,5	9144041
18	275441,0	9144452	46	275520,8	9144032
19	275421,2	9144457	47	275552,6	9144023
20	275394,0	9144466	48	275602,0	9144007
21	275373,2	9144475	49	275627,2	9143998
22	275359,5	9144475	50	275640,0	9143990
23	275346,2	9144472	51	275681,3	9143970
24	275333,6	9144465	52	275707,7	9143956
25	275311,9	9144448	53	275745,1	9143939
26	275297,6	9144434	54	275776,9	9143926
27	275288,2	9144413	55	275802,8	9143912
28	275276,7	9144383	56	275830,5	9143894

Lanjutan tabel 4.1

TITIK	X	Y	TITIK	X	Y
57	275868,9	9143880	81	276050,8	9144244
58	275903,6	9143866	82	276039,0	9144240
59	275956,6	9143842	83	276024,1	9144239
60	275997,1	9143798	84	276009,6	9144243
61	276033,8	9143749	85	275999,7	9144249
62	276065,6	9143741	86	275996,0	9144265
63	276120,1	9143744	87	275994,7	9144282
64	276176,3	9143742	88	275990,7	9144292
65	276201,1	9143734	89	275987,8	9144296
66	276245,6	9143720	90	275983,7	9144301
67	276289,1	9143715	91	275978,1	9144307
68	276305,0	9143717	92	275969,3	9144312
69	276284,5	9143740	93	275956,7	9144314
70	276252,3	9143814	94	275942,0	9144312
71	276239,2	9143833	95	275930,6	9144312
72	276235,0	9143872	96	275912,0	9144311
73	276228,0	9143909	97	275895,1	9144307
74	276249,8	9143956	98	275877,5	9144302
75	276219,3	9144037	99	275855,8	9144294
76	276172,1	9144095	100	275844,4	9144293
77	276119,4	9144147	101	275832,5	9144294
78	276107,5	9144235	102	275814,2	9144296
79	276093,9	9144271	103	275792,8	9144308
80	276059,9	9144250			

4.2. Keadaan Topografi

Daerah penelitian berada di Pulau Nusa Kambangan, yaitu pada Dusun Sodong Limusbuntu, Desa Tambakreja, Kecamatan Cilacap Selatan, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Kontur terendah daerah penelitian berada pada ketinggian 62 mdpl dan kontur tertinggi daerah penelitian berada pada ketinggian 140 mdpl. Daerah penelitian yang digambarkan melalui peta topografi yang mempunyai kontur interval 1 m. Desa Tahunan merupakan daerah dengan kontur berbukit apabila dilihat dari kondisi lapangannya.

Pengamatan yang dilakukan secara visual dilapangan menunjukkan bahwa, deposit batugamping yang tersingkap di PT. Solusi Bangun Indonesia menunjukkan warna putih, dengan penyebaran luas, dengan tekstur beragam kasar dan halus, dengan ketebalan deposit komoditas tambang tersebut tidak merata. Kondisi yang lain adalah bahan galian gamping tersebut dibagian atas sifatnya lunak, sedangkan makin ke arah bawah menjadi semakin keras. Di beberapa tempat terlihat

permukaan gamping berwarna kekuningan, hal ini disebabkan oleh adanya pengotor.

4.3 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini dibagi menjadi 2 (dua), data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data yang diperoleh dari penelitian atau pengukuran langsung sedangkan data sekunder adalah data yang sudah ada, seperti data *logging* bor, dan data geokimia batuan. Pengamatan lapangan digunakan untuk mengetahui litologi daerah penelitian secara lateral.

Data *logging bor* digunakan sebagai data yang digunakan untuk membuat rekonstruksi bawah permukaan daerah penelitian. Data hasil pengeboran menggambarkan kondisi bawah permukaan, yang meliputi data koordinat lubang bor, data litologi, kedalaman, *azimuth*, serta *dip* dari lubang bor. Data lubang bor yang digunakan berjumlah 20 titik.

Data geokimia digunakan untuk menunjukkan nilai kimia dari litologi batuan dalam data *logging bor*. Data geokimia ini yang nantinya digunakan sebagai parameter yang akan digunakan dalam perhitungan cadangan batugamping. Data geokimia yang dibutuhkan pada proses pendesainan dan perhitungan cadangan batugamping sesuai dengan standar yang dikehendaki PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk. Kadar kimia dari senyawa yang digunakan dalam analisis yaitu data CaO, MgO, dan Al₂O₃. Data *logging bor* dan data geokimia perlu diolah kembali menggunakan *microsoft excel* agar dapat dianalisis dalam *software* surpac.

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data topografi yang diperoleh dari PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk. Cilacap *Plant*. Data topografi digunakan untuk menggambarkan elevasi dari permukaan daerah penelitian yang digambarkan dengan garis-garis kontur. Data ini selanjutnya akan diolah ke dalam surpac. Pada penerapan sistem penambangan terbuka, dalam hal ini *quarry* batugamping maka topografi harus dimasukkan pada *block model* sebagai batas atas penambangan. Batas topografi disesuaikan dengan batas *quarry* batugamping itu sendiri.

Tabel 4.2
Jenis Data yang Diperlukan Dalam Penelitian

Jenis Data		Fungsi
Data Primer Pengamatan Lapangan	Litologi, morfologi	Mengetahui kondisi geologi daerah penelitian
Data Sekunder Bor (<i>Logging bor</i>)	koordinat lubang bor, elevasi, data litologi tiap kedalaman, <i>azimuth, dip</i>	Rekonstruksi keadaan bawah permukaan
Geokimia	Kadar kimia dalam batuan	Pembobotan nilai kimia batuan pada tiap blok dalam pemodelan 3D (tiga dimensi)
Topografi	Topografi aktual <i>quarry XIII</i>	Membuat batas atas dari <i>quarry XIII</i> yang akan dihitung cadangan batugampingnya.

4.4 Pengolahan Data

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode analisis kuantitatif. Metode kuantitatif adalah pendekatan yang dilakukan dengan cara pencatatan dan penganalisaan data hasil penelitian secara eksak.

Analisis kuantitatif yang digunakan adalah mengelompokkan data berdasarkan variabel atau parameter yang digunakan pada perencanaan tambang. Selanjutnya dilakukan tabulasi untuk menempatkan data dalam bentuk tabel dengan cara membuat tabel yang berisi data yang akan dianalisis dengan bantuan perangkat lunak yang berbasis pada teknologi informasi yaitu menggunakan Surpac versi 3.6.2. Dalam penelitian ini, teknologi yang digunakan adalah teknologi pemodelan 3D (tiga dimensi). Data yang sudah terkumpul selanjutnya dilakukan pengolahan data sebagai berikut.

1. Pembuatan Peta Geologi *Quarry XIII*

Pembuatan peta geologi menggunakan data dari PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk. Cilacap *Plant* berupa kontur, yang selanjutnya data tersebut diolah menggunakan *software* Arcgis untuk dijadikan peta geologi.

2. Pengolahan Data Bor (*Logging Bor*)

Pengolahan data bor dimulai dengan membuat suatu basis data

dalam *microsoft excel* yang akan dijadikan sebagai data masukan (*input*) kedalam perangkat lunak Surpac untuk membuat rekonstruksi data bawah permukaan. Data bor dibagi sesuai dengan parameternya masing-masing menjadi data *collar*, *survey*, *assay*, dan *geology*.

3. Pembuatan Database Geologi (*Geological Database*)

Database geologi adalah database yang berisi data bor berupa data *collar*, *survey*, *assay*, dan *geology* untuk membuat rekonstruksi data bor tersebut. Database geologi merupakan data awal yang digunakan dalam perhitungan cadangan batugamping. Pemodelan cadangan batugamping dapat terbentuk apabila data bor sudah dimasukkan ke dalam perangkat lunak Surpac dalam format basis data yang dapat dibaca oleh Surpac. Database geologi berguna untuk membuat rekonstruksi data bawah permukaan

Proses pengumpulan dan penyusunan data bor harus dilakukan dengan teliti dikarenakan dalam proses input data tersebut akan dibaca oleh Surpac dan apabila terdapat data yang salah (format/angka atau huruf yang tidak sesuai) maupun kesalahan input data dalam Surpac maka database akan ditolak dan tidak dapat terbentuk. Pembuatan database geologi akan menghasilkan *report* dalam bentuk *notepad* yang menunjukkan data-data yang diterima (*inserted*) dan ditolak (*rejected*). Database geologi berhasil terbentuk apabila sudah tidak ada data yang ditolak.

4. Pengolahan Data Topografi

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data topografi. Data topografi sejumlah 37.519 buah yang digunakan berupa data topografi *Quarry XIII* dari PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Cilacap *Plant* dalam format *file* (.*dwg*) yang telah dibuat pada perangkat lunak *Auto-CAD*. Data topografi menunjukkan bentukan morfologi dari lokasi penelitian yang akan dihitung cadangan batugampingnya sehingga data ini digunakan sebagai batas atas perhitungan cadangan batugamping dari daerah penelitian. Selanjutnya dari tersebut dilakukan proses pembuatan DTM (*Digital Terrain Model*) menggunakan pada perangkat lunak *surpac*. DTM merupakan bentuk pemodelan tiga dimensi (3D) dari data topografi yang masih dalam bentuk dua dimensi (garis-garis kontur) yang berguna dalam pembuatan pemodelan lokasi penelitian.

5. Pembuatan *Block Model*

Block Model adalah data yang diinterpretasikan secara visual sebagai *box* atau kotak 3 dimensi. Di dalam kotak tersebut masih terdapat kotak-kotak yang berukuran lebih kecil yang disebut sebagai blok. Setiap blok nantinya akan diisi data yang tersimpan dalam database.

Pada desain *quarry*, *block model* diperlukan untuk mengetahui daerah penyebaran batugamping. Ukuran dari tiap blok dalam suatu *block model* disesuaikan dengan dimensi jenjang yang dikehendaki PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Cilacap *Plant*, yakni panjang jenjang 25 meter, lebar jenjang 25 meter, dan tinggi jenjang 10 meter, sehingga dimensi tiap blok dalam *block model* ini menunjukkan dimensi tersebut yang sesuai dengan desain *quarry* yang diharapkan.

6. Pembuatan *Block Model Attribute*

Attribute merupakan nilai-nilai *assay* atau informasi dalam tiap-tiap blok yang dimasukkan ke dalam *block model*. Sehingga tiap blok dalam *block model* akan memiliki nilai kadar kimia yang sesuai dengan data yang telah di-*input* dalam data *assay* dimana data tersebut akan digunakan dalam perhitungan cadangan. Nilai dari *attribute* yang dimasukkan dalam *block model* disesuaikan dengan standar yang ditetapkan oleh PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk yaitu untuk CaO minimum 48%, MgO maksimum 1,8% dan Al₂O₃ maksimum 1,5%.

7. Pembuatan *Constraint*

Dalam pembuatan pemodelan suatu endapan mineral, dalam penelitian ini yakni *Quarry* batugamping dibutuhkan suatu pembatas. Pembatas ini diperlukan apabila dalam 1 (satu) lokasi bahan galian memiliki beberapa karakteristik, atau untuk memisahkan antar bagian dari 1 (satu) *block model*. *Constraint* merupakan batas atas dan batas bawah dari cadangan batugamping yang akan dihitung. *Constraint* ini bisa berupa *surface*, *DTM*, *solid*, *closed string* dan *block attribute value*.

Constrain yang dibuat menggambarkan kondisi morfologi daerah penelitian sehingga pada *constraint type* dipilih *file* DTM topografi yang telah dibuat sebelumnya sebagai batas atas *constraint*. Untuk *constraint* kedua yaitu sebagai batas bawah, pada PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk.

Cilacap *Plant* menerapkan maksimal penambangan pada level 10 mdpl sehingga level 10 mdpl digunakan sebagai batas bawah dari *Quarry XIII* yang akan dihitung cadangan batugampingnya. Setelah dilakukan pemotongan batas atas dan batas bawah dari *block model Quarry XIII* dihasilkan *block model constraint* yang merupakan hasil dari pemodelan akhir *Quarry XIII*.

8. Pembuatan *Composite*

Composite merupakan data dalam perangkat lunak surpac yang menunjukkan data-data permukaan dalam bentuk *string file* maupun titik. *Composite* menunjukkan data *assay* (data geokimia) dan *survey* (orientasi bor) yang ditampilkan dalam bentuk sebuah *string file*. Pembuatan *composite* dilakukan karena data ini dibutuhkan dalam proses estimasi cadangan dimana *string file* tersebut akan menjadi salah satu *input* (masukan) yang digunakan dalam estimasi cadangan.

4.5 Tahap Interpretasi Data

Tahap interpretasi data dimulai dengan estimasi cadangan batugamping menggunakan metode *Inverse Distance Weight* (IDW) terhadap *block model constraint* yang mempresentasikan bentuk endapan batugamping *Quarry XIII* yang divisualkan dalam bentuk blok-blok yang dibatasi oleh data topografi sebagai batas atas dan batas bawah dari standar penambangan yang ditetapkan PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk. Cilacap *Plant* yaitu pada level 40 mdpl.

4.5.1 Melakukan estimasi

Dalam pekerjaan perhitungan cadangan batugamping, hal yang paling penting yaitu melakukan estimasi geostatistika yang dilakukan untuk melakukan interpolasi dari fitur-fitur yang dikehendaki dalam proses perhitungan cadangan. Estimasi yang dilakukan pada perhitungan cadangan batugamping ini menggunakan metode *inverse distance weighted* (idw). *Inverse distance weighted* merupakan metode interpolasi dengan asumsi nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (*weight*) akan berubah secara linear sesuai dengan

jaraknya dengan data sampel. Dengan sifat batugamping yang homogen sehingga metode ini digunakan pada penelitian ini. Metode ini memiliki kelebihan yaitu dapat menghasilkan hasil dengan cepat dan memiliki keakuratan yang cukup baik, sedangkan kekurangannya adalah apabila data sampel yang diambil sedikit dan tidak tersebar maka akan mempengaruhi keakuratan dari hasil.

Perhitungan cadangan pada model blok diawali dengan pembobotan dan estimasi berdasarkan kadar kimianya. Standar yang digunakan PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk. Cilacap *Plant* yaitu CaO minimum 48%, MgO maksimum 1,8% dan untuk Al₂O₃ maksimum 1,5%, sehingga batugamping akan dihitung volumenya merupakan batugamping yang memenuhi ketiga parameter tersebut.

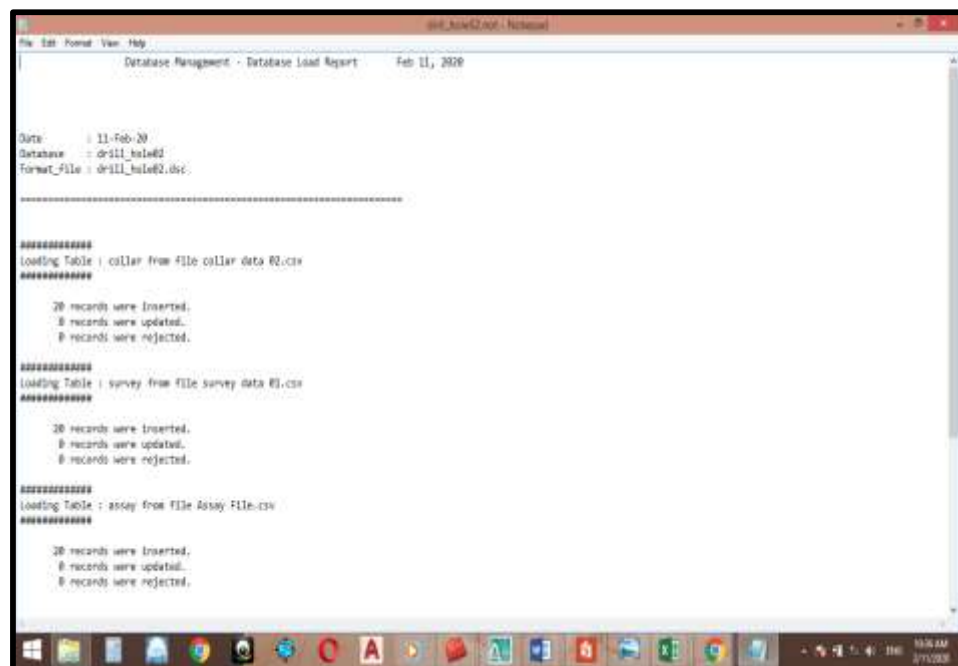
4.5.2 Membuat *Block Model Report*

Setelah proses estimasi selesai, proses selanjutnya yaitu membuat *block model report*. *Block model report* merupakan laporan hasil perhitungan cadangan berdasarkan hasil estimasi sehingga akan diketahui jumlah cadangan batugampingnya. Hasil dari perhitungan cadangan batugamping menjadi acuan dari perencanaan tambang yang akan dilakukan. Berdasarkan dari hasil perhitungan cadangan tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan umur tambang batugamping *Quarry XIII* tersebut.

4.5.2.1 Data Bor dan Data Geokimia

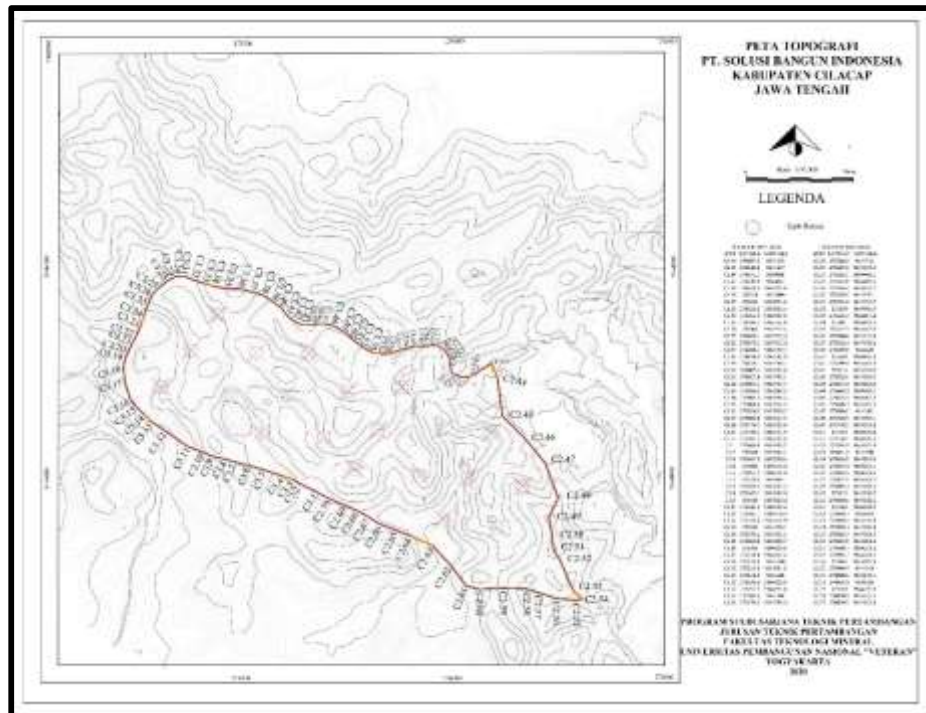
Data *logging* bor yang sudah dipisahkan menjadi 4 (empat) data berupa tabel pada *microsoft excel* yang disimpan dalam format csv, yang terdiri atas data *collar*, *survey*, *assay*, dan *geology* selanjutnya dilakukan analisis menggunakan *surpac*. Hal tersebut dilakukan untuk membuat suatu basis data (database) *logging bor* dengan format basis data yang telah dibuat terlebih dahulu dalam perangkat lunak *Surpac*. Data *collar* berupa data koordinat bor yang memiliki data yang terdiri atas: nama titik bor, koordinat titik bor (x, y, z), dan kedalaman level akhir titik bor. Data *survey* berupa

data kemiringan bor dan data kedalaman bor, serta data *assay* berupa data geokimia batuan dan data *geology* berupa data litologi batuan per kedalaman lubang bor. Data *collar* dan *survey* diolah dari data bor sedangkan data *assay* dan *geology* diolah dari data geokimia dan litologi. Data tersebut merupakan data awal yang akan digunakan untuk membuat database geologi pada *software Surpac* yang merupakan proses awal dari perhitungan cadangan batugamping yang akan dilakukan. Data *survey* masing-masing berjumlah 20 yang menunjukkan jumlah titik bor yang digunakan sebanyak 20 titik, serta pada data *assay* dan *geology* masing-masing berjumlah 20 yang menunjukkan jumlah litologi dan kadar geokimia batuan per kedalaman tertentu sebanyak 20 buah.



Gambar 4.1
Report Database

Setelah database geologi terbentuk selanjutnya dilakukan rekonstruksi data *logging* bor agar dapat digunakan untuk membuat pemodelan titik bor. Rekonstruksi diawali dengan visualisasi data *logging* bor agar dapat diketahui secara visual persebaran titik bor daerah penelitian.



Gambar 4.2
Persebaran Titik Bor

4.5.2.2 Data Topografi

Selain data lubang bor dan data geokimia, digunakan juga data topografi. Data topografi merupakan data yang berisikan tentang informasi yang menggambarkan keadaan morfologi daerah penelitian. Data topografi yang digunakan merupakan data topografi aktual yang diperoleh dari Departemen *Quarry* PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Cilacap *Plant*. Data ini dibutuhkan sebagai batas atas dari model blok batugamping *Quarry* XIII pada pengolahan program *Surpac* sehingga diperoleh batas atas yang valid yang menunjukkan kondisi aktual lokasi penelitian yang akan dihitung cadangan batugampingnya. Data topografi yang digunakan berupa *file* dalam format perangkat lunak *AutoCAD* topografi *Quarry* XIII dari PT. Solusi bangun Indonesia Tbk Cilacap *Plant*.

Data kontur tersebut selanjutnya dikonversikan menjadi *file string* agar dapat diolah dalam perangkat lunak *surpac*. Dari *file string* tersebut harus dikonversikan lagi menjadi *file DTM (Digital Terrain Model)*. DTM merupakan bentuk pemodelan tiga dimensi, sehingga dari data DTM

tersebut diperoleh bentuk visual secara tiga dimensi (3D) dari data topografi. *File DTM* tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai variabel untuk memotong *block model* untuk menjadi batas atas pemodelan 3D cadangan batugamping *Quarry XIII Nusa Kambangan* (Lampiran G).

Perhitungan cadangan batugamping *Quarry XIII* dihitung dengan batas atas berupa data topografi yang menggambarkan morfologi sesungguhnya daerah penelitian dan untuk batas bawah cadangan batugamping yang akan dihitung menggunakan standar dari PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk. Cilacap *Plant* yang menerapkan batas bawah penambangan pada level 40 mdpl. Sehingga variabel yang dijadikan batas bawah dari pemodelan yang dibuat adalah nilai *z* pada level 40 mdpl.

4.5.2.3 Pembuatan Pemodelan *Quarry XIII*

Pemodelan merupakan tahapan awal sebelum melakukan estimasi kadar yang berlanjut ke estimasi cadangan batugamping. Dari database geologi yang telah terbentuk selanjutnya dibuat pemodelan 3D menggunakan fitur *block model* untuk memodelkan informasi-informasi geologi yang telah diinput menjadi database geologi (*geological database*) ke dalam bentuk unit- unit model blok yang dinamakan *cell/block*.

Dimensi ukuran-ukuran blok pada *block model* merupakan fungsi geometri endapan dan disesuaikan dengan sistem penambangan yang digunakan. Unit-unit *cell/block* pada penelitian ini disesuaikan dengan ukuran jenjang yang telah ditentukan yaitu panjang jenjang 25 meter, lebar jenjang 25 meter, dan tinggi jenjang 10 meter sesuai dengan standar yang dikehendaki PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Cilacap *Plant*, sehingga dihasilkan *block model* sebagai berikut

Pembuatan *block model* berguna untuk mengetahui besarnya jumlah cadangan. Pada *software* surpac endapan batugamping dianggap homogen karena sifatnya yang menebal ke atas dan tidak diganggu oleh adanya kemunculan litologi lain yang dapat dilihat dari data geokimia, tidak seperti pada endapan bijih yang persebarannya setempat-setempat sehingga mempermudah proses pengolahannya. Karena dianggap homogen maka input yang dimasukkan ke dalam litologi dalam data *geology* tidak dipisahkan antara litologi batugamping dan batugamping dolomitan, selama

batugamping ataupun batugamping dolomitan tersebut memiliki nilai kadar CaO, MgO, dan Al₂O₃ yang dikehendaki dalam perhitungan cadangan maka secara otomatis batuan tersebut akan masuk ke dalam perhitungan total cadangan.

Setelah *block model* terbentuk dilanjutkan dengan pembuatan *constraint*. *Constraint* adalah batas atas dan batas bawah dari cadangan batugamping yang akan dihitung. Penelitian ini menggunakan batas atas berupa data topografi *Quarry XIII*, sehingga untuk membuat batas atas dari pemodelan *quarry* batugamping daerah penelitian dilakukan pemotongan *block model* dengan atribut berupa data DTM topografi yang telah dibuat sebelumnya. Sedangkan untuk membuat batas bawah atribut yang digunakan untuk membuat *constraint* yaitu berupa nilai $z = 40$ m yang sesuai dengan standar yang dikehendaki PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Cilacap *Plant*. Pemodelan *Quarry XIII* hasil *constraint* ditunjukkan pada gambar di Lampiran H.

4.5.2.4 Perhitungan Cadangan Batugamping *Quarry XIII*

Perhitungan cadangan batugamping dimulai dengan melakukan ekstraksi data assay ke dalam cell/block yang tiap *cell/block* tersebut akan memiliki kadar CaO, MgO, dan Al₂O₃ yang berbeda sesuai dengan nilai pada masing-masing data *assay*. Setelah proses ekstrak data selesai, dilanjutkan dengan proses estimasi cadangan.

Metode yang digunakan dalam estimasi cadangan batugamping pada penelitian ini yaitu menggunakan metode IDW (*Inverse Distance Weighted*). Metode ini menggunakan asumsi nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (*weight*) akan berubah secara linear sesuai dengan jaraknya dengan data sampel.

Setelah dilakukan estimasi menggunakan IDW (*Inverse Distance Weight*) selanjutnya akan diperoleh hasil dalam bentuk *report* yang ditampilkan di *notepad*. Hasil estimasi merupakan hasil akhir dari proses pembobotan terhadap data kimia pada tiap blok-blok dalam model blok *Quarry XIII* dan proses perhitungan cadangan batugamping berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Dalam membuat *report* perhitungan cadangan, dimasukkan nilai berat jenis (*specific gravity*) batugamping pada

daerah penelitian yang diperoleh dari data Departemen *Quarry* PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Cilacap *Plant Plant* yakni sebesar 2,3. Nilai dari berat jenis batugamping yang dimasukkan akan mempengaruhi hasil perhitungan cadangan batugamping untuk menghasilkan jumlah tonase batugampingnya. Berdasarkan hasil perhitungan cadangan batugamping *Quarry* XIII Nusa Kambangan diperoleh volume atau tonase hasil perhitungan sisa cadangan dengan menggunakan *surpac* versi 6.3.2 pada *Quarry* XIII yaitu sebesar 29.462.500 m³ atau 67.763.750 ton.

Ore Class	Volume	Tonnes	Al2O3	CaO	P2O5
LIM	29462500	0	0.60	0.80	0.80
Grand Total	29462500	0	0.60	0.80	0.80

Gambar 4.3
Report Block Model Batugamping
Quarry XIII

4.5.2.5 Klasifikasi Sumberdaya Mineral dan Cadangan

Klasifikasi dilakukan berdasarkan SNI 4726 tahun 2011 tentang Pelaporan Sumberdaya dan cadangan Mineral.

Kuari XIII memiliki luas sebesar 40 Ha dan memiliki 20 lubang bor, sehingga 1 lubang bor mewakili masing-masing 2 Ha dari total luas kuari.

$\sqrt{20000 \text{ m}^2} = 141,4 \text{ m}$. Jadi antar lubang bor memiliki jarak 141,4 m menurut Spero Carras, batugamping termasuk ke golongan A yaitu *simple* atau sederhana.

Tabel 4.4
Jarak Titik Informasi Menurut Kondisi Geologi

Kondisi Geologi	Kriteria	S u m b e r D a y a			
		Hipotetik	Tereka	Tertunjuk	Terukur
Sederhana	Jarak titik informasi (m)	tidak terbatas	$1000 < X = 1500$	$500 < X = 1000$	$X = 500$
Moderat	Jarak titik informasi (m)	tidak terbatas	$500 < X = 1000$	$250 < X = 500$	$X = 250$
Komplek	Jarak titik informasi (m)	tidak terbatas	$200 < X = 400$	$100 < X = 200$	$X = 100$

4.5.2.6 Sequence Penambangan

Sequence penambangan bertujuan untuk mengetahui estimasi atau perkiraan cadangan yang akan ditambang setiap tahunnya. *Sequence* penambangan dapat mengetahui daerah mana saja yang perlu ditambang dan bentuk pit yang harus dibuat, karena sudah diperhitungkan sebelumnya di *Sequence* penambangan.

Sequence penambangan dilakukan dengan menganalisa peta kontur yang tersedia menggunakan *software Autocad* . Menggunakan target produksi sebesar 4 juta ton per tahun, proses penambangan di *Quarry XIII* dilakukan secara bertahap mengingat bahwa *Quarry XII* masih aktif berjalan sebagai *Quarry* Produksi.

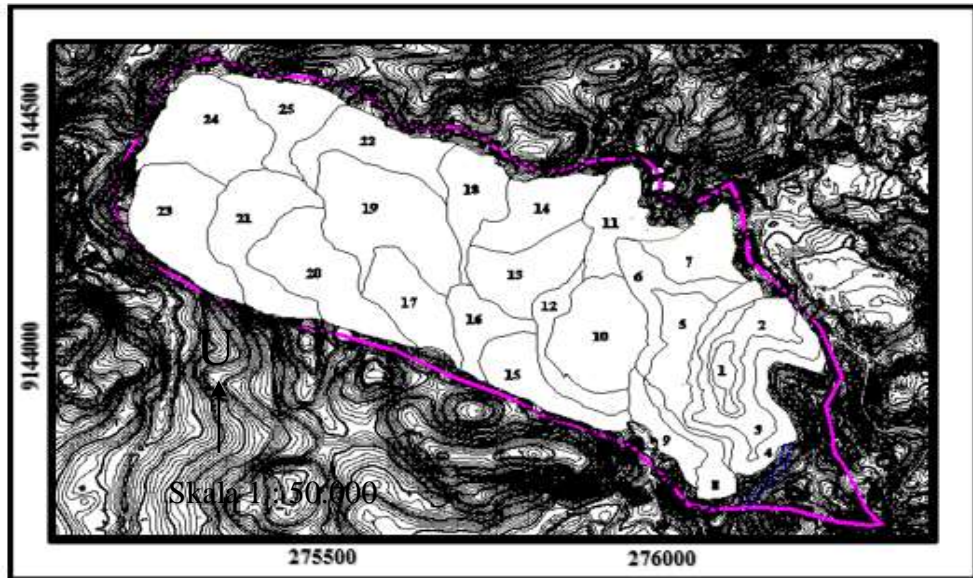
Target produksi dari *Quarry XIII* dimulai dari 10% target produksi atau sekitar 400.000 ton pertahun dan pertahun target produksinya semakin lama semakin naik sehubungan dengan *Quarry XII* yang semakin lama sudah habis cadangannya. Hal ini dilakukan karena pada tahun 2021 *Quarry XII* masih aktif beroperasi sehingga peran *Quarry XIII* hanya sebagai kuari pendukung sebelum menjadi kuari utama pada tahun 2045. Kegiatan ini dilakukan beberapa tahun sebelum *Quarry XII* habis dikarenakan agar mempersiapkan *Quarry XIII*.

Tabel 4.4
Target Produksi *Quarry XIII*

Tahun	Target Produksi	Nilai (Ton)
2021	10%	400.000
2022	20%	800.000
2023	40%	1.600.000
2024	40%	1.600.000
2025	50%	2.000.000
2026	60%	2.400.000
2027	80%	3.200.000
2028	90%	3.600.000
2029	100%	4.000.000
2030	100%	4.000.000
2031	100%	4.000.000
2032	100%	4.000.000
2033	100%	4.000.000
2035	100%	4.000.000
2036	100%	4.000.000
2037	100%	4.000.000
2038	90%	3.600.000
2039	80%	3.200.000
2040	60%	2.400.000
2041	50%	2.000.000
2042	40%	1.600.000
2043	40%	1.600.000
2044	20%	800.000
2045	10%	400.000

Rencana *Sequence* penambangan dilakukan sebagai acuan dalam kegiatan penambangan setiap tahunnya. Terdapat faktor utama dalam melakukan *Sequence* penambangan yaitu faktor geologi dan alam, faktor ketersediaan alat dan tenaga kerja, serta faktor biaya operasi. *Sequence*

penambangan dilakukan dengan memperhatikan faktor keamanan dan keselamatan kerja.



Gambar 4.4
Rencana *Sequence* Penambangan

BAB V

PEMBAHASAN

Pembahasan mengenai hasil eksplorasi yang meliputi sumberdaya dan cadangan batugamping, pada estimasi sumberdaya dan cadangan ini menggunakan metode IDW (*Inverse Distance Weight*). Hal ini untuk menentukan kuantitas cadangan batugamping yang berada di daerah penelitian yang sesuai dengan kriteria batugamping yang diinginkan oleh PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Cilacap *Plant*.

Estimasi sumberdaya dan cadangan dengan menggunakan metode IDW menggunakan software Surpac 6.3.2 dimaksudkan agar mendapatkan hasil yang lebih relevan dan dapat melihat kualitasnya sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan dari perusahaan tersebut.

5.1. Estimasi Sumberdaya dan Cadangan dengan Metode IDW

Menggunakan metode IDW pada *Software* Surpac 6.3.2 memiliki keuntungan yaitu dapat memproses hasil dengan cepat dan memiliki keakuratan yang cukup baik karena data yang dihasilkan tidak melebihi nilai maksimum dan tidak kurang dari nilai minimum data sampel, sedangkan metode IDW memiliki kekurangan jika data sampel yang diambil tidak cukup banyak dan tersebar, maka hasilnya kurang akan kurang akurat. Langkah awal adalah dengan membuat *block model* lalu selanjutnya menggunakan kontur sebagai batas atas dari *block model* tersebut dan menggunakan ketinggian 40 m sebagai batas bawah dari *block model*. Hal ini memiliki arti bahwa akan dilaksanakan penambangan pada kontur dari atas sampai dengan ketinggian 40 m diatas permukaan laut dengan hasil akhir permukaan datar pada elevasi 40 m diatas permukaan laut. Pada batas atas menggunakan data topografi dari kuari XIII sehingga menghasilkan suatu bangun yang dapat dihitung volumenya. Dari hasil analisis didapatkan bahwa cadangan sebesar 29.462.500m³ atau 67.763.750 ton. Cadangan ini adalah cadangan yang sudah sesuai dengan kriteria batugamping dari PT. Solusi Bangun Indonesia yang sudah ditetapkan.

5.2. Klasifikasi Sumberdaya Mineral dan Cadangan

Klasifikasi sumberdaya mineral adalah suatu proses pengumpulan,

penyaringan serta pengolahan data dan informasi dari suatu endapan mineral untuk memperoleh gambaran yang ringkas mengenai endapan itu berdasarkan kriteria: keyakinan geologi, dan kelayakan tambang. Kriteria keyakinan geologi didasarkan pada tahap eksplorasi yang meliputi survei tinjau, prospeksi, eksplorasi umum dan eksplorasi rinci.

Klasifikasi berdasarkan Spero Carras, batugamping termasuk golongan A yaitu *simple* atau sederhana dan berdasarkan SNI 4726 tahun 2011 didapatkan bahwa jarak antar lubang bor sebesar 141,4 m, maka dapat di klasifikasikan sebagai cadangan terukur karena jarak antar lubang bor di bawah 500 m.

5.3. Estimasi Umur Tambang *Quarry* XIII

Setelah mendapatkan cadangan batugamping di *Quarry* sebesar 67.763.750 ton, maka dapat menentukan umur tambang dari *Quarry* XIII yaitu selama 25 tahun. Hal ini didapatkan dengan cara mengetahui jumlah produksi tahunan batugamping, tahun pertama dari *Quarry* XIII masih memproduksi dalam jumlah sedikit dikarenakan *Quarry* XII masih aktif beroperasi, sehingga *Quarry* XIII hanya dijadikan sebagai *quarry* penunjang. *Quarry* XIII baru aktif sebagai *quarry* utama mulai pada tahun ke 6 karena sudah menjadi penghasil batugamping dominan dibanding *Quarry* XII meskipun belum 100% sebagai kuari utama dari produksi batugamping di PT. Solusi Bangun Indonesia Cilacap dan bertindak sebagai penghasil 100% batugamping pada tahun ke 9 . Keadaan ini bertahan selama 8 tahun, pada tahun ke 17 *Quarry* XIII sudah mengalami penurunan produksi batugamping sehingga dibutuhkan kuari baru yaitu *Quarry* IV yang digunakan untuk menunjang produksi batugamping.

Rencana *Sequence* penambangan dilakukan sebagai acuan penambangan setiap tahunnya dengan memperhatikan 3 faktor yaitu faktor geologi atau alam, faktor ketersediaan alat dan tenaga kerja, serta faktor biaya operasi. Rencana penambangan dapat dilakukan tanpa harus melakukan *Blending* pada hasil penambangan karena seluruh batugamping yang ada memiliki kadar yang sesuai dengan kriteria PT. Solusi Bangun Indonesia.

Rencana *Sequence* penambangan dilakukan dimulai dengan memotong bukit sebelah timur, hal ini dilakukan karena target produksi dari tahun 1 *Quarry* XIII

belum terlalu banyak sehingga memotong bukit tersebut sudah cukup untuk memenuhi target produksi. Alasan lain memotong bukit di sebelah timur karena dari sebelah timur terdapat jalan tambang dari *Quarry XII* sehingga memudahkan dari segi transportasi. Tahun selanjutnya proses penambangan dilakukan di sekitar bukit tersebut lalu meluas ke area lain di dalam *Quarry XIII*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan untuk mengetahui besar potensi sumberdaya dan cadangan batugamping di PT. Solusi Bangun Indonesia, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penaksiran sumberdaya dan cadangan batugamping di daerah penelitian dengan menggunakan metode IDW volume sumberdaya sebesar $29.462.500\text{m}^3$ atau 67.763.750 ton
2. Kuari XIII diklasifikasikan berdasarkan Spero Carras dan SNI 4726 tahun 2011 sebagai cadangan terbukti
3. Berdasarkan target produksi maka umur tambang Kuari XIII akan berlangsung selama kurang lebih 25 tahun.

6.2. Saran

1. Perlu dicoba melakukan estimasi cadangan dengan metode lain selain menggunakan IDW agar dapat saling membandingkan.
2. Perlu dilakukan perhitungan cadangan batugamping pada calon kuari baru sedini mungkin, sebaiknya setengah umur kuari sebelumnya sudah mulai menghitung estimasi cadangan kuari baru agar dapat merencanakan produksi ke depannya dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2011, "*Pedoman Pelaporan Eskplorasi, Sumberdaya, dan Cadangan Mineral*", Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim, 2018, "*Laporan Eskplorasi PT. Solusi Bangun Indonesia*", PT Sinar Asia Fortuna, Kabupaten Rembang.
- Anonim, 2016, "*Statistik Daerah Kecamatan Sale 2016*", Badan Pusat Statistik Kabupaten Rembang, Kabupaten Rembang.
- Bargawa, W. S., 2017, "*Perencanaan Tambang*", Edisi ketujuh Prodi Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Carras, S., 1984, "*Sampling Evaluation And Basic Principles Of Ore Reserve Estimation*", Carras Mining & Associates. Unpublished
- Hustrulid, W., dan Kutcha, M., 1995, "*Open Pit Planning and Design Volume 1- Fundamentals*", A. Balkema, Rotterdam.
- Munir, R., 2006, "*Kriptografi*", Informatika Bandung, Bandung.
- Popoff, C. C., 1966, "*Computing Reserves of Mineral Deposit Principles and Conventional Methods*", US. Department of the Interior. Bureau of Mines.
- Rauf, A., 1998, "*Perhitungan Cadangan Endapan Mineral*", Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- Rauf, A., 1999, "*Eksplorasi Tambang*", Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- Setyowati, I., dan Widodo P., 2017, "*Buku Panduan Praktek Tambang Terbuka*", Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.

LAMPIRAN A
DATA ASSAY

Tabel A.1
Data Assay Lubang Bor Kuari XIII

<i>Hole ID</i>	<i>Depth From</i>	<i>Depth to</i>	<i>Assay CaO(%)</i>	<i>Assay MgO(%)</i>	<i>Assay Al₂O₃(%)</i>
H1	6.4	8.4	48.7	0.64	7.24
H2	8.4	9.4	53.2	0.51	0.91
H3	9.4	10.4	54.5	0.37	0.56
H4	10.4	11.4	54.5	0.47	0.33
H5	11.4	12.4	54.7	0.38	0.29
H6	12.4	13.4	54.5	0.38	0.41
H7	13.4	14.4	54.4	0.46	0.43
H8	14.4	15.4	54.6	0.42	0.34
H9	15.4	16.4	55.4	0.28	0.19
H10	16.4	17.4	54.9	0.32	0.24
H11	17.4	18.4	54.8	0.4	0.36
H12	18.4	19.4	54.7	0.4	0.33
H13	19.4	20.4	54.3	0.38	0.37
H14	20.4	21.4	54.5	0.37	0.37
H15	21.4	22.4	53	0.64	0.89
H16	22.4	23.4	54.1	0.41	0.56
H17	23.4	24.4	53.7	0.47	0.74
H18	24.4	25.4	53.8	0.48	0.65
H19	25.4	26.4	53.1	0.52	0.89
H20	26.4	27.4	53.9	0.46	0.67

LAMPIRAN B
DATA COLLAR

Tabel B.1
Data Collar Lubang Bor Kuari XIII

<i>Hole ID</i>	Koordinat Y	Koordinat X	Koordinat Z	<i>Depth (m)</i>	<i>Hole Path</i>
H1	9144417	275445.1	226	220	LINEAR
H2	9144335	275370.9	216	210	LINEAR
H3	9144250	275289.4	204	200	LINEAR
H4	9144332	275500.8	220	215	LINEAR
H5	9144230	275425.2	230	225	LINEAR
H6	9144326	275605.8	230	225	LINEAR
H7	9144225	275559.6	230	225	LINEAR
H8	9144143	275490.7	204	204	LINEAR
H9	9144251	275688	220	215	LINEAR
H10	9144131	275624	242	235	LINEAR
H11	9144246	275808.7	118	115	LINEAR
H12	9144150	275741.7	206	200	LINEAR
H13	9144059	275683.7	240	235	LINEAR
H14	9144166	275864.7	222	215	LINEAR
H15	9144071	275831.8	242	235	LINEAR
H16	9144190	275998	234	230	LINEAR
H17	9144088	275957	244	240	LINEAR
H18	9143989	275903.3	226	220	LINEAR
H19	9144103	276063.6	210	205	LINEAR
H20	9143987	276012	204	200	LINEAR

LAMPIRAN C
DATA GEOLOGY

Tabel C.1
Data *Geology* Lubang Bor Kuari XIII

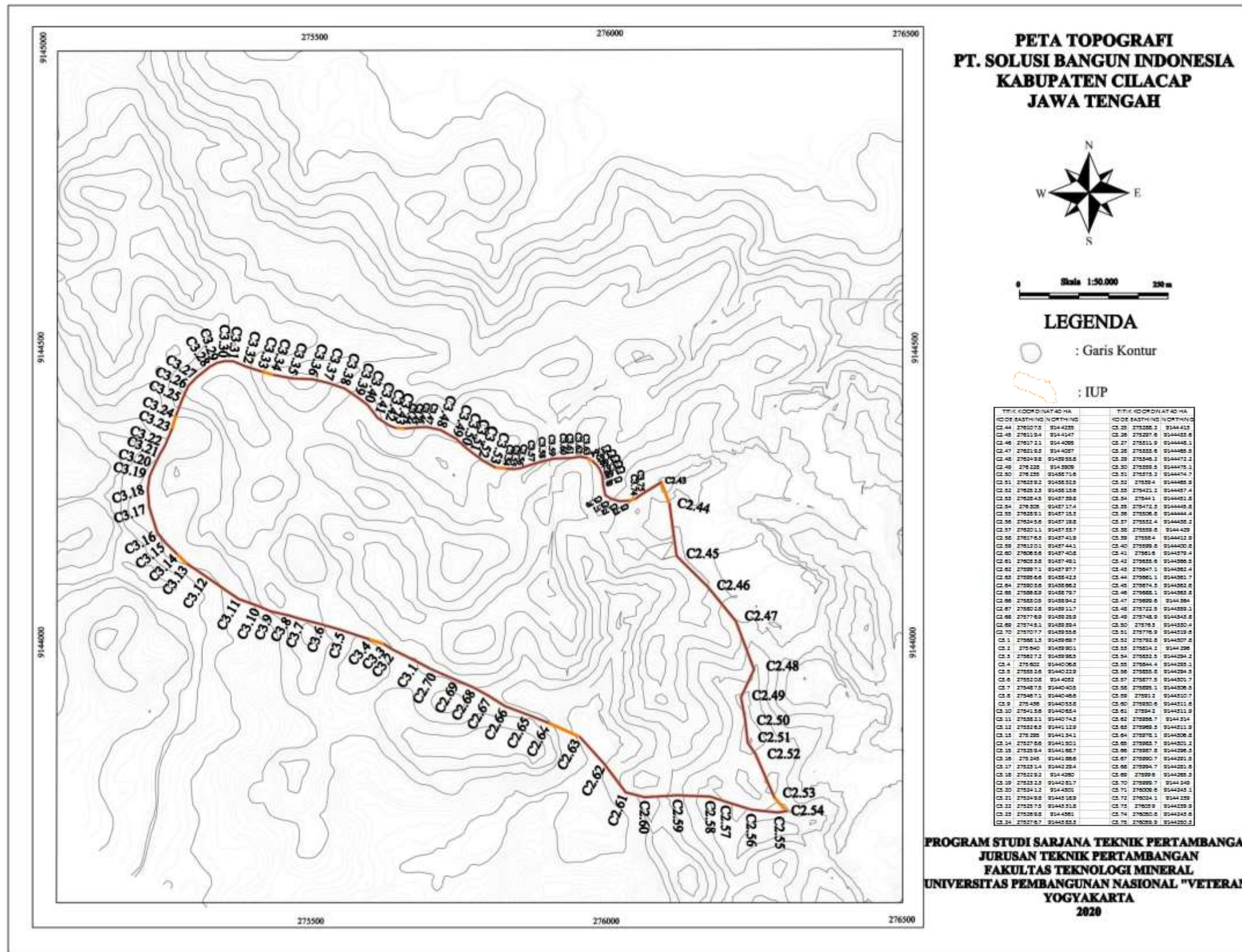
<i>Hole ID</i>	<i>Depth From</i>	<i>Depth to</i>	<i>Hole Path</i>
H1	9144417	275445.1	Batugamping
H2	9144335	275370.9	Batugamping
H3	9144250	275289.4	Batugamping
H4	9144332	275500.8	Batugamping
H5	9144230	275425.2	Batugamping
H6	9144326	275605.8	Batugamping
H7	9144225	275559.6	Batugamping
H8	9144143	275490.7	Batugamping
H9	9144251	275688	Batugamping
H10	9144131	275624	Batugamping
H11	9144246	275808.7	Batugamping
H12	9144150	275741.7	Batugamping
H13	9144059	275683.7	Batugamping
H14	9144166	275864.7	Batugamping
H15	9144071	275831.8	Batugamping
H16	9144190	275998	Batugamping
H17	9144088	275957	Batugamping
H18	9143989	275903.3	Batugamping
H19	9144103	276063.6	Batugamping
H20	9143987	276012	Batugamping

LAMPIRAN D
DATA SURVEY

Tabel D.1
Data Survey Lubang Bor Kuari XIII

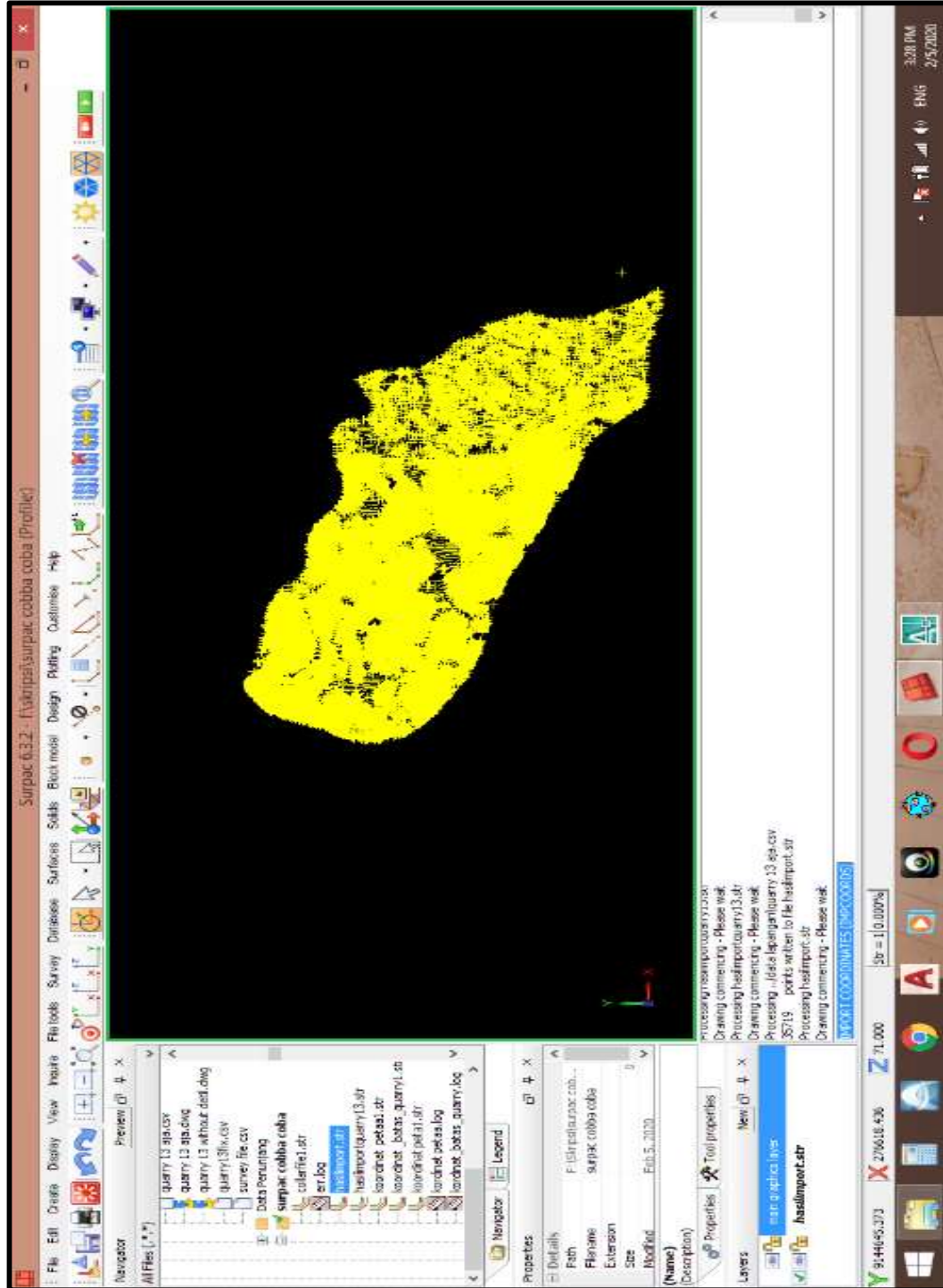
<i>Hole ID</i>	<i>Depth (m)</i>	<i>Dip (°)</i>	<i>Azimuth (°)</i>
H1	220	-90	0
H2	210	-90	0
H3	200	-90	0
H4	215	-90	0
H5	225	-90	0
H6	225	-90	0
H7	225	-90	0
H8	204	-90	0
H9	215	-90	0
H10	235	-90	0
H11	115	-90	0
H12	200	-90	0
H13	235	-90	0
H14	215	-90	0
H15	235	-90	0
H16	230	-90	0
H17	240	-90	0
H18	220	-90	0
H19	205	-90	0
H20	200	-90	0

LAMPIRAN E
Peta Topografi



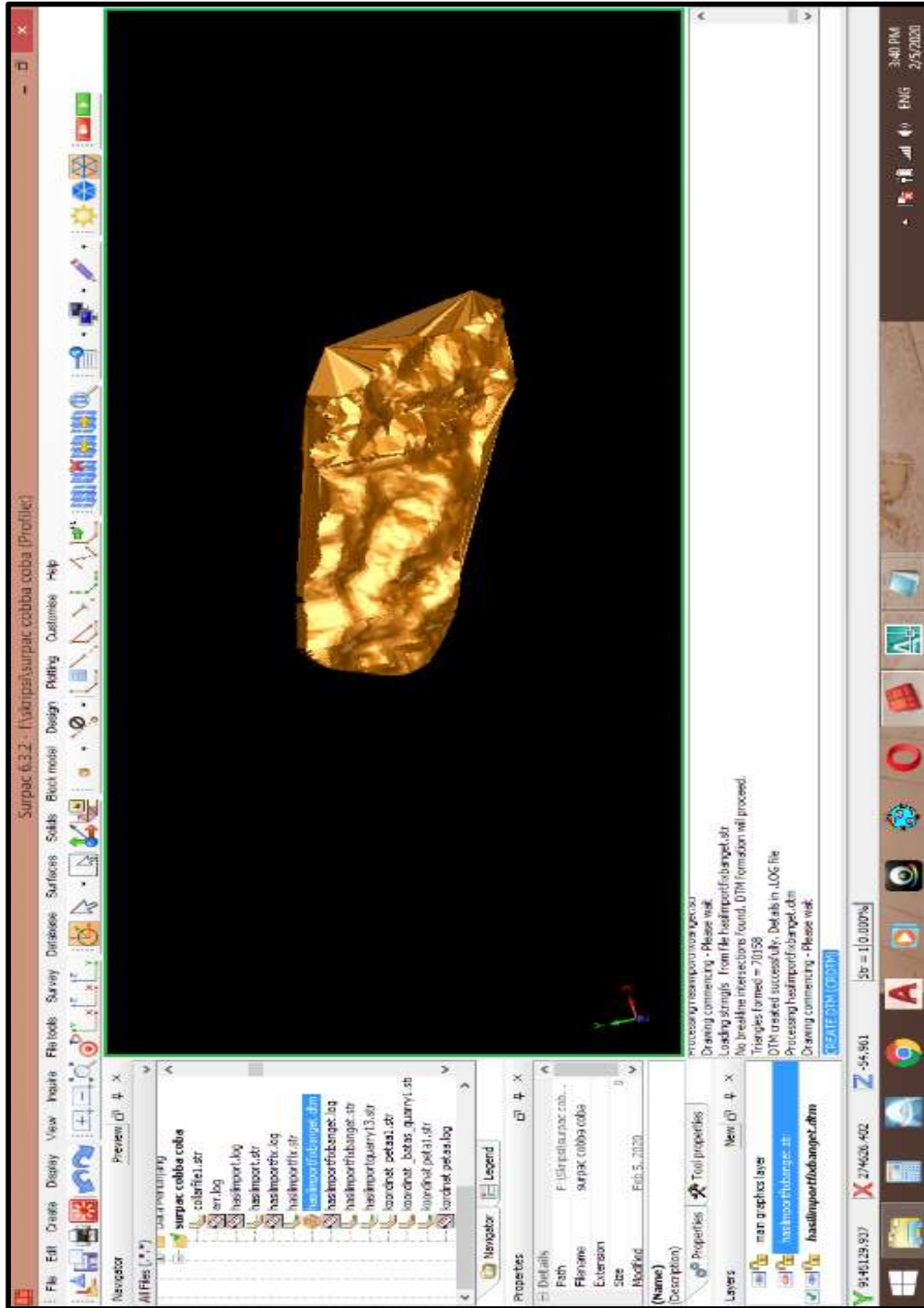
LAMPIRAN F

DATA TOPOGRAFI QUARRY XIII



LAMPIRAN G

DTM MORFOLOGI QUARRY XIII NUSAKAMBANGAN



LAMPIRAN H

HASIL CONSTRAINT BLOK MODEL QUARRY XIII

