

Analisis Deviasi Volume Pengukuran Survey Terestris Dengan Base Model Insitu

(Studi Kasus : Desa Batuah, Kalimantan Timur)

Sofatullah Inzagi AT, Mohammad Abdul Basyid*

Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung

*Koresponden email: basyid@gmail.com

Diterima: 22 Agustus 2025

Disetujui: 27 Agustus 2025

Abstract

Measuring materials is a crucial component of open-pit mining operations. However, in practice, discrepancies are often found between terrestrial survey measurements and theoretical in-situ models. These discrepancies may cause production data misalignment and potentially result in technical and financial losses. This study compares two methods for calculating mine volume: terrestrial surveying, conducted directly with instruments such as total stations, which ensures high accuracy under actual conditions though it requires more time and effort; and the in-situ base model, developed from initial data such as LIDAR and drilling, which is efficient for long-term estimations but sensitive to errors in assumptions or geological data. A paired samples test comparing total terrestrial survey volume with the in-situ model showed an average difference of -3.160 BCM, meaning terrestrial results were slightly lower. A significance value of 0.322, higher than 0.05, indicates the difference is not statistically significant. Monthly distribution revealed an anomaly in September, where coal volume differences were notable. Actual measurements showed discontinuous coal, whereas the model depicted continuous coal. This suggests errors in LIDAR-based modeling, likely due to elevation or coordinate mismatches.

Keywords: *terrestrial survey, in situ base model, paired samples t-test*

Abstrak

Pengukuran volume material tambang merupakan aspek penting dalam operasional tambang terbuka. Namun, sering ditemukan perbedaan antara hasil pengukuran langsung menggunakan survei terestris dan hasil perhitungan dari base model in-situ. Ketidaksesuaian ini dapat memengaruhi data produksi serta menimbulkan kerugian teknis maupun finansial. Penelitian ini membandingkan dua metode utama: survei terestris, yang dilakukan menggunakan total station dengan tingkat akurasi tinggi namun membutuhkan waktu dan tenaga lebih besar; serta base model in-situ, yang dibangun dari data awal seperti LIDAR dan pengeboran, efisien untuk estimasi jangka panjang tetapi rentan terhadap kesalahan asumsi maupun data geologi. Hasil uji paired samples test menunjukkan selisih rata-rata sebesar -3,160 BCM, menandakan survei terestris sedikit lebih rendah dibandingkan model in-situ. Nilai signifikansi 0,322 ($>0,05$) mengindikasikan tidak terdapat perbedaan signifikan secara statistik. Meski demikian, ditemukan anomali pada data September, di mana model menunjukkan sebaran batubara yang sebenarnya tidak ada di lapangan. Hal ini mengindikasikan kekeliruan pemodelan akibat perbedaan elevasi atau koordinat dari data LIDAR terhadap kondisi aktual.

Kata Kunci: *survey terestris, base model insitu, paired samples t-test*

1. Pendahuluan

Tambang terbuka (*surface mining*) adalah sistem penambangan di mana seluruh tahapan dan aktivitasnya dilakukan di atas permukaan tanah atau bersentuhan langsung dengan lingkungan luar. Pemilihan sistem ini umumnya didasarkan pada pertimbangan nilai ekonomis suatu proyek, terutama melalui perhitungan stripping ratio (SR), yaitu perbandingan antara volume overburden yang harus dipindahkan dengan volume batubara yang diperoleh [1]. Tujuan utama penggunaan sistem tambang terbuka adalah untuk meminimalkan aktivitas yang tidak efisien dan memaksimalkan keuntungan produksi. Dibandingkan dengan tambang bawah tanah, sistem tambang terbuka cenderung memiliki nilai recovery (perbandingan antara cadangan dan jumlah yang ditambang) yang lebih tinggi, sehingga lebih menguntungkan secara ekonomis dalam banyak kasus [2].

Kegiatan survey penambangan adalah kegiatan yang dalam prosesnya meliputi pengukuran situasi original dan situasi penambangan, perhitungan volume penambangan (*overburden & coal*), menentukan

lokasi atau titik pengeboran, monitoring pergerakan lereng menggunakan *total station*, dan menentukan koordinat desain yang meliputi stake out geometri lereng, pemasangan boundary batas penambangan, monitoring elevasi, sequence penambangan serta monitoring elevasi air. Pemanfaatan teknologi GPS dan GNSS dalam aktivitas pertambangan terbuka juga memberikan kontribusi penting dalam peningkatan efisiensi dan akurasi pengukuran di medan yang luas dan sulit dijangkau.

Survey terestris metode pengukuran yang dilakukan secara langsung di lapangan menggunakan peralatan seperti *total station*, *theodolite*, atau GNSS (*Global Navigation Satellite System*) [3]. Metode ini menghasilkan data topografi yang merepresentasikan kondisi aktual permukaan area tambang pada saat pengukuran dilakukan [4]. Base model *insitu* merupakan model dasar yang dibangun dari data eksplorasi awal seperti peta geologi, hasil pengeboran (drilling logs), dan pemetaan lidar. Model ini menggambarkan kondisi geologis sebelum kegiatan tambang dimulai, dan digunakan untuk memperkirakan volume dari material yang akan ditambang. Adapun OB Removal proses pemindahan lapisan tanah dan batuan penutup yang tidak memiliki nilai ekonomis guna membuka akses terhadap cadangan batubara.

Identifikasi deviasi volume dari model dan aktual pengambilan survey harus dilakukan karena dengan adanya deviasi pada volume coal ataupun OB removal akan berpengaruh ke nilai ekonomis suatu penambangan [5]. Dari segi produksi, perbedaan volume ini dapat dibuatkan berita acara kesepakatan volume sesuai dengan pengukuran survey aktual, hasil dari identifikasi perbedaan volume coal ini akan dijadikan acuan untuk melakukan [6]. Update model batubara terkait kuantitasnya dilakukan dengan menggunakan alat pengukuran total station pada tahapan ini data yang diambil terdiri dari pengukuran roof dan floor batubara serta situasi progress untuk mengetahui keberadaan aktual posisi roof dan floor pada model.

2. Metode Penelitian

2.1 Data dan Peralatan

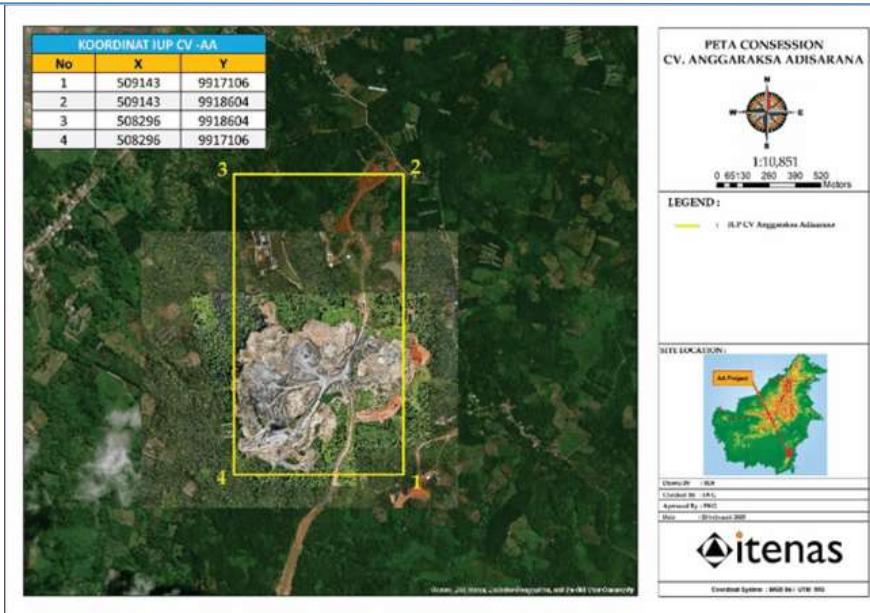
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif komparatif, yang memiliki tujuan untuk membandingkan hasil volume yang didapatkan dari dua metode pengukuran, yaitu volume survey terestris dan volume base model *insitu*, serta hasil dari kedua perhitungan tersebut dapat dianalisis deviasi antara dua perhitungan tersebut. Pendekatan ini digunakan agar menjadi data informatif tentang gambaran keakuratan perhitungan volume atau perbedaan hasil yang didapatkan.

Tabel 1. Alat dan bahan

No	Alat Pengukuran	Alat Pengolahan Data
1	<i>Total station</i>	<i>Laptop</i>
2	<i>Prisma Ukur</i>	<i>Minescape 5.7</i>
3	<i>Kaki Statif</i>	<i>Surpac</i>
		<i>Microsoft Office</i>
		<i>Microsoft Excel</i>

2.2 Lokasi Penelitian

Secara administratif lokasi perusahaan berada pada Kelurahan Batuah, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur [7]. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada koordinat $117^{\circ}4'28.417''$ BT - $117^{\circ}4'55.822''$ BT dan $0^{\circ}44'11.091''$ LS - $0^{\circ}44'59.881''$ LS (**Gambar 1**).



Gambar 1. Peta Lokasi Wilayah Penelitian

2.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini disusun secara sistematis sebagaimana ditunjukkan pada diagram alir **Gambar 2**, yang menggambarkan tahapan dari pengumpulan data hingga analisis. Survey terestris merupakan metode pengukuran yang umumnya digunakan untuk mendapatkan data berupa kondisi topografi dan mendapatkan data volume dari suatu area dengan akurat. Dalam kegiatan penambangan salah satu metode yang sering digunakan adalah metode pengukuran survey terestris dan juga digunakan dalam bidang konstruksi atau infrastruktur lainnya. Metode pengukuran ini menggunakan alat Total Station (TS) atau *Global Positioning System* (GPS) dimana memberikan informasi terkait lokasi titik tertentu secara horizontal atau vertical [8]. Menggunakan metode topografi merupakan proses pengumpulan data spasial yang menggambarkan bentuk dan kontur permukaan bumi, dengan tujuan menghasilkan representasi geometrik area tertentu dalam bentuk peta atau model digital. Dalam konteks pertambangan, pengukuran topografi digunakan untuk menggambarkan kondisi permukaan area tambang, menghitung volume material, serta mendukung kegiatan desain dan pengawasan operasional tambang [9].

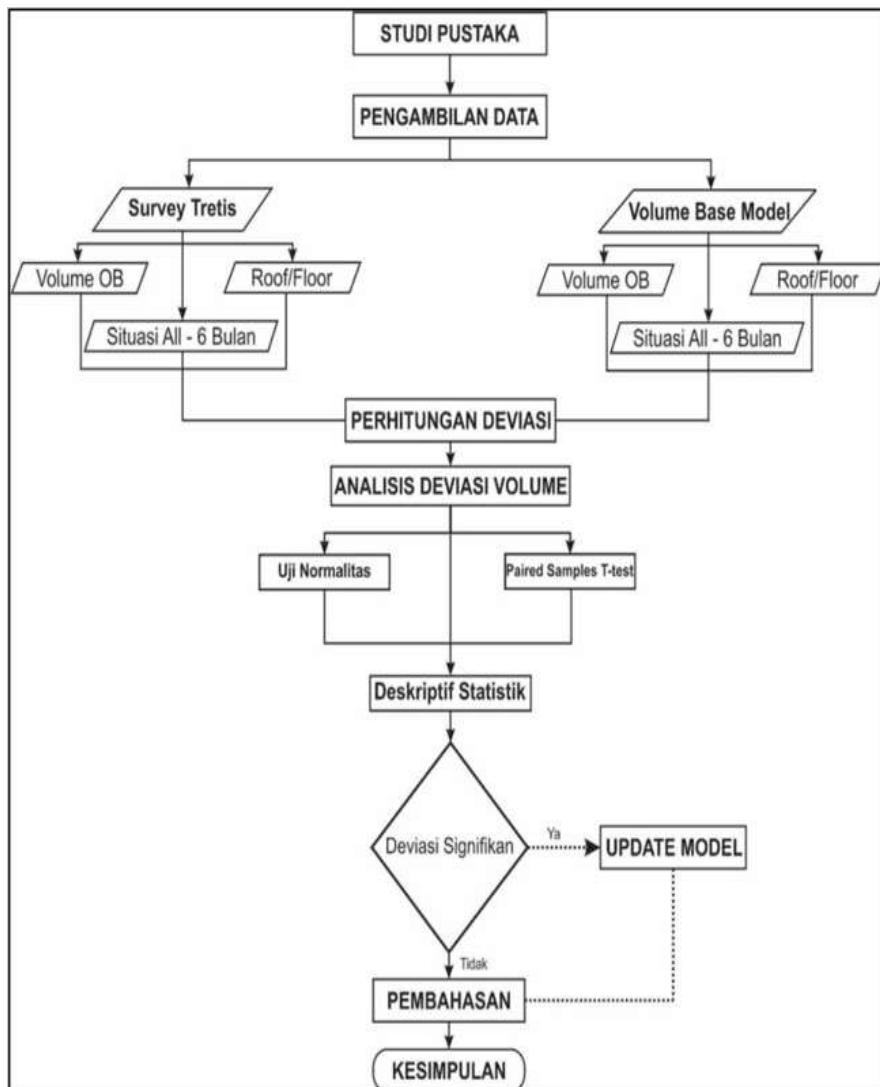
Base model *insitu* merupakan permodelan volume yang digunakan sebagai acuan dalam memperhitungkan volume material yang akan digali berdasarkan kondisi *topografi* awal yang biasanya menggunakan pemetaan lidar untuk mendapatkan kontur *topografi*, dalam model *insitu* ini dapat dilihat volume material dari hasil permodelan geologi seperti kedalaman perlapisan tanah/batuan dan dapat menginformasikan karakteristik material yang akan ditambang. [10] LIDAR(Light Detection and Ranging) adalah metode penginderaan jauh yang menggunakan sinar laser untuk mengukur jarak antara sensor dengan permukaan bumi. LIDAR menghasilkan data topografi resolusi tinggi dalam bentuk cloud point (titik-titik koordinat X,Y,Z) [11]. Data bor diperoleh dari kegiatan pengeboran yang dilakukan sebelum produksi. Setiap titik bor memberikan informasi vertikal mengenai kedalaman, ketebalan, posisi lapisan batubara, jenis batuan, serta kualitas batubara (seperti kalori dan kadar abu). Dari beberapa titik bor yang tersebar, dilakukan interpolasi geologi untuk memodelkan bentuk tiga dimensi dari tubuh batubara dan batuan penutupnya [12].

Metode Trapezoidal Sebelum dihitung volume setiap data maka dimasukkan data Boundaries yaitu batas area yang telah didesain oleh tim geologi sebagai batas perhitungan volume dan garis cross section yang setiap bloknya diberikan kode untuk mempermudah perhitungan volume. Melakukan perhitungan volume pemindahan material galian menggunakan metode Penampang rata-rata (trapezoidal). Area yang akan dihitung volumenya, dibagi dalam beberapa garis melintang. Penampang kemudian dilakukan perhitungan luas [13].

$$V = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{A_i + A_{i+1}}{2} \times L_i \right)$$

- a A_i = luas penampang ke-i
- b A_{i+1} = luas penampang berikutnya
- c L_i = jarak antara penampang ke-i dan ke-(i+1)

Pendekatan operasional yang digunakan untuk menentukan deviasi volume dari dua metode yang akan digunakan yaitu survey terestris dan base model insitu yaitu dengan mengumpulkan data situasi aktual yang diambil menggunakan total station dan diolah menggunakan software dan dapat dibandingkan dengan volume base model insitu sehingga didapatkan deviasi diantara kedua metode perhitungan. Berikut adalah diagram alir penelitiannya :



Gambar 2. Metode Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

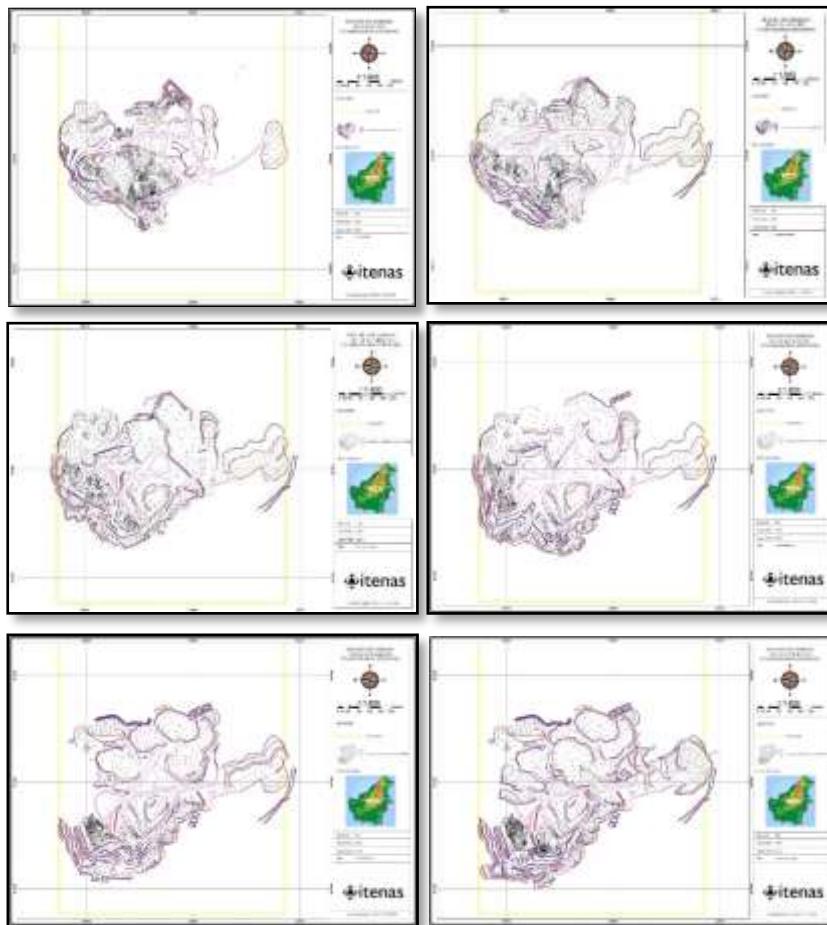
3.1 Data Volume Survey Terestris

Data volume survey terestris yang digunakan merupakan data situasi tambang yang sudah diambil selama 6 bulan dari mulai juli 2024 sampai dengan desember 2024, data volume yang diambil merupakan hasil pengukuran menggunakan alat ukur total station dan diolah menggunakan software *Surpac* untuk mendapatkan volume tiap bulannya. Volume yang dihitung dari hasil pengukuran terdiri dari volume overburden removal, volume coal, dan total volume dari penggalian pada tiap bulannya. Berikut adalah sebaran data selama 6 bulan dari hasil pengukuran.

Tabel 2. Volume Pengukuran Survey Terestis

Description	Volume Survey Terestis					
	Monthly					
	Juli '24	Agustus '24	September '24	Oktober '24	November '24	Desember '24
Volume OB (Bcm)	492,751	472,553	658,231	463,618	350,769	346,657
Volume Coal (Bcm)	45,406	32,341	42,338	57,145	44,875	30,906
Volume Coal (Ton)	59,028	42,044	55,040	74,288	58,338	40,178
Total Volume (Bcm)	538,157	504,894	700,569	520,763	395,644	377,563

Data diatas menginformasikan volume yang sudah dikeluarkan dari penggalian batubara yang meliputi pengupasan overburden, coal getting, dan total volume yang didapatkan dari penjumlahan volume overburden dan volume coal getting dalam satuan bank cubic meters, untuk hasil volume coal getting dalam satuan tonnage merupakan volume coal dalam bcm yang sudah dikalikan dengan density batubara untuk mengkonversi ke dalam ton.



Gambar 3. Peta Progress Situasi Tambang Juli-Desember 2024

Gambar 3 memperlihatkan hasil perbandingan peta dari bulan juli-desember 2024 sebagai representasi utama dari analisis yang dilakukan dalam penelitian ini. Volume base model insitu didapatkan dari perhitungan minescape 5.7 yang merupakan software untuk memodelkan batubara, dari hasil perhitungan menggunakan situasi yang sama dengan survey terestis dengan tujuan perbandingan antara volume survey terestis dan volume base model insitu adalah untuk memastikan akurasi dan validitas data volume di lapangan.

3.2 Data Volume Survey Terestis

Data dibawah adalah volume yang dihitung menggunakan top surface dari End Of Month (EOM) dari tiap bulannya, misalnya untuk perhitungan volume overburden dan coal getting pada bulan juli yaitu menggunakan top surface EOM bulan juni dan bottom surface EOM bulan juli untuk mendapatkan volume penggalian pada bulan tersebut, seterusnya untuk bulan-bulan yang lain menggunakan perhitungan dengan konsep yang sama

Tabel 3. Volume Pengukuran Survey Terestis

Description	Volume Base Model Institusi					
	Monthly					
	Juli '24	Agustus '24	September '24	Oktober '24	November '24	Desember '24
Volume OB (Bcm)	493,153	472,165	657,763	463,935	351,106	346,958
Volum Coal (Bcm)	44,960	32,758	60,338	56,672	45,364	31,380
Volume Coal (Ton)	58,448	42,585	78,439	73,674	58,973	40,794
Total Volume (Bcm)	538,113	504,923	718,101	520,607	396,470	378,338

3.3 Normality Distribution Test

Berikut adalah uji normalitas dari beberapa set data yang sudah diukur dan dihitung.

1. Uji Normalitas Volume Survey Terestis

a. Sebaran data yang diuji

Sebaran data yang diuji merupakan hasil perhitungan volume survey tiap bulannya menggunakan bantuan software surpac 6.6.2.

Tabel 4. Volume Survey Terestis

Month	Vol_OB_Terestis	Vol_Coal_Terestis	Vol_Total
July	492751	45406	538157
August	472553	32341	504894
September	658231	42338	700569
October	463618	57145	520763
November	350769	44875	395644
December	346657	30906	377563

b. Case processing summary

Tahapan untuk menunjukkan jumlah data yang digunakan dalam analisis, serta apakah ada data yang hilang atau tidaknya.

Tabel 5. Case Processing Summary Survey Terestis

Case Processing Summary						
	Valid		Cases Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Month	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%
Vol_OB_Terestis	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%
Vol_Coal_Terestis	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%
Vol_Total	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%

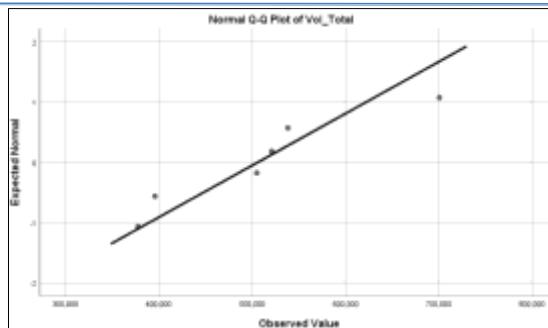
Dari hasil processing summary menginformasikan tidak ada data yang hilang, semua variabel memiliki data lengkap yaitu 100% berjumlah 6 data dan siap dianalisis lebih lanjut.

c. Test of Normality

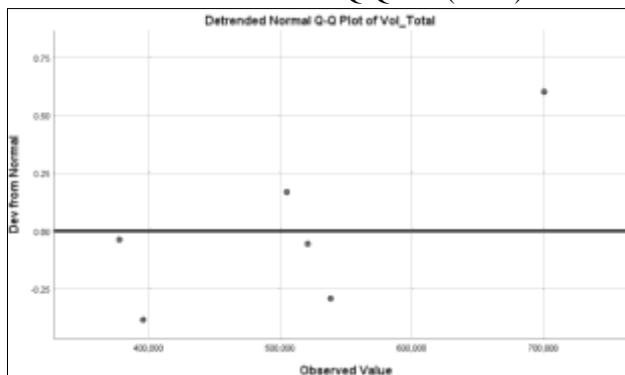
Berdasarkan hasil uji normalitas yang dilakukan pada volume survey terestis, pengujian dilakukan dengan dua metode yaitu Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk, dari hasil interpretasi semua variabel terdistribusi normal karena nilai Sig > 0.05

Tabel 6. Uji Normalitas Data Survey Terestis

	Tests of Normality			Shapiro-Wilk		
	Kolmogorov-Smirnov ^a	Statistic	df	Sig.	Statistic	df
Month	.122	6	.200*	.982	6	.961
Vol_OB_Terestis	.234	6	.200*	.890	6	.320
Vol_Coal_Terestis	.202	6	.200*	.926	6	.549
Vol_Total	.225	6	.200*	.915	6	.472



Gambar 4. Normal Q-Q Plot (SPSS)



Gambar 5. Detrended Normal Q-Q Plot (SPSS)

2. Uji Normalitas Volume Base Model *In situ*

a. Sebaran data yang diuji

Hasil data yang diuji merupakan perhitungan volume berdasarkan model awal yang sudah dibuat dengan menggunakan bantuan *software Minescape 5.7*.

Tabel 7. Volume Base Model Uji Normalitas

Month	Vol_OB_Model	Vol_Coal_Model	Vol_Total
July	493153	44960	538113
August	472165	32758	504923
September	657763	60338	718101
October	463935	56672	520607
November	351106	45364	396470
December	346958	31380	378338

b. Case processing summary

Dari hasil sebaran data yang ditampilkan tidak ada data yang hilang atau kurang pada tiap deskripsi.

Tabel 8. Case Processing Summary Base Model

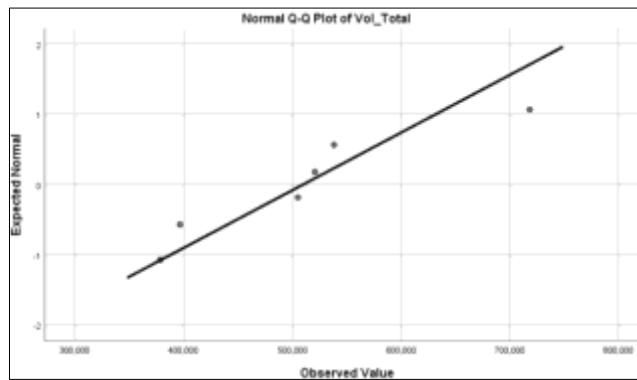
	Case Processing Summary					
	Cases		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Month	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%
Vol_OB_Model	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%
Vol_Coal_Model	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%
Vol_Total	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%

c. Test of Normality

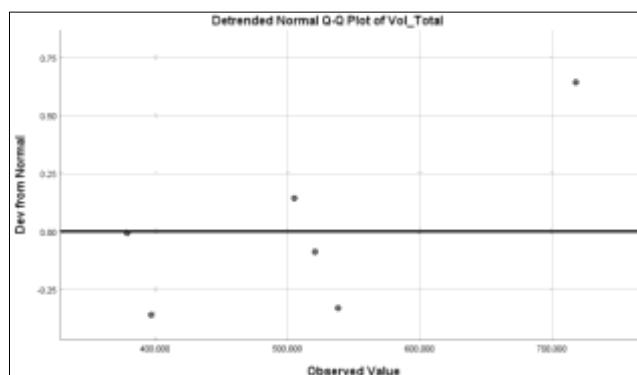
Uji normalitas terhadap data volume base model dilakukan menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov* dan *Shapiro-Wilk*. Hasil menunjukkan bahwa seluruh variabel memiliki nilai signifikansi (*Sig*) >0.05, yang berarti data terdistribusi normal dan layak untuk dianalisis menggunakan uji *paired samples test*. Distribusi normal ini juga menunjukkan bahwa tidak ada penyimpangan signifikan dari pola distribusi yang diharapkan. Yang menandakan, data dapat digunakan untuk analisis statistik lebih lanjut secara valid.

Tabel 9. Uji Normalitas Data Base Model *In situ*

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Month	.122	6	.200*	.982	6	.961
Vol_OB_Model	.233	6	.200*	.891	6	.322
Vol_Coal_Model	.187	6	.200*	.911	6	.441
Vol_Total	.240	6	.200*	.905	6	.405



Gambar 7. Normal Q-Q Plot (SPSS)



Gambar 8. Detrended Normal Q-Q Plot (SPSS)

3.4 Pengujian Paired Samples T-Test

1. Input data Paired Samples T-Test

Data yang digunakan untuk melakukan pengujian *paired samples T-test* adalah data perbandingan volume survey terestris dengan volume base model *insitu* pada bulan-bulan yang sama, pengujian yang akan dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan signifikan antara perbandingan kedua volume tersebut yang akan digunakan untuk memodelkan ulang batu bara dan lapisan penutup yang sesuai dengan aktualnya. Perbedaan signifikan akan dilihat dari hasil analisis menggunakan *software SPSS*, berikut adalah data yang digunakan untuk pengujian menggunakan *paired samples T-test*.

Tabel 10. Input Data

Description	Volume Survey Terestris					
	Monthly					
	Juli ' 24	Agustus ' 24	September ' 24	Okttober ' 24	November ' 24	Desember ' 24
Volume OB (Bcm)	492,751	472,553	658,231	463,618	350,769	346,657
Volum Coal (Bcm)	45,406	32,341	42,338	57,145	44,875	30,906
Volume Coal (Ton)	59,028	42,044	55,040	74,288	58,338	40,178
Total Volume (Bcm)	538,157	504,894	700,569	520,763	395,644	377,563
Description	Volume Base Model Insitu					
	Monthly					
	Juli ' 24	Agustus ' 24	September ' 24	Okttober ' 24	November ' 24	Desember ' 24
Volume OB (Bcm)	493,153	472,165	657,763	463,935	351,106	346,958
Volum Coal (Bcm)	44,960	32,758	60,338	56,672	45,364	31,380
Volume Coal (Ton)	58,448	42,585	78,439	73,674	58,973	40,794
Total Volume (Bcm)	538,113	504,923	718,101	520,607	396,470	378,338

Penginputan data dalam analisis ini menggunakan hasil survei terestris yang dilaksanakan pada tahun 2024, mencakup periode dari bulan Juli hingga Desember. Pengambilan data dilakukan di lapangan menggunakan alat ukur Total Station untuk mendapatkan kontur permukaan aktual setiap bulannya. Data tersebut kemudian diolah menggunakan software Geovia Surpac untuk menghitung volume material berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Sebagai pembanding, digunakan perhitungan volume dari base model insitu yang dihitung menggunakan software Minescape dengan memanfaatkan data situasi yang sama setiap bulan. Perbandingan antara kedua volume ini dilakukan untuk menganalisis deviasi atau selisih volume antara data aktual hasil survei dengan estimasi berdasarkan model dasar tambang. Hasil analisis ini penting untuk mengevaluasi akurasi perhitungan volume serta efektivitas kegiatan operasional tambang.

2. Analisis Paired Samples T-Test

Analisis yang akan dilakukan yaitu terhadap volume survey terestris dan volume base model insitu, dimana membandingkan masing-masing hasil volume tiap bulannya yaitu volume overburden removal, volume coal getting, dan total volume dari penjumlahan keduanya untuk mendapatkan standar deviasi atau untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan dari kedua volume menggunakan data pada bulan yang sama. Berikut adalah pengujian paired samples T-test dari masing-masing parameter :

a. Pengujian Paired Samples T-Test Overburden Removal (OB)

Data yang digunakan yaitu volume overburden removal dari data pada bulan yang sama.

Tabel 11. Data Perbandingan Volume OB Removal

Month	Vol_OB_Survey_Terestris	Vol_OB_Base_Model
July	492751	493153
August	472553	472165
September	658231	657763
October	463618	463935
November	350769	351106
December	346657	346958

Berdasarkan hasil analisis pada tabel Paired Samples Test Statistics, ditampilkan nilai rata-rata (mean), jumlah sampel (N), standar deviasi, dan standar error dari masing-masing kelompok data yang diuji. Volume survei terestris memiliki rata-rata sebesar 464,096 BCM dengan standar deviasi 114,206, sementara volume base model insitu memiliki rata-rata 464,180 BCM dan standar deviasi 113,933. Nilai rata-rata yang sangat dekat ini mengindikasikan bahwa kedua metode pengukuran memberikan hasil yang hampir sama secara keseluruhan.

Tabel 12. Data Paired Samples Statistic OB Removal

Paired Samples Statistics				
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Vol_OB_Survey_Terestris	464096.50	6	114206.991
	Vol_OB_Base_Model	464180.00	6	113933.629

Tabel Paired Samples Correlations menunjukkan nilai korelasi antara volume survei terestris dan volume base model insitu sebesar 1,000 dengan signifikansi 0,000, yang mengindikasikan hubungan yang sangat kuat dan sempurna secara statistik. Ini berarti kedua data menunjukkan pola perubahan yang identik dan selalu bergerak searah setiap bulan. Meskipun korelasi bersifat sempurna, hal tersebut tidak menunjukkan adanya perbedaan signifikan antar keduanya, melainkan hanya menunjukkan selisih yang konsisten. Maka dari itu, korelasi ini merepresentasikan hubungan yang erat, namun tidak menjelaskan perbedaan rata-rata yang signifikan secara statistik.

Tabel 13. Data Paired Samples Corelations OB Removal

Paired Samples Correlations			
	N	Correlation	Sig.
Pair 1	Vol_OB_Survey_Terestris & Vol_OB_Base_Model	6	1.000 .000

Tabel terakhir merupakan tabel utama dari analisis Paired Samples T-test, perbedaan rata-rata antara volume survey terestris dan volume base model insitu adalah -83,500 BCM, dengan standar deviasi 398,497 dan standar eror mean sebesar 162,688. Interval kepercayaan 95% untuk selisih dari dua data volume tersebut berada diantara -501,696 hingga 334,696 yang mencakup angka nol, menginformasikan tidak ada perbedaan signifikan. Nilai t sebesar -0,513 dengan derajat kebebasan (df) 5 dan nilai signifikansi (sig.2-tailed) 0,630 yaitu >0,05 yang menginformasikan tidak ada perbedaan signifikan secara statistik antara volume survey terestris dan volume base model insitu untuk overburden removal.

Tabel 14. Data Paired Samples Test OB Removal

Paired Samples Test									
	Paired Differences			95% Confidence Interval of the Difference					
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper	t	df		
Pair 1	Vol_OB_Survey_Terestris - Vol_OB_Base_Model	-83.500	398.497	162.688	-501.696	334.696	-,513	5	.630

b. Pengujian Paired Samples T-Test Coal Getting (CG)

Data yang digunakan yaitu volume coal getting dari data pada bulan yang sama.

Tabel 15. Data Perbandingan Volume Coal Getting

Month	Vol_Coal_Survey_Terestris	Vol_Coal_Base_Model
July	45406	44960
August	32341	32758
September	42338	60338
October	57145	56672
November	44875	45364
December	30906	31380

Tabel Paired Samples Statistics menampilkan informasi mengenai nilai rata-rata, jumlah sampel (N), standar deviasi, serta standar error dari masing-masing kelompok data. Volume batubara berdasarkan hasil survei terestris memiliki rata-rata sebesar 42,168 BCM dengan standar deviasi 9,649, sedangkan volume dari base model memiliki rata-rata 45,245 BCM dan standar deviasi 11,888. Perbedaan antara kedua nilai tersebut menunjukkan bahwa volume yang dihasilkan dari kedua metode cenderung sebanding dan tidak menunjukkan selisih yang signifikan.

Tabel 16. Data Paired Samples Statistic Coal Getting

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Vol_Coal_Survey_Terestris	42168.50	6	9649.399	3939.351
	Vol_Coal_Base_Model	45245.33	6	11888.093	4853.294

Tabel 16 ini menunjukkan nilai korelasi pearson antara kedua kelompok data, yaitu sebesar 0,788 dengan nilai signifikansi 0,063. Korelasi ini tidak memiliki perbedaan yang jauh, namun belum signifikan secara statistik karena nilai signifikansinya masih lebih besar dari 0,05. Yang menandakan keterkaitan antara volume survey terestris dan volume dari base model. Keterkaitan tersebut belum dapat dikatakan erat secara statistik untuk menyatakan bahwa keduanya bergerak secara konsisten. pola perubahan volume dari kedua metode cenderung sejalan, namun masih terdapat variasi atau fluktuasi yang tidak sepenuhnya konstan dari data tiap bulannya. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor seperti perbedaan teknik perhitungan, perbedaan software perhitungan, dan perbedaan base data misalkan pada model. Data menunjukkan tren yang cukup sama, tetapi diperlukan kehati-hatian dalam menyimpulkan kesamaan antar metode.

Tabel 17. Data Paired Samples Correlations coal Getting

		Paired Samples Correlations		
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Vol_Coal_Survey_Terestis & Vol_Coal_Base_Model	6	.788	.063

Tabel 17 merupakan hasil akhir dari analisis ini, yang menyajikan perbandingan rata-rata perbedaan antara dua metode pengukuran volume. Nilai selisih rata-rata yang dihasilkan adalah -3,076 BCM, yang menandakan hasil volume dari survei terestris cenderung lebih rendah dibandingkan dengan volume base model insitu. terdapat selisih dari kedua metode, hasil uji statistik menunjukkan bahwa nilai Sig sebesar 0,351, artinya lebih besar dari batas signifikansi 0,05 maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kedua metode. Selain itu, rentang interval kepercayaan 95% atas selisih nilai, yaitu antara -10.763,674 hingga 4.610,007, masih mencakup angka nol, yang menginformasikan bahwa kedua metode dapat dianggap menghasilkan volume yang relatif setara untuk dua data yang dianalisis.

Tabel 18. Data Paired Samples Test coal getting

Paired Samples Test								
	Mean	Std. Deviation	Paired Differences			95% Confidence Interval of the Difference		
			Std. Error Mean	Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Vol_Coal_Survey_Terestis & Vol_Coal_Base_Model	-3076.833	7324.738	2990.312	-10763.674	4610.007	-1.029	5 .351

c. Pengujian Paired Samples T-Test Total Volume (OB+CG)

Data yang digunakan untuk perbandingan ini yaitu penjumlahan volume *overburden* dan *coal* dari dua metode tersebut :

Tabel 19. Data Perbandingan Total Volume

Month	Total_Vol_Survey_Terestis	Total_Vol_Base_Model
July	538157	538113
August	504894	504923
September	700569	718101
October	520763	520607
November	395644	396470
December	377563	378338

Tabel Paired Samples Statistics menyajikan nilai rata-rata, jumlah sampel (N), standar deviasi, dan standar error dari masing-masing kelompok data. Rata-rata volume batubara dari survei terestris sebesar 506,265 BCM dengan standar deviasi 116,434, sedangkan dari base model sebesar 509,425 BCM dengan standar deviasi 122,030. Selisih antara keduanya relatif kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran dari kedua metode cenderung serupa tanpa perbedaan yang signifikan.

Tabel 20. Data Paired Samples Statistic Total Volume

Paired Samples Statistics				
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	506265.00	6	116434.038	47533.997
	509425.33	6	122030.007	49818.542

Tabel ini menyajikan nilai korelasi Pearson antara dua kelompok data sebesar 0,999, dengan signifikansi 0,000. Nilai tersebut menunjukkan adanya hubungan yang cukup kuat,. Artinya, terdapat keterkaitan antara volume survei terestris dan volume dari base model, namun belum cukup kuat untuk menyatakan bahwa keduanya selalu bergerak secara konsisten. Pola perubahan dari kedua metode memang terlihat sejalan, tetapi masih menunjukkan variasi dari bulan ke bulan yang dapat dipengaruhi oleh faktor seperti teknik perhitungan, software yang digunakan, atau perbedaan basis data model. Meskipun tren

keduanya serupa, tetapi diperlukan kehati-hatian dalam menarik kesimpulan tentang kesamaan hasil antara kedua metode.

Tabel 21. Data Paired Samples Correlations Total Volume

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Total_Vol_Survey_Terestris & Total_Vol_Base_Model	6	.999	.000

Tabel ini merupakan hasil utama dari analisis, yang menunjukkan perbandingan rata-rata perbedaan antara dua metode pengukuran volume. Nilai selisih rata-rata sebesar -3,160 BCM menunjukkan bahwa hasil dari survei terestris sedikit lebih rendah dibandingkan volume dari base model. Meskipun terdapat perbedaan, uji statistik menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0,322 yang lebih besar dari 0,05, sehingga perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik. Interval kepercayaan 95% untuk selisih nilai berada di antara -10,562 hingga 42,41, yang masih mencakup angka nol. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua metode dapat dianggap memberikan hasil volume yang sebanding dalam konteks data yang dianalisis.

Tabel 22. Data Paired Samples Test Sample Total Volume

Paired Samples Test								
	Paired Differences				95% Confidence Interval of the Difference			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1. Total_Vol_Survey_Terestris % Total_Vol_Base_Model	-3160.333	7053.436	2879.553	-10562.460	4241.794	-1.098	5	.322

4. Kesimpulan

Hasil uji paired samples test untuk volume overburden removal dari dua metode perhitungan yaitu volume base survey terestris dan volume base model, menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,630, yang menandakan tidak ada perbedaan signifikan dari kedua metode perhitungan tersebut, selisih rata-rata sebesar -83,500 BCM, untuk interval kepercayaan mencakup angka 0 yang menginformasikan kedua data tersebut secara statistik.Untuk paired samples test volume coal terdapat perbedaan yang tidak terlalu jauh, yaitu selisih rata-ratanya sebesar -3,077 BCM, nilai signifikasi 0,351menunjukkan bahwa perbedaannya tidak signifikan, artinya kedua data tersebut dianggap berada pada kategori yang sama untuk pola statistiknya. Dari kedua metode dilihat dari hasil volume setiap bulannya terdapat volume coal yang cukup jauh selisih volume yaitu pada bulan september, selisih ini muncul bukan karena ketidaksesuaian model batu bara insitu dengan aktual batu bara. Hal ini menegaskan bahwa base model insitu harus divalidasi secara berkala dengan aktual.

Saran penggunaan uji statistik seperti paired samples t-test dan uji normalitas hendaknya dilakukan lebih lanjut pada dataset yang lebih besar dan dalam jangka waktu lebih panjang, agar hasil analisis memiliki kekuatan statistik yang lebih kuat. Dalam kegiatan produksi dan monitoring tambang, penerapan sistem kontrol mutu (quality control) terhadap data pengukuran sangat penting, agar perhitungan volume yang menjadi dasar penilaian cadangan dan operasional dapat lebih dipercaya dan dapat dipertanggungjawabkan. Hasil analisis digunakan untuk perbaikan model perhitungan profit-loss, khususnya dalam kontrak antara kontraktor dan customer yang berbasis volume penggalian. Sebaiknya penelitian selanjutnya menggunakan jarak antar titik bor 50 meter, hal ini sangat penting untuk mendukung perencanaan tambang yang lebih akurat dan efisien, serta mengurangi ketidakpastian dalam estimasi sumber daya batubara.

5. Daftar Pustaka

- [1] Adhi, R. (2017). Dasar-dasar Pengukuran Terestris untuk Pemetaan. Jakarta: Penerbit Geodesi Press.
- [2] Sutanto, B. (2021). Metode Pengukuran dan Pemetaan Tretis untuk Perencanaan Tata Ruang. Yogyakarta: Pustaka Geospasial.
- [3] Arianto, B., & Susanto, A. (2018). Penerapan Metode Survei Tretis untuk Penghitungan Volume Tanah dalam Proyek Tambang Batubara. *Jurnal Geodesi dan Pertambangan*, 14(2), 101-115.

-
- [4] Hartanto, F., & Dewi, A. (2019). Optimalisasi Penggunaan GPS dan GNSS untuk Pemetaan Area Pertambangan Terbuka. *Jurnal Teknologi Geodesi*, 21(1), 77-89.
 - [5] Hidayat, R., & Putra, D. (2020). Studi Kasus: Penggunaan Survei Tretis dalam Mengukur Kedalaman dan Kontur Tambang Pasir. *Prosiding Seminar Nasional Geoteknik*, 10(3), 134-142.
 - [6] Kurniawan, M., & Prasetyo, D. (2017). Perhitungan Volume Tanah pada Area Tambang dengan Menggunakan Metode Survei Tretis dan Total Station. *Jurnal Teknik Pertambangan dan Geodesi*, 11(4), 58-68.
 - [7] Suryo, D., & Santosa, H. (2016). Peran Survei Tretis dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam pada Sektor Pertambangan. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Energi*, 9(2), 45-53.
 - [8] Purnama, D., & Yuliana, S. (2018). Penerapan Teknologi LIDAR dan Survei Tretis dalam Pengukuran Volume Tanah pada Proyek Pertambangan. *Jurnal Teknik Geomatika*, 13(4), 95-107.
 - [9] Sirnipson, L. R., Triantoro, A., & Melati, S. (2020). Analisis korelasi stripping ratio dan overburden ratio berdasarkan kemiringan lereng tunggal pada perancangan tambang batubara. *Jurnal Himasapta*, 5(2), 53-56.
 - [10] Argobi, M. R. (2022). *Identifikasi lapisan batuan daerah rawan longsor dengan metode geolistrik konfigurasi wenner-schlumberger di Desa Sagalaherang Kaler Kabupaten Subang Jawa Barat* (Bachelor's thesis, Perpustakaan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Jakarta).
 - [11] Ramadhan, H. S., Kurniawan, A., & Darminto, M. R. (2022). Analisis Perhitungan Volume Galian Tambang Terbuka (Open Pit Mining) Menggunakan Interpolasi Metode Gridding. *Geoid*, 17(1), 99-107.
 - [12] Putri, D. A., & Utama, R. (2024). Pengamatan Kegiatan Survei Topografi Arah Kemajuan Tambang PT. Rimau Energy Mining. *Jurnal Teknik Pertambangan*, 24(2), 86-91.
 - [13] Nst, C. A., Mukiat, M., & Swardi, F. R. (2014). Kajian Teknis Pengupasan Tanah Penutup Di Tambang Banko Barat Pit 3 Barat PT. Bukit Asam (persero) Tbk Upte. *Jurnal Ilmu Teknik*, 2(2).
 - [14] Rita, dkk (2024). Perhitungan Potensi Sumberdaya Batu Granit Menggunakan Metode Contour Di CV. Mitra Anugerah Peniraman Kalimantan Barat
 - [15] Purwaningsih, D. A. (2014). Perhitungan Cadangan Batubara Terbukti Dengan Metode Cross Section. *Jurnal Geologi Pertambangan (JGP)*, 2(16).