

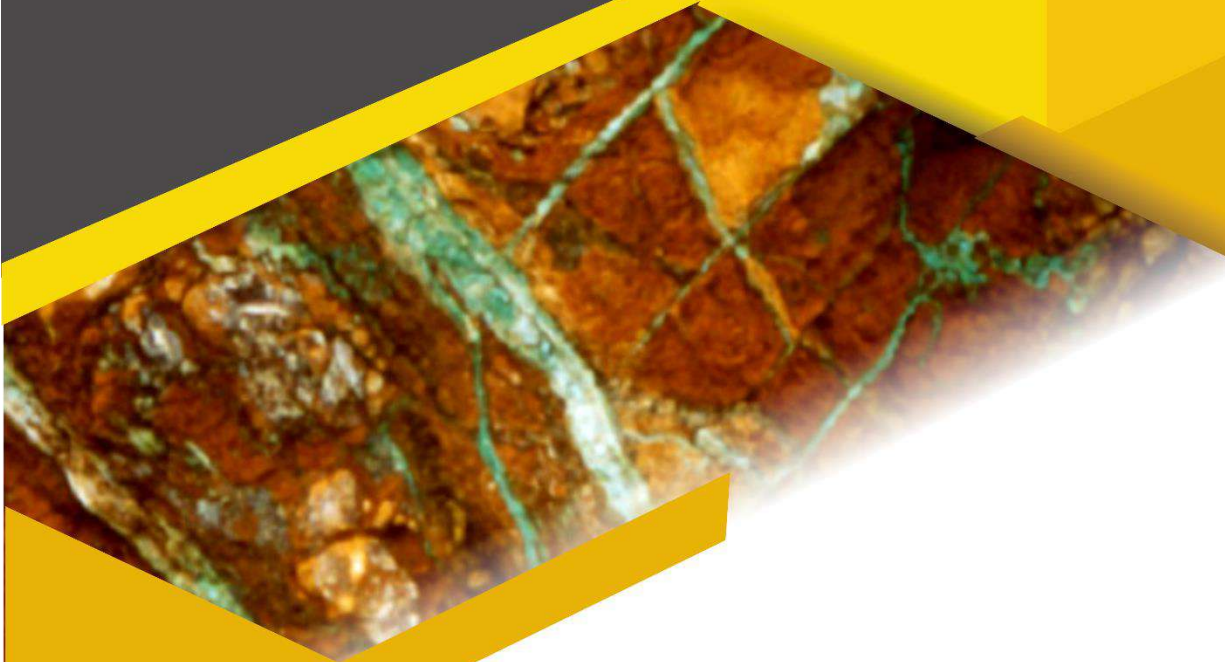
ISBN 978-623-389-202-5



9 786233 892025



Prosiding Seminar Nasional "40 Tahun Pandu Berbakti"



**TEKNIK PERTAMBANGAN, FTM-LPPM
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA**

2022

Prosiding Seminar Nasional “40 Tahun Pandu Berbakti”

Steering Committee

Ir. Priyadi (Komting 82, Dirut PT. Adaro, Tbk.)

Ir. Putra Slamet Abadi

Ir. Yosep Yudianto

Organizing Committee

Ketua Pelaksana : Ir. Bambang Purwono

Wakil Ketua I : Dr. Ir. Waterman Sulistyana Bargawa, MT., IPM.

Sekretaris : Ir. Amiseno, Ir. Heru Siswandono, Ir. Heru Siswandono,
Ir. Purwoko Yulianto

Bendahara : Ir. Iryono Adi, Ir. Oki Widiyanto

Humas & Publikasi : Ir. Basuki Trubus Wicaksono

Acara : Ir. Agus Panca Suchahyo, MT., Ir. M. Mochtar Chodlori, MBA

Kesekretariatan : Agus Sugiharto, MT

Distribusi : Ir. Bagus Wiyono, MT

Reviewer

Dr. Arifudin Idus UGM

Dr. Nur Heriawan ITB

Dr. Syafrizal ITB

Dr. Supandi ITNY

Dr. Waterman Sulistyana Bargawa UPNVY

Dr. Shofa Rijalul Haq UPNVY

Dr. Aldin Ardian UPNVY

Dr. Nur Ali Amri UPNVY

Editor

Ir. Saiful Kirom

Ir. Trisno Yuwono

Ir. Florentinus Agung Widodo

Ir. Heru Siswandono

Managing Editor

Ir. Eka Budhi Mahatma

Ir. Arif Budi Prasetyanto

Ir. Dadik Kiswanto

Ir. Henrico Syambastian

Risal Gunawan, ST.

Arद्या Pramesti Putri Arindry, ST.

Anisyah Alqurani, ST.

Sofiannur, ST.

Cetakan Tahun 2022

Katalog Dalam Terbitan (KDT):

Prosiding Seminar Nasional “40 Tahun Pandu Berbakti”

Penerbit LPPM UPN Veteran Yogyakarta vi + 140 hlm; (21 × 29.7) cm².

ISBN: 978-623-389-202-5

Redaksi

Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Sekretariat: Gd. Ari F. Lasut ALC I UPN “Veteran” Yogyakarta

Jl. Padjadjaran 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta 55283

Telepon (0274) 486733, ext 154, Fax. (0274) 486400

E-mail: lppm@upnyk.ac.id

Hak Cipta dilindungi Undang-undang.

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apa pun, termasuk fotokopi, tanpa izin tertulis dari penerbit.

**PRAKATA KETUA PANDU TEKNIK PERTAMBANGAN FTM
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2022**

Puji syukur tim editor panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga Seminar Nasional 40 Tahun Pandu Berbakti dapat terlaksana dengan baik dan lancar. Seminar ini bertema “*Fleksibilitas Alumni Tambang dalam Berkarya dengan Semangat Bela Negara*” yang diselenggarakan dalam rangka reuni Alumni Tambang “82” Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta Tahun 2022.

Pada seminar dipresentasikan hasil penelitian, review, dan hasil pengabdian yang dilakukan oleh peneliti yang berasal baik dari perguruan tinggi maupun praktisi perusahaan pertambangan. Hasil seminar tersebut kemudian didokumentasikan dalam prosiding ini.

Seminar ini dapat terlaksana dengan sukses atas bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu kami ucapkan terima kasih pihak-pihak yang telah membantu terselenggaranya acara ini.

Semoga prosiding ini bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Yogyakarta, 09 Desember 2022

Ketua Pandu 82
Ir. Putra Slamet Abadi

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN IDENTITAS PROSIDING	ii
PRAKARTA KETUA ALUMNI TAMBANG ANGKATAN "82"	iv
DAFTAR ISI	v
Analisis Kelas Massa Batuan dengan Metode Q-System Terowongan Tambang Bawah Tanah Ardy Pramesti Putri Arindry, Singgih Saptono dan Barlian Dwinagara	1
Analisis Jarak Lubang Bor untuk Klasifikasi Sumberdaya Batubara Studi Kasus Cekungan Tarakan Kalimantan Utara Septi Wulandari, Eddy Winarno, dan Nur Ali Amri	8
Pentingnya Perencanaan Lahan Pascatambang Literatur Review Risal Gunawan, Rika Ernawati dan Rahmat Fauzan Izza	16
Evaluasi Pemanfaatan Limbah Slag Nikel pada Pengolahan Biji Nikel Laterit (Studi kasus Pengolahan Biji Nikel Laterit Halmahera Selatan), Sahrul Huda, Tedy Agung Cahyadi, Rika Ernawati, Edy Nursanto, dan Nur Ali Amri	25
Pengelolaan Lahan Pascatambang Berbasis Berkelanjutan Literatur Review Risal Gunawan, Waterman Sulistyana Bargawa, dan Nur Ali Amri	32
Comparison of VES and IPI2WIN Result with Drilling Groundwater at Wonogiri Garmen Factory Project Site Winda	41
Studi Karakteristik Geologi Dalam Penentuan Lokasi As Calon Bendungan Di Sungai Nungga Kota Bima Husni Randa, Barlian Dwinagara, Muhammad Fathin Firaz dan Arif Wijaya	50
Analisis Penurunan Muka Tanah Akibat Beban Fondasi Dangkal Pada Calon Bendungan Dodu Rasanae Timur Kota Bima Nusa Tenggara Barat Husni Randa, Barlian Dwinagara, Muhammad Fathin Firaz, Diah Rahmawati dan, Alpiana	60
Literatur Review Pemanfaatan Limbah Slag Nikel pada Kegiatan Pengolahan Bijih Nikel Sahrul Huda Ode Sam, Tedy Agung Cahyadi, Rika Ernawati, Edy Nursanto, dan Nur Ali Amri	70

Study of the Mineralogical Characteristics of Laterite Nickel Deposit Wailukum Block PT. Aneka Tambang Tbk. Geomin Units East Halmahera District North Maluku Province Fahrudin Sahid dan Jeha Kunramadi	79
Overview Metode Pengelolaan Air Asam Tambang Menggunakan Bakteri Pereduksi Sulfat Anisyah Alquran Ni, Rika Ernawati, Tedy Agung Cahyadi, Edy Nursanto, dan Nur Ali Amri	89
Estimasi Sumberdaya Batubara berdasarkan Uji Prospek Beralasan Kode KCM I 2017 Eko Wicaksono	96
Tinjauan Literatur Identifikasi dan Potensi Rare Earth Element Epafras Meihaga dan Waterman Sulistyana Bargawa	104
Overview Metode Pengelolaan Limbah Tailing Akibat Kegiatan Pertambangan Emas Fitra Kurniawan, Tedy Agung Cahyadi, Rika Ernawati, Waterman Sulistyana Bargawa, dan Nur Ali Amri	111
Perbandingan Hasil Estimasi Kadar Bijih Nikel Laterit dengan Metode Inverse Distance Weighting dan Ordinary Kriging Berdasarkan Literatur Review Muh Ardian Syaputra, Aviv Alansyah dan Muh Nuzul Haq	116
Estimasi Sumberdaya Endapan Nikel Laterit Sulawesi Tengah dengan Metode metode inverse distance weighted Gede Yangda Sugianto, Waterman Sulistyana Bargawa, Dahono Haryanto	122
Estimasi cadangan memakai pendekatan lerch Grossman Studi Kasus Bijih Nikel Laterit di Bahodopi Sulawesi Tengah Muh. Ardian Syaputra, Risal Gunawan, Waterman Sulistyana Bargawa	128
Estimasi Sumberdaya Endapan Nikel Laterit Sulawesi Tengah dengan Metode Ordinary Kriging Gede Yangda Sugianto, Waterman Sulistyana Bargawa, Dahono Haryanto	135

Analisis Jarak Lubang Bor Untuk Klasifikasi Sumberdaya Batubara Studi Kasus Cekungan Tarakan Kalimantan Utara

^{1*)}Septi Wulandari, ^{2*)}Eddy Winarno, ^{2*)}Nur Ali Amri

¹PT. Atha Marth Naha Kramo, Kab. Malinau, Kalimantan Utara

²Magister Teknik Pertambangan UPN Veteran Yogyakarta, Jl. SWK No.104 (Lingkar Utara), Ngropoh, Condongcartur, Depok Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: septi.wulandari077@gmail.com; nuraliamri@upnya.ac.id

Abstrak. PT. Atha Marth Naha Kramo (PT. AMNK) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara yang saat ini telah memulai melakukan aktivitas penambangan. Blok penambangan dibagi menjadi blok utara, blok tengah, dan blok selatan. Aktivitas pengeboran telah selesai dilakukan pada blok utara dan blok tengah, dengan 32 titik pengeboran untuk blok utara dengan *seam* utama yaitu *seam C*, *seam D*, dan *seam E*, sedangkan untuk blok tengah terdapat 66 titik pengeboran menghasilkan 4 *seam* utama yaitu *seam H*, *seam I*, *seam J*, dan *seam K*, dengan jarak lubang bor rata-rata 150 m. Tipe endapan batubara berdasarkan SNI 5015:2019 dinyatakan bahwa kondisi geologi di daerah penelitian termasuk pada kelompok geologi moderat, salah satunya dengan dijumpai adanya indikasi sesar di area blok tengah. Pada tahun 2024 PT. AMNK menargetkan akan melakukan eksplorasi lanjutan pada daerah blok selatan sehingga diperlukan analisis lebih lanjut terkait jarak lubang bor optimum sehingga estimasi dan klasifikasi sumberdaya dapat dilakukan lebih tepat. Penelitian ini dilakukan sebagai bentuk analisis jarak lubang bor optimum guna mendukung kegiatan penambangan pada daerah penelitian selanjutnya dengan menggunakan geostatistik akan dilakukan estimasi dan klasifikasi sumberdaya batubara. Hasil yang didapatkan Jarak lubang bor optimum pada daerah penelitian diambil pada jarak 250 m, 425 m, dan 750 m, berturut-turut untuk kategori *measured*, *indicated*, dan *inferred*, diambil dari hasil analisis *seam D* yang merupakan jarak lubang bor terkecil yang didapatkan melalui analisis GEV.

Kata kunci: Jarak Lubang Bor Optimum, *Sill Variogram*, *Global Estimation Variance*

Abstract. PT. Atha Marth Naha Kramo (PT. AMNK) is a company engaged in coal mining which has now started mining activities. The mining block is divided into blocks namely the north block, middle block, and south block. Drilling activities have been completed in the north block and middle block, with a total of 32 drilling points for the north block with the main seams namely *seam C*, *seam D*, and *seam E*, while for the middle block there are 66 drilling points producing 4 main seams namely *seam H*, *seam I*, *seam J*, and *seam K*, with an average borehole distance of 150 m. The type of coal deposit based on SNI 5015:2019, the geological conditions in the study area are included in the moderate geological group, one of which is the presence of indications of faults in the middle block area. In 2024 PT. AMNK targets to carry out further exploration in the southern block area so that further analysis is needed regarding the optimum drill hole distance so that resource estimation and classification can be carried out more precisely. This research was conducted as a form of analysis of optimum drill hole distances to support mining activities in the next research area using geostatistics to estimate and classify coal resources. The results obtained Optimum drill hole distances in the research area were taken at a distance of 250 m, 425 m, and 750 m, respectively for the *measured*, *indicated*, and *inferred* categories, taken from the results of *seam D* analysis which is the smallest drill hole distance obtained through GEV analysis.

Keyword: Optimum Drill hole spacing, *Sill Variogram*, *Global Estimation Variance*

2.1 PENDAHULUAN

Klasifikasi sumberdaya dan cadangan ditentukan berdasarkan kegiatan pengeboran yang merupakan salah satu kegiatannya memerlukan biaya tinggi, oleh karenanya berdasarkan berdasarkan pedoman yang tertulis pada SNI 5015:2019 untuk batubara menyebutkan pada level keyakinan tertunjuk dan terukur jarak antar lubang bor boleh diperpanjang bila ada justifikasi teknis, misal jika ditunjang oleh analisis geostatistik. Menurut Vargas (2017) terdapat dua metode dalam analisis jarak lubang bor yaitu (a) *Drill Hole Spacing Analysis* (DHSA) dan (b) *Drill hole spacing optimization with conditional simulation*.

DHSA diperhitungkan dengan metode *Global Estimation Variance* atau GEV [1]. Penelitian tersebut membandingkan hasil klasifikasi dan estimasi dari hasil analisis jarak lubang bor dengan metode geostatistik dengan hasil menggunakan dasar *Australian Coal Guideliness* dan menemukan bahwa pendekatan non-geostatistik mengarah pada tingkat ketidakpastian yang tidak selalu sesuai dengan kompleksitas geologi serta menyimpulkan bahwa penggunaan skema klasifikasi dengan satu ukuran jarak lubang bor seperti yang disarankan pada *Australian Coal Guideliness* dapat menghasilkan klasifikasi sumberdaya yang tidak tepat. Penentuan klasifikasi sumberdaya, juga dapat dilakukan berdasarkan besaran *sill* dari variogram [8]. Klasifikasi Sumberdaya ini dinyatakan sebagai *variogram continuity*.

PT. AMNK merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan batubara yang saat ini telah memulai melakukan aktivitas penambangan. Blok penambangan dibagi menjadi blok yaitu blok utara, blok tengah, dan blok selatan. Aktivitas pengeboran telah selesai dilakukan pada blok utara dan blok tengah, dengan jumlah 32 titik pengeboran untuk blok utara dengan *seam* utama yaitu *seam C*, *seam D*, dan *seam E*, sedangkan untuk blok tengah terdapat 66 titik pengeboran menghasilkan 4 *seam* utama yaitu *seam H*, *seam I*, *seam J*, dan *seam K*, dengan jarak lubang bor rata-rata 150 m. Tipe endapan batubara berdasarkan SNI 5015:2019 kondisi geologi di daerah penelitian termasuk pada kelompok geologi moderat, salah satunya dengan dijumpai adanya indikasi sesar di area blok tengah [9]. Pada tahun 2024 PT. AMNK menargetkan akan melakukan eksplorasi lanjutan pada daerah blok selatan sehingga diperlukan analisis lebih lanjut terkait jarak lubang bor optimum sehingga estimasi dan klasifikasi sumberdaya dapat dilakukan lebih tepat.

Penelitian ini dilakukan sebagai bentuk analisis jarak lubang bor optimum guna mendukung kegiatan penambangan pada daerah penelitian selanjutnya dengan menggunakan geostatistik akan dilakukan estimasi dan klasifikasi sumberdaya batubara.

2.2 METODE

Data

Data yang digunakan adalah data sekunder dari hasil pengeboran eksplorasi batubara di daerah penelitian. Data tersebut digunakan untuk memodelkan penyebaran lapisan batubara, mengklasifikasikan sumberdaya batubara, serta estimasi sumberdaya batubara. Secara keseluruhan terdapat 11 *seam* batubara pada daerah penelitian namun dipilih *seam K* yang mempunyai data representatif dan mewakili daerah penelitian. Data lubang bor untuk *seam K* sebanyak 66 lubang bor dengan jarak rata-rata 150 m dan *seam D* yang mempunyai data 32 lubang bor dengan jarak rata-rata pengeboran sama seperti *seam K* yaitu 150 m. Kedalaman pengeboran cukup bervariasi dengan rata-rata kedalaman 90.67 m dan lubang bor terdalam 134.32 m dan lubang bor terendah 36.01 m. Data pengeboran dapat dilihat pada Lampiran A. Selain data pengeboran data yang dikumpulkan untuk memenuhi tujuan penelitian berupa antara lain peta litologi, peta *crop line*, peta Izin Usaha Pertambangan PT. AMNK.

Data Statistik

Rata-rata, nilai minimum dan maksimum, varians, serta standar deviasi sampel merupakan parameter statistika deskriptif selanjutnya digunakan sebagai dasar analisis statistika bivariat.

TABEL 1. Hasil analisis statistik untuk *seam K*

<i>Seam</i>	Variabel	Min	Max	Count	Mean	Var	Std Dev	CoV	Skew
K	<i>Thickness</i>	4.26	6.69	66	5.29	0.299	0.54	0.10	0.30
	<i>Ash</i>	1.90	2.80	27	2.22	0.054	0.23	0.10	1.08
	<i>Total Sulphur</i>	0.07	0.19	27	0.11	0.001	0.02	0.22	1.24
	CV	5220	5969	27	5593	30381	171.04	0.03	-0.22
D	<i>Thickness</i>	0.50	3.95	20	1.84	1.251	1.09	0.592	0.64
	<i>Ash</i>	3.40	11.90	15	7.06	7.280	2.61	0.369	0.07
	<i>Total Sulphur</i>	0.07	0.14	15	0.10	0.001	0.02	0.233	0.17
	CV	5129	5745	15	5437	49547	215.04	0.040	0.24

Analisis dilakukan untuk *seam* K dan *seam* D dengan menggunakan nilai ketebalan, kandungan abu, serta nilai kalori batubara. Berdasarkan hasil analisis statistik dasar yang dilakukan ketebalan maksimal untuk *seam* K adalah 6.95 m dengan nilai kadar *ash* rata-rata 2.22%. Sebagaimana **TABEL 1** nilai koefisien variasi (CoV) untuk *ash* yang merupakan ukuran yang menggambarkan besarnya variabilitas *relative* terhadap kadar rata-rata adalah 0.10. CoV didefinisikan sebagai standar deviasi dibagi *mean*, yang menyatakan bahwa untuk distribusi data dengan nilai CoV kurang dari 1.5, dapat dikatakan bahwa data dalam batas normal, sehingga *top cut* ataupun *down-grade* tidak perlu dilakukan dan dapat menghasilkan nilai variogram yang dapat diterima [3][4]. Dari 4 variabel data yang digunakan berdasarkan nilai CoV yang didapatkan, semua data terdistribusi normal dan mempunyai sebaran data yang cukup baik, sehingga tidak perlu dilakukan verifikasi data untuk daerah penelitian tersebut.

Analisis untuk *seam* D menghasilkan nilai CoV yang menunjukkan distribusi data dari masing-masing variabel memiliki nilai yang normal untuk *ash*, *total sulphur*, dan CV dengan nilai kurang dari 0.5, hal ini berarti distribusi data dari variabel kualitas batubara *seam* D terdistribusi dengan baik. Sedangkan untuk nilai CoV dari variabel ketebalan dikatakan sedang dengan nilai koefisien variansi antara 0.5 sampai dengan 1.5, hal tersebut dikarenakan memang data ketebalan batubara *seam* D memiliki variasi yang cukup tinggi.

Pemodelan Variogram

Geostatistika merupakan metode yang digunakan untuk melihat hubungan antar variabel yang diukur pada titik tertentu dengan variabel yang sama diukur pada titik dengan jarak tertentu dari titik pertama (data spasial) dan digunakan untuk mengestimasi parameter di tempat yang tidak diketahui datanya.

Variogram didefinisikan sebagai hubungan vektor $h = s_1 - s_2$ atau hubungan jarak dengan sudut arah $h = (L, \theta)$, dengan L adalah *lag*. Variogram digunakan untuk melihat variabilitas antara 2 data yang dipisahkan oleh jarak pada suatu daerah (Sianturi, 2020) Fungsi variogram untuk $s_1 - s_2$ adalah sebagai berikut:

$$2\gamma(s_1 - s_2) = Var[Z(s_1) - Z(s_2)] \tag{1}$$

Semivariogram, $\gamma(h)$, merupakan 1/2 beda kuadrat rata-rata antara sepasang ilai data sebagaimana, formula semivariogram adalah [6]:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{(j,i) | h_{ij}=h} (s_1 - s_2)^2 \tag{2}$$

$\gamma(h)$ merupakan variogram eksperimental untuk arah tertentu dari jarak h, h menyatakan jarak antar conto, dan s_1 sebagai harga (data) pada titik 1 serta s_2 data pada titik yang berjarak h dari titik 1.

TABEL 2. Parameter variogram *seam* K dan *seam* D

<i>Seam</i>	Variabel	Model Var	Nugget Variance (C ₀)	Sill (C)	Range (a)	Coefficient of Variation (CoV)
K	<i>Thickness</i>	<i>Spherical</i>	0.100	0.270	1275	0.10
	<i>Ash</i>		0.040	0.019	600	0.10
	<i>Total Sulphur</i>		0.0004	0.00027	825	0.22
	CV		0.0000	32200	450	0.03
D	<i>Thickness</i>	<i>Spherical</i>	0.0050	1.040	450	0.59
	<i>Ash</i>		0.4000	7.200	300	0.37
	<i>Total Sulphur</i>		0.0002	0.00053	375	0.23
	CV		0.0000	51500	600	0.04

Fitting model variogram dilakukan pada keseluruhan data kualitas batubara *seam* K. Proses *fitting* dilakukan pada arah azimuth N 0°E, dip 0° dan toleransi 90° (*omni directional*). Parameter jarak maksimum yang digunakan adalah 3000 m dengan jarak *lag* yang digunakan menyesuaikan sebaran data dan jarak rata-rata pengeboran di daerah penelitian yaitu 150 m. *Fitting* variogram menghasilkan nilai *range*, *sill*, dan

nugget variance, selanjutnya melalui nilai parameter yang didapatkan tersebut akan digunakan dalam penentuan jarak lubang bor. Hasil *fitting* variogram untuk setiap parameter menjadi penentu dalam keberhasilan analisis spasial, dari hasil tersebut didapatkan nilai *nugget variance* dan *sill* kecil yaitu mendekati 0 dan nilai *range* yang cukup besar yang menggambarkan daerah pengaruh cukup besar dan berarti korelasi spasial antar data yang diamati cukup mewakili data secara keseluruhan. *Fitting* variogram dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* SGemS. Hasil dari *fitting* variogram berupa parameter geostatistik untuk nilai *range* (*a*), *sill* (*c*), dan *nugget variance* (*c₀*) dapat dilihat pada **TABEL 2**.

Perhitungan Global Estimation Variance (GEV)

Metode GEV diperkenalkan oleh Bertoli untuk mengklasifikasikan sumberdaya berdasarkan nilai *relative error*. Nilai *relative error* didapatkan dari hasil perhitungan GEV yang selanjutnya di-plot ke dalam grafik untuk memudahkan dalam penentuan jarak lubang bor optimum. Tahapan yang dilakukan adalah dengan mencari nilai varian ekstensi/estimasi (σ_k^2) titik terhadap blok untuk model *spherical* dengan nilai *nugget variance* 0 dan nilai *sill* 1 dengan plotting pada nomogram nilai varian ekstensi/estimasi, selanjutnya dilakukan perhitungan varian estimasi titik terhadap bidang $\sigma_k^2(r)$ harus disesuaikan dengan nilai *nugget variance* dan *sill* masing-masing parameter, yaitu [2]:

$$\sigma_E^2(r) = C_0 + (C * \sigma_k^2) \tag{3}$$

Nilai variansi estimasi global $\sigma_E^2(R)$ dari pembagian nilai varian estimasi terhadap jumlah blok (N)

$$\sigma_E^2(R) = \sigma_E^2(r)/N \tag{4}$$

Perhitungan nilai *relative error*

$$Relative\ Error = \pm 1.96 \sigma_E. 100\%/mean \tag{5}$$

2.3 HASIL DAN ANALISIS

Optimasi Jarak Lubang Bor

Penelitian ini menggunakan 2 pendekatan lain dalam penentuan jarak lubang bor yaitu menggunakan metode GEV yang secara keseluruhan memperhitungkan variasi kadar pada jarak dekat yang ditunjukkan dari nilai *nugget effect* (*C₀*), homogenitas dan kontinuitas spasial yang ditunjukkan oleh *range* /daerah pengaruh (*a*), dan ukuran wilayah penelitian. Pendekatan berdasarkan GEV juga memperhitungkan populasi dan variasi dari data kadar yang ditunjukkan oleh kadar rata-rata (*mean*) dan nilai *variance* (statistik), dimana nilai *sill* (*C₀+C*) merupakan nilai yang mendekati *variance*.

TABEL 3. Perbandingan hasil pendekatan optimasi jarak lubang bor dengan SNI 5015:2019

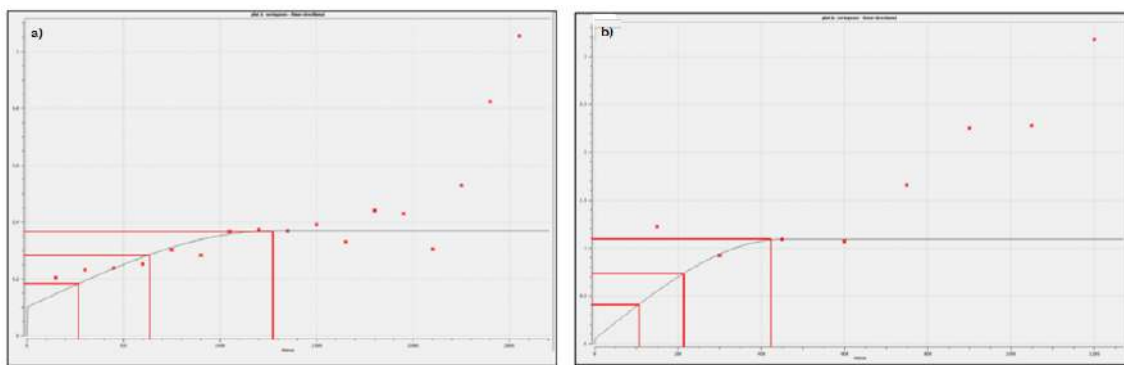
No	Pendekatan Optimasi Jarak Lubang Bor	Parameter	Jarak Optimum		
			Measured	Indicated	Inferred
1	Kriteria Snowden, 1996 (<i>measured</i> 1/3 <i>sill</i> , <i>indicated</i> 2/3 <i>sill</i> , <i>inferred</i> 3/3 <i>sill</i>)	Seam K	270	635	1275
		Seam D	105	215	450
2	Global Estimation Variance (<i>measured</i> 10%, <i>indicated</i> 20%, <i>inferred</i> 50%)	Seam K	385	750	1750
		Seam D	250	425	750
3	SNI 5015:2019 (kondisi geologi moderat)	Seam K dan Seam D	250	500	1000

Pendekatan yang kedua berdasarkan Snowden yang digunakan pada mineral dimana untuk penerapan di endapan batubara diperlukan pengujian kembali, namun berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Marwanza yang dilakukan pada endapan batubara pada 2 daerah penelitian yang berbeda yaitu pada batubara Sangatta dan batubara Bukit Asam, menunjukkan bahwa dalam pengklasifikasian dan estimasi sumberdaya batubara, faktor yang menentukan adalah kondisi geologi, jumlah dan kerapatan data [5]. Berdasarkan penelitian tersebut disimpulkan bahwa menggunakan besaran *sill* dari variogram untuk klasifikasi sumberdaya dinyatakan sebagai *variogram continuity* [8], yang menyatakan bahwa jika diukur

1/3 dari *sill*, dapat dikategorikan sumberdaya *measured*, jika diukur 2/3 dari *sill*, dikategorikan sumberdaya *Indicated*, dan jika diukur 3/3 dari *sill*, dikategorikan sumberdaya *Inferred*, dapat diterapkan pada endapan batubara lainnya di Indonesia yang mempunyai kondisi geologi yang sama. Kedua pendekatan dilakukan untuk kedua parameter yaitu untuk *seam K* dan *seam D* selanjutnya akan dilakukan perbandingan dengan pedoman klasifikasi sumberdaya berdasarkan SNI 5015:2019. Dari perbandingan tersebut akan ditarik kesimpulan untuk jarak lubang bor optimum pada daerah penelitian. Jarak lubang bor optimum untuk daerah penelitian berdasarkan 2 pendekatan yang digunakan, masing-masing dapat dilihat pada **TABEL 3**.

Berdasarkan Kriteria Snowden

Metode pengklasifikasian sumberdaya batubara sebagai pendekatan ke-dua yaitu dengan menggolongkan kelas sumberdaya berdasarkan nilai *sill* dari variogram. Untuk kelas sumberdaya batubara *inferred* digunakan 3/3 *sill* atau sama dengan nilai *range*, sumberdaya batubara *indicated* digunakan 3/3 – 1/3 *sill* dan sumberdaya batubara *measured* digunakan < 1/3 *sill*. Penentuan jarak lubang bor berdasarkan kriteria Snowden dapat dilihat pada **GAMBAR 1**.

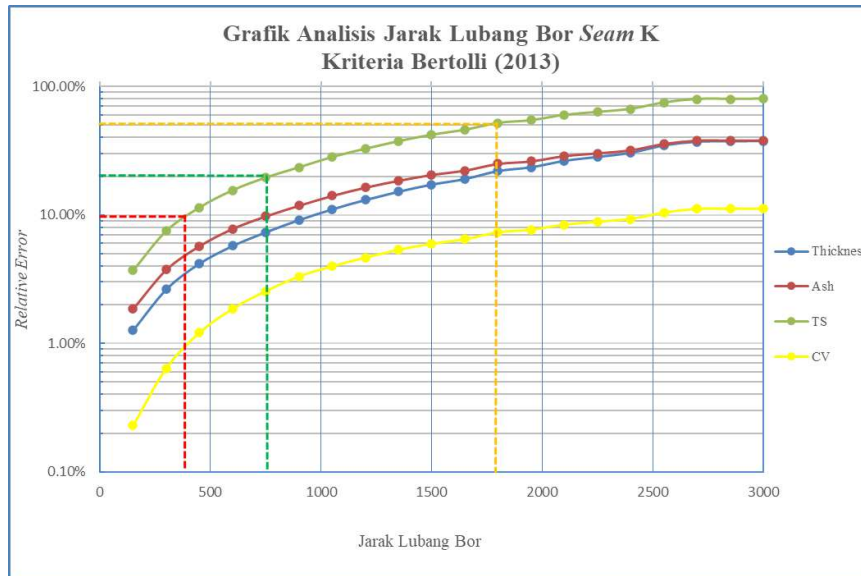


GAMBAR 1. Penentuan jarak lubang bor optimum berdasarkan variabel *thickness* menggunakan kriteria Snowden, (a) *Seam K*. (b) *Seam D*

Berdasarkan tahapan perhitungan yang dilakukan dan melalui pembacaan grafik analisis didapatkan jarak lubang bor optimum untuk sumberdaya *measured*, *indicated*, dan *inferred* pada *seam K* masing-masing adalah 270 m, 635 m, dan 1275 m. Sedangkan, pembacaan grafik pembacaan lubang bor, berdasarkan kriteria Snowden untuk sumberdaya *measured*, *indicated*, dan *inferred* pada *seam D* masing-masing adalah 105 m, 215 m, dan 450 m.

Berdasarkan Kriteria Bertoli

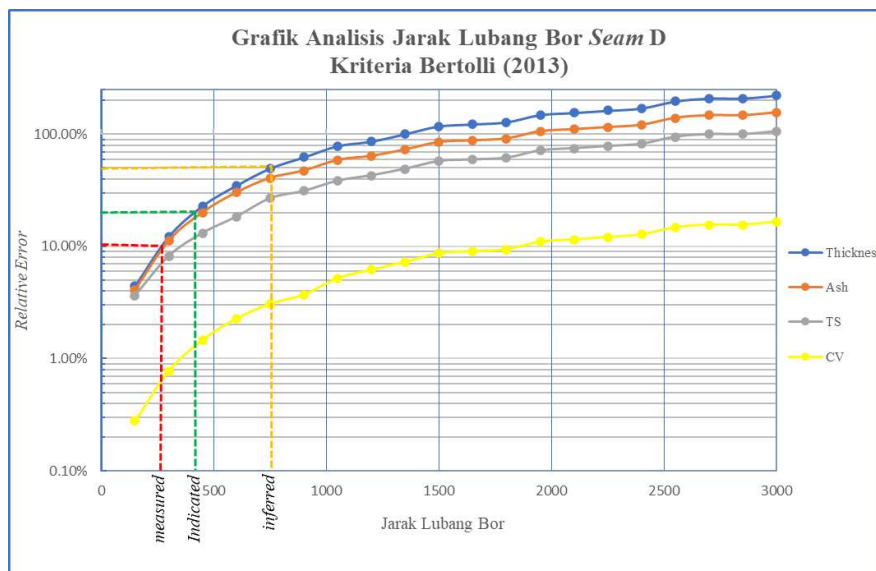
Penjelasan singkat mengenai perhitungan GEV dimulai dari nilai *mean* berdasarkan hasil analisis statistik dasar dari tiap parameter yang digunakan. Nilai *h* dan *l* merupakan jarak antar lubang bor yang dijumlahkan dengan kelipatan 150 berdasarkan nilai rata-rata jarak lubang bor pada daerah penelitian dengan asumsi *h* dan *l* sama luas. Nilai *_X* dan *_Y* merupakan selisih koordinat maksimum dan minimum untuk *X* dan *Y* dibagi dengan jarak lubang bor dan nilai *N* merupakan hasil perkalian antara nilai *_X* dan *_Y*. Selanjutnya nilai varian ekstensi/estimasi merupakan hasil pembacaan jarak lubang bor (*h*)/*range* (a) pada nomogram untuk model spherical sesuai Gambar 2.3. Perhitungan varian estimasi titik terhadap bidang ($\sigma^2 E r$) serta varian estimasi global merupakan rasio antara nilai varian estimasi titik terhadap jumlah bidang dengan jumlah data (*N*). Nilai *relative error* didapatkan dari perkalian antara tingkat keyakinan dengan konstanta 1.96 dengan standar deviasi dibagi nilai *mean*. Nilai tersebut merupakan nilai *relative error* untuk setiap kelipatan jarak lubang bor 150 meter. Selanjutnya pembuatan grafik jarak lubang bor dengan membaca nilai jarak lubang bor dan nilai *relative error* dari variabel kualitas batubara serta *thickness*. Penarikan garis untuk jarak lubang bor didasarkan pada teori Bertoli yaitu dengan membaca jarak pada nilai *relative error* pada saat mencapai nilai 10% untuk kategori sumberdaya *measured*, nilai 20% untuk sumberdaya *indicated*, dan nilai 50% untuk kategori sumberdaya *inferred* dapat dilihat pada **GAMBAR 2**. untuk *seam K* dan **GAMBAR 3**. untuk parameter *seam D*.



GAMBAR 2. Penentuan jarak lubang bor optimum berdasarkan *relative error* teori Bertoli et al. (2013) pada seam K

Berdasarkan tahapan perhitungan yang dilakukan dan melalui pembacaan grafik analisis didapatkan jarak lubang bor optimum untuk sumberdaya *measured*, *indicated*, dan *inferred* pada seam K masing-masing adalah 385 m, 750 m, dan 1750 m.

Urutan perhitungan yang sama dilakukan untuk parameter seam D untuk mendapatkan jarak lubang bor dalam klasifikasi sumberdaya. Berdasarkan hasil pembacaan grafik analisis jarak lubang bor pada Gambar 5.2. didapatkan jarak lubang bor optimum untuk sumberdaya *measured*, *indicated*, dan *inferred* pada seam D masing-masing adalah 250 m, 425 m, dan 750 m.



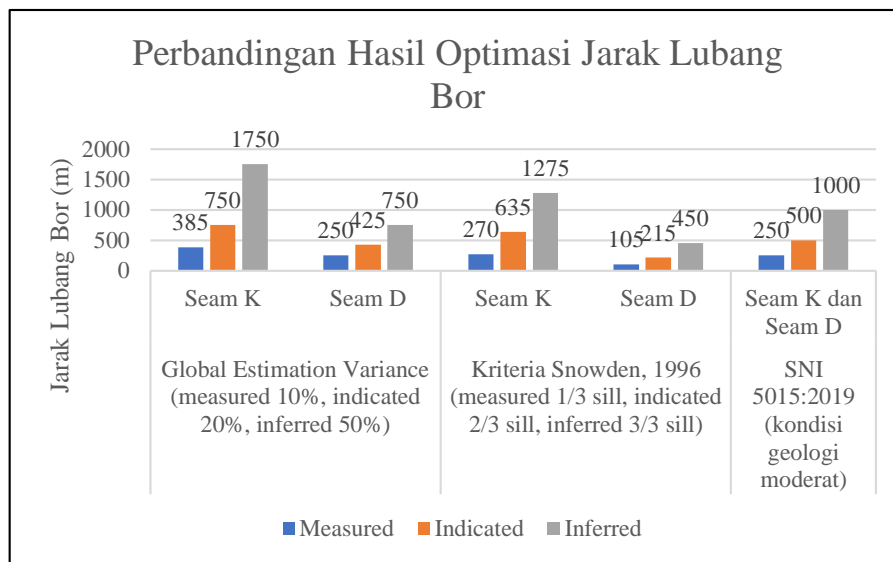
GAMBAR 3. Penentuan jarak lubang bor optimum berdasarkan *relative error* teori Bertoli pada seam D

Jarak Lubang Bor Optimum

Penentuan jarak lubang bor optimum untuk endapan batubara pada daerah penelitian dilakukan berdasarkan dua pendekatan yaitu kriteria Snowden yang menggunakan parameter *sill* variogram dan kriteria Bertoli

yang menggunakan metode *relative error* (GEV). Hasil yang diperoleh untuk perhitungan analisis jarak lubang bor secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 5.2. Jarak bor optimum berdasarkan kriteria Snowden, jarak bor optimum pada *seam* K untuk kategori *measured*, *indicated*, dan *inferred* berturut-turut adalah 270 m, 635 m, dan 1275 m, sedangkan untuk *seam* D adalah 105 m, 215 m, dan 450 m berturut-turut untuk kategori *measured*, *indicated*, dan *inferred*. Sedangkan hasil yang diperoleh melalui pendekatan GEV pada *seam* K untuk kategori *measured*, *indicated*, dan *inferred* berturut-turut adalah 385 m, 750 m, dan 1750 m, sedangkan untuk *seam* D adalah 250 m, 425 m, dan 750 m. Hasil analisis jarak lubang bor yang berbeda antara *seam* K dan *seam* D menunjukkan jika untuk kondisi geologi yang berbeda mempengaruhi jarak lubang bor pada suatu daerah, sehingga sistem penentuan jarak lubang bor tidak dapat disamaratakan untuk setiap kasus atau daerah.

Hasil kedua pendekatan tersebut akan dibandingkan dengan pedoman SNI 5015:2019. Hasil perbandingan, dari 2 pendekatan untuk optimasi jarak lubang bor jika dibandingkan dengan SNI 5015:2019 dapat dilihat pada **TABEL 3**, dan **GAMBAR 4**.



GAMBAR 4. Perbandingan hasil optimasi jarak lubang bor dengan SNI 5015:2019

Penentuan jarak lubang bor berdasarkan pedoman SNI 5015:2019 didasarkan pada kompleksitas geologi dengan beberapa parameter yaitu aspek sedimentasi, aspek tektonik, dan variasi kualitas batubara. Daerah penelitian termasuk pada kelompok kondisi geologi moderat ditandai dengan variasi ketebalan yang cukup bervariasi, adanya percabangan untuk beberapa *seam* batubara, dengan dijumpai adanya sesar dari aspek tektonik serta kualitas yang bervariasi khususnya untuk *seam* K dan *seam* D.

Pendekatan ke-1 dilakukan dalam penelitian ini berbasis GEV dilakukan untuk mendapatkan jarak lubang bor optimum, dimana pendekatan ini juga memperhitungkan populasi dan variasi dari data kualitas batubara berdasarkan nilai *sill* (C_0+C), dimana nilai tersebut merupakan nilai yang mendekati *variance*. Metode GEV juga menggunakan nilai *nugget effect* (C_0) dalam perhitungannya, yang artinya variasi kadar pada jarak dekat juga diperhitungkan dalam metode GEV. Pendekatan ke-2 yaitu analisis jarak lubang bor menggunakan *sill* variogram hanya memperhitungkan homogenitas dan kontinuitas spasial yang ditunjukkan oleh nilai *range* dari variogram. Kedua pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan hasil *fitting variogram* dalam pengaplikasiannya, namun metode GEV menggunakan parameter yang lebih kompleks jika dibandingkan dengan pendekatan *sill* variogram. Kondisi endapan batubara yang memiliki variasi yang cukup tinggi terutama untuk *seam* D, maka pendekatan dengan metode GEV lebih mewakili kondisi daerah penelitian. Hasil dari pendekatan ke-1 menggunakan kriteria Bertoli mempunyai hasil analisis jarak lubang bor yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pendekatan ke-2.

Berdasarkan analisis jarak lubang bor, dapat dilihat bahwa jarak lubang bor untuk *seam* D lebih kecil dibandingkan dengan *seam* K, hal ini sesuai jika dilihat dari kondisi geologinya dimana *seam* D memiliki ketebalan, maupun percabangan batubara *seam* D lebih bervariasi jika dibandingkan dengan *seam* K. Jarak

lubang bor optimum pada daerah penelitan dapat disimpulkan pada jarak 250 m, 425 m, dan 750 m, berturut-turut untuk kategori *measured*, *indicated*, dan *inferred*. Jarak lubang bor optimum didapatkan dari jarak lubang bor terkecil yang diambil dari hasil analisis *seam* D dengan pendekatan GEV, yang memiliki nilai variasi data yang lebih tinggi dibandingkan dengan *seam* K jika dilihat dari hasil analisis statistik dasar, sehingga hasil analisis jarak lubang bor tersebut optimum dan diharapkan dapat mewakili daerah penelitian khususnya sebagai acuan dalam penentuan jarak lubang bor di daerah yang direncanakan akan dilakukan kegiatan eksplorasi lanjutan.

2.4 KESIMPULAN

Optimasi jarak lubang bor untuk daerah penelitian dilakukan melalui dua pendekatan yaitu dengan GEV dan *sill* variogram diperoleh jarak lubang bor untuk masing-masing parameter sebagai berikut:

1. *Seam* K dengan menggunakan metode GEV masing-masing 385 m, 750 m, 1750 m, berturut-turut untuk sumberdaya *measured*, *indicated*, dan *inferred*. Berdasarkan metode *sill* variogram menghasilkan 270 m, 635 m, 1275 m, berturut-turut untuk sumberdaya *measured*, *indicated*, dan *inferred*.
2. *Seam* D dengan menggunakan metode GEV masing-masing 250 m, 425 m, 750 m, berturut-turut untuk sumberdaya *measured*, *indicated*, dan *inferred*. Berdasarkan metode *sill* variogram menghasilkan 105 m, 215 m, 450 m, berturut-turut untuk sumberdaya *measured*, *indicated*, dan *inferred*.
3. Jarak lubang bor optimum pada daerah penelitan diambil pada jarak 250 m, 425 m, dan 750 m, berturut-turut untuk kategori *measured*, *indicated*, dan *inferred*, diambil dari hasil analisis *seam* D yang merupakan jarak lubang bor terkecil. Jarak lubang bor tersebut berdasarkan metode GEV, dikarenakan metode GEV memperhitungkan populasi dan variasi dilihat dari nilai *sill* (C_0+C), yang merupakan nilai yang mendekati *variance*. Metode GEV juga memperhitungkan variasi kadar pada jarak dekat berdasarkan nilai *nugget effect* (C_0).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak khususnya manajemen PT. Atha Marth Naha Kramo dan Prodi Magister Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta yang telah memberikan berbagai fasilitas dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bertoli, O., A. Paul, Z. Casley, and D. Dunn. 2013. Geostatistical drill hole spacing analysis for coal resource classification in the Bowen Basin, Queensland. *International Journal of Coal Geology*, 112, 107-113
- [2] Cornah, A., Vann, J., Driver, I. 2013. Comparison of three geostatistical approaches to quantify the impact of drill spacing on resource confidence for a coal seam (with acase example from Moranbah North, Queensland, Australia). *Int. J. Coal Geol.* 112, 114–124.
- [3] Dominy, S.C. Annels, A.E. Camm, G.S. Wheeler, P. and Barr, S. P. 1997. Geology in the Resourceand Reserve Estimation of Narrow Vein 42. Deposits," *Exploration and Mining Geology*, Vol. 6, No. 4, 1997, pp. 317-333.
- [4] Fytas, K. Chaouai, N. and Lavigne, M. 1990. Gold Deposits Estimation Using Indicator Kriging, *CIM Bulletin*, Vol. 83, Issue 934, 1990, pp. 77-83.
- [5] Marwanza, I. 2017. *Klasifikasi dan Estimasi Sumberdaya Batubara pada Formasi Balikpapan Menggunakan Metode Geostatistik Studi Kasus: Lapangan Batubara Sangatta, Kalimantan Timur*. Universitas Padjajaran, Bandung.
- [6] Matheron, G. 1963. Principles of Geostatistical, *Journal of Economic Geology*. V. 58, p. 1246-1266 Oliver S., et al. 2005. *Statistical Methods for Spatial Data Analysis*. Chapman and Hall/CRC, New York.
- [7] Sianturi, R. K., M. N. Heriawan, dan Syafrizal. 2020. Analisis Spasi Lubang Bor untuk Mengevaluasi Sumberdaya Timah Aluvial dan Mineral Ikutannya di Pulau Bangka dengan Global Estimation Variance. *Dalam: Ris. Geo. Tam Vol. 30, No.2*. pp. 153-170
- [8] Snowden, D.V. 1996. Practical interpretation of resource classification guidelines. *AusIMM 1996 Annual Conference*.
- [9] Standard Nasional Indonesia. 2019. Pedoman pelaporan sumberdaya dan cadangan batubara. *SNI 5015:2019*