

Pemodelan Tiga Dimensi (3D) Potensi Laterit Nikel Studi Kasus: Pulau Pakal, Halmahera Timur, Maluku Utara

Fiandri I. Rinawan¹, Hary Nugroho¹, Romzi Rio Wibawa²

¹ Jurusan Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional (Itenas) – Bandung

² PT. Aneka Tambang Tbk. Unit Geomin, Jakarta

Email: irfiandri@gmail.com

ABSTRAK

Di dalam melakukan penambangan cadangan laterit nikel, diperlukan estimasi untuk dapat menghitung volume cadangan tersebut mengingat pentingnya perhitungan cadangan dalam menentukan kelangsungan suatu tambang. Penelitian ini bertujuan menghasilkan pemodelan 3D potensi laterit nikel berdasarkan metode estimasi dengan gridding serta model blok dari metode estimasi yang telah ditentukan sehingga didapatkan metode terbaik. Beberapa metode yang digunakan dalam pemodelan 3D terdiri atas metode estimasi langsung dan IDW (*Inverse Distance Weighted*) yang disertai dengan ukuran grid $5 \times 5 \text{ m}^2$; $10 \times 10 \text{ m}^2$; $12,5 \times 12,5 \text{ m}^2$; $25 \times 25 \text{ m}^2$ dan model blok dengan ukuran cell $5 \times 5 \times 1 \text{ m}^3$; $6,25 \times 6,25 \times 1 \text{ m}^3$; $12,5 \times 12,5 \times 1 \text{ m}^3$; $25 \times 25 \times 1 \text{ m}^3$. Lokasi dalam penelitian ini adalah daerah Pulau Pakal, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara. Hasil penelitian menunjukkan metode estimasi terbaik untuk pemodelan 3D adalah IDW orde 3 dengan gridding $25 \times 25 \text{ m}^2$ dan pada model blok diperoleh ukuran cell sebesar $12,5 \times 12,5 \times 1 \text{ m}^3$ yang memiliki persentase ketelitian volumekurang dari 1%.

Kata kunci: estimasi langsung, IDW, gridding, model blok, laterit nikel.

ABSTRACT

Mining of nickel laterite resources need a volume of resources estimation considering the importance of resources calculation in determining the continuation of a mining. This research is intended to develop 3D modeling of nickel laterite potential based on gridding estimation and block model methods from gridding estimation that have been determined to get the best method. Several methods used in 3D modeling consist of direct estimation, IDW (*Inverse Distance Weighted*) combined with grid size $5 \times 5 \text{ m}^2$; $10 \times 10 \text{ m}^2$; $12,5 \times 12,5 \text{ m}^2$; $25 \times 25 \text{ m}^2$ and block model with cell size $5 \times 5 \times 1 \text{ m}^3$; $6,25 \times 6,25 \times 1 \text{ m}^3$; $12,5 \times 12,5 \times 1 \text{ m}^3$; $25 \times 25 \times 1 \text{ m}^3$. The location of this study is in Pakal Island, East Halmahera, North Maluku Province. From the research result, it's founded that the best estimation method for 3D modeling is IDW orde 3 with grid size $25 \times 25 \text{ m}^2$ and the block model with cell size about $12.5 \times 12.5 \times 1 \text{ m}^3$, which has the volume accuracy less than 1%.

Keywords: direct estimation, IDW, gridding, block model, nickel laterite.

1. PENDAHULUAN

Laterit nikel merupakan material hasil pelapukan batuan secara intens yang terjadi karena proses naik turunnya muka air sehingga terjadi pembentukan lapisan endapan laterit nikel. Lapisan tersebut terdiri atas lapisan overburden, limonite, saprolite, dan bedrock yang masing-masing memiliki kandungan nikel (Ni) yang berbeda [1]. Lapisan overburden relatif berada di permukaan dan memiliki kandungan nikel yang relatif rendah. Adapun lapisan laterit nikel yang mengandung nikel tinggi adalah lapisan limonite dan saprolite. Bedrock merupakan lapisan terbawah dari endapan laterit nikel dengan kandungan nikel rendah [2].

Seperti juga tambang jenis lainnya, dalam penambangan laterit nikel diperlukan estimasi untuk dapat menghitung deposit endapan mineralnya. Perhitungan cadangan ini sangat penting karena digunakan untuk menghitung nilai ekonomis suatu mineral sehingga dapat dihitung pula kelangsungan hidup tambangnya. Untuk bisa menghitung volume estimasi dari cadangan yang dibutuhkan, diperlukan adanya suatu teknologi yang dapat melakukan estimasi serta perhitungan cadangan atau deposit yang dapat menggambarkan baik posisi, bentuk, serta ukuran dari lapisan endapan ini. Terdapat beberapa teknologi yang dapat digunakan dalam proses perhitungan cadangan ini, di antaranya adalah perhitungan dengan model penampang dan pemodelan tiga dimensi (3D). Dalam penelitian ini, teknologi yang digunakan adalah teknologi pemodelan tiga dimensi.

Beberapa metode yang dapat digunakan dalam pemodelan 3D adalah metode estimasi serta metode model blok (*block model*). Metode estimasi berupa estimasi langsung dan IDW (*Inverse Distance Weighted*). Masing-masing metode estimasi tersebut menggunakan metode gridding untuk memberikan data model yang beraturan [3]. Metode selanjutnya adalah metode model blok yang memodelkan hasil estimasi tersebut ke dalam bentuk unit-unit model blok yang dinamakan *cell* dengan ukuran X, Y, Z [2].

Metode-metode tersebut telah digunakan oleh Prasojo [2] dan Rahmanto [3]. Rahmanto [3] mengembangkan metode *gridding* sedangkan Prasojo [2] mengembangkan metode model blok dengan berbagai macam penaksiran. Adapun metode yang diterapkan dalam studi ini adalah gabungan dari kedua metode tersebut. Perbedaan antara metode yang diterapkan oleh Rahmanto [3] dan Prasojo [2] dengan metode yang diterapkan dalam studi ini adalah pada pencarian metode estimasi terbaik dimana pada penelitian sebelumnya ([2] dan [3]) metode estimasi terbaik didapatkan dengan cara perbandingan secara visual model yang diperkirakan sesuai untuk dijadikan model estimasi terbaik, sedangkan dalam penelitian ini metode estimasi terbaik didapatkan dengan cara perbandingan berdasarkan nilai ketelitian model dan volume.

Studi ini mencoba untuk menerapkan metode tersebut hingga menjadi suatu pemodelan 3D dengan data dasar berupa data *logging bor* dan juga data topografi. Data *logging bor* adalah data bor yang memiliki informasi kedalaman beserta data lapisan endapan laterit nikel. Data ini selanjutnya diolah untuk membentuk model lapisan laterit nikel dalam bentuk tiga dimensi. Berdasarkan model yang terbentuk ini selanjutnya dilakukan estimasi volume masing-masing lapisan untuk kemudian dihitung berapa volume lapisan untuk limonite dan saprolite. Hasil yang diperoleh selanjutnya dibandingkan untuk mengetahui model mana yang merupakan model terbaik dengan membandingkan pula keuntungan dan kerugiannya.

Tujuan yang ingin dicapai dalam studi ini adalah:

- 1) menghasilkan pemodelan 3D potensi laterit nikel berdasarkan metode estimasi serta metode model blok;
- 2) mengetahui pengaruh estimasi langsung dan IDW serta model blok terhadap bentuk dan volume cadangan; dan

- 3) membandingkan hasil tren volume cadangan laterit nikel berdasarkan metode estimasi dan metode model blok sehingga didapatkan metode terbaik dalam memodelkan laterit nikel ini.

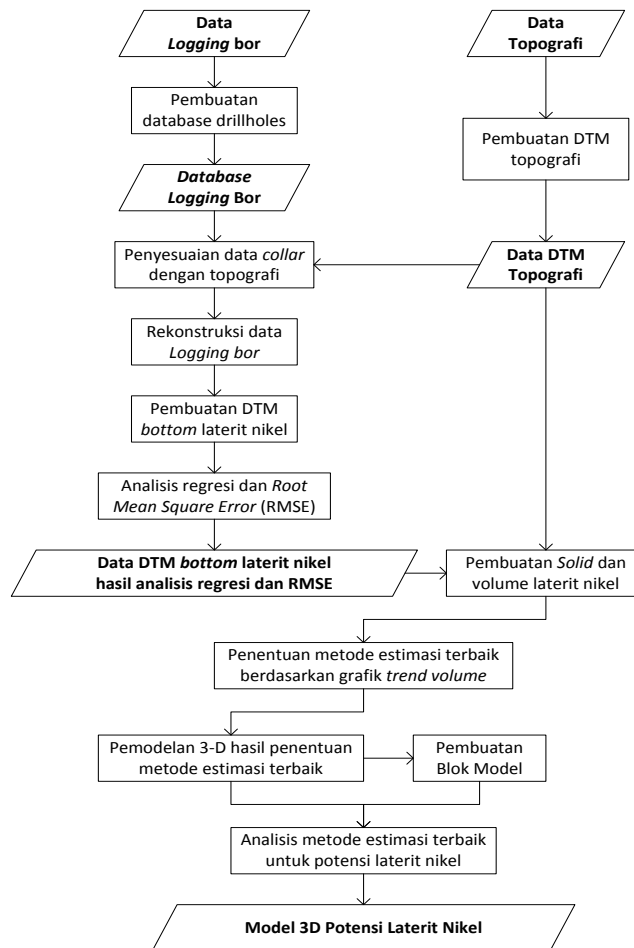
Terkait dengan hal tersebut, permasalahan penelitian dibatasi sebagai berikut:

- 1) pemodelan yang dihasilkan berupa pemodelan 3D solid dan juga pemodelan untuk model blok;
- 2) estimasi yang dilakukan berupa estimasi langsung dan IDW dengan orde 1 hingga orde 5;
- 3) *gridding* yang dipakai untuk estimasi berukuran 5 x 5 m, 10 x 10 m, 12,5 x 12,5 m, dan 25 x 25 m dan juga dimensi ukuran model blok yang digunakan berukuran 6,25 x 6,25 x 1 m, 12,5 x 12,5 x 1 m, dan 25 x 25 x 1m; dan
- 4) perhitungan volume cadangan dilakukan berdasarkan *gridding* untuk estimasi langsung dan IDW serta perubahan model blok dengan dimensi yang telah ditentukan.

Penelitian ini dilakukan pada area tambang nikel daerah Pulau Pakal, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara.

2. METODOLOGI

Secara garis besar pelaksanaan penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram Alir Tahap Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan kegiatan sebagai berikut.

2.1 Pembuatan Database Drillholes

Data *logging* bor yang sudah ada dipisahkan menjadi tiga data yang terdiri atas data *collar*, survei, beserta data zonasinya [4]. Hal tersebut dilakukan untuk membuat suatu basis data (*database*) *logging* bor (*drillholes*) 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 survei berupa data arah kemiringan bor dan data kedalaman bor, serta data zonasi berupa data kedalaman masing-masing zona lapisan laterit nikel yang terdiri dari *overburden*, *limonite*, *saprolite*, dan *bedrock*.

2.2 Pemrosesan Data Topografi

Data topografi yang digunakan berupa data topografi seluruh Pulau Pakal yang telah dibuat dalam format DWG pada perangkat lunak *Auto-CAD*. Pada tahapan ini dilakukan sinkronisasi terhadap datum referensi, proyeksi terhadap zona datum, dan pemotongan area yang disesuaikan dengan cakupan data bor. Selanjutnya berdasarkan data ini dilakukan proses pembuatan DTM (*Digital Terrain Model*) menggunakan perangkat lunak *Surpac*.

2.3 Penyesuaian Data Collar dan Topografi

Data *collar* dan data topografi umumnya tidak memiliki sistem referensi yang sama. Untuk itu, kedua jenis data ini harus disinkronkan agar memiliki datum yang sama. Hal ini terjadi karena data *drillholes* memiliki acuan posisi tinggi yang belum mengacu pada posisi topografis. Tahapan penyesuaian titik bor puncak (*top*) tersebut dilakukan dengan cara mengimpitkan titik puncak ke bidang topografi yang diperlihatkan dalam DTM. Berdasarkan proses tersebut akan diketahui nilai *top* masing-masing *collar*. Apabila nilainya tidak nol, maka data *collar* tersebut tidak menempel pada permukaan topografi. Untuk itu perlu dilakukan pengeditan nilai z pada *collar* tersebut.

2.4 Rekonstruksi Data Logging Bor

Rekonstruksi perlu dilakukan guna membentuk data laterit nikel agar dapat digunakan untuk pemodelan [5]. Rekonstruksi diawali dengan visualisasi data *logging* bor dalam bentuk peta agar dapat diketahui secara visual kondisi lapisan laterit nikel disetiap titik bor. Berdasarkan data penelitian, terlihat bahwa banyak titik bor yang tidak memiliki semua lapisan laterit nikel karena dari keseluruhan data titik bor hanya ada 6 titik bor yang memiliki semua lapisan tersebut. Selanjutnya dilakukan rekonstruksi data laterit nikel dengan membuat garis penghubung antartitik batas lapisan yang sama. Hal ini untuk memudahkan dalam pembentukan DTM setiap lapisan. Data hasil rekonstruksi ini selanjutnya diproses untuk membentuk model TIN setiap lapisan [6].

2.5 Pengolahan Data

Dalam pengolahan data ini dilakukan pemodelan dengan beberapa metode, yaitu: korelasi langsung tanpa *gridding*, korelasi langsung dengan *gridding*, dan IDW orde 1 hingga orde 5 dimana masing-masing estimasi tersebut menggunakan *gridding* yang terdiri atas beberapa ukuran: 5 x 5 m²; 10 x 10 m²; 12,5 x 12,5 m²; dan 25 x 25 m². Dari estimasi tersebut secara keseluruhan akan diperoleh 25 model laterit nikel di mana masing-masing memiliki 4 data *bottom* lapisan laterit nikel, sehingga secara keseluruhan akan dihasilkan 100 data *bottom* laterit nikel. Selanjutnya dilakukan pembuatan DTM untuk setiap model. Data yang digunakan adalah data *bottom* laterit nikel hasil rekonstruksidan data hasil estimasi. Terhadap hasil dari keseluruhan DTM tersebut kemudian dilakukan proses analisis regresi dan penghitungan RMSE (*Root Mean Square Error*) DTM yang digunakan untuk mendefinisikan suatu bentuk permukaan DTM ke dalam suatu persamaan dengan beberapa variabel tertentu yang kemudian dicari nilai prediksinya. Berdasarkan proses ini maka akan diketahui nilai RMSE DTM tersebut. Variabel terikat yang ditentukan dalam penelitian ini adalah nilai ketinggian (z) lapisan laterit nikel DTM hasil korelasi langsung tanpa *gridding* berdasarkan kedalaman dari masing-masing titik bor. Adapun variabel bebas yang ditentukan terdiri atas nilai x, y, dan z dari DTM hasil estimasi.

Tahap selanjutnya adalah melakukan pembuatan *solid* dan perhitungan volume laterit nikel. Pembuatan *solid* yang dilakukan berupa penggabungan 2 (dua) DTM atas (*top*) dan bawah (*bottom*) sehingga menjadi suatu *solid* yang memiliki elemen luas dan volume. Pembuatan *solid* dilakukan pada masing-masing zona laterit nikel. Perhitungan juga dilakukan pada keseluruhan lapisan untuk mengetahui volume keseluruhan lapisan yang diawali dari permukaan topografi hingga *bottom bedrock*.

2.6 Penentuan Metode Estimasi Terbaik

Pada tahapan ini dilakukan perbandingan nilai volume hasil estimasi berdasarkan hasil analisis RMSE pada DTM yang telah diregresi. Volume tersebut didapatkan dari hasil penghitungan *solid* untuk masing-masing lapisan laterit nikel dan juga penghitungan *solid* secara keseluruhan. Nilai volume hasil korelasi langsung tanpa *gridding* dijadikan sebagai acuan perbandingan nilai volume hasil estimasi lainnya karena korelasi tersebut merupakan asumsi estimasi yang terjadi pada kondisi sebenarnya dilapangan. Volume yang memiliki nilai paling dekat dengan nilai acuan dianggap sebagai nilai terbaik.

2.7 Pemodelan 3D Laterit Nikel

Pemodelan 3D laterit nikel dilakukan setelah melakukan proses penentuan metode estimasi terbaik. Dalam penentuan metode estimasi tersebut didapatkan satu jenis estimasi beserta *gridding*-nya. Selanjutnya dibuat model 3 dimensi (3D) dengan cara membentuk model blok dengan ukuran *cell* yang telah ditentukan yaitu: $5 \times 5 \times 1 \text{ m}^3$; $6,25 \times 6,25 \times 1 \text{ m}^3$; $12,5 \times 12,5 \times 1 \text{ m}^3$; dan $25 \times 25 \times 1 \text{ m}^3$.

2.8 Proses Analisis Metode Estimasi Potensi Laterit Nikel

Proses analisis metode estimasi potensi laterit nikel merupakan suatu proses analisis perbandingan volume antara *solid* hasil penentuan estimasi terhadap model blok hasil penentuan estimasi serta model blok hasil estimasi/korelasi langsung tanpa *gridding* dimana keduanya mengacu pada volume *solid* hasil korelasi langsung tanpa *gridding*. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan estimasi yang sesuai antara metode estimasi maupun metode model blok dalam memodelkan potensi laterit nikel ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang dibuat berupa pemodelan 3D dengan berbagai macam jenis estimasi yang terdiri dari korelasi langsung tanpa *gridding*, estimasi langsung dengan *gridding* dan estimasi IDW (Inverse Distance Weighted) orde 1 hingga orde 5 dengan *gridding*. *Gridding* yang ditentukan berukuran $5 \times 5 \text{ m}^2$, $10 \times 10 \text{ m}^2$, $12,5 \times 12,5 \text{ m}^2$, dan $25 \times 25 \text{ m}^2$. Jadi dihasilkan 4 model untuk masing-masing estimasi dengan *gridding*, dan 1 model untuk korelasi langsung tanpa *gridding*, maka total model yang dihasilkan dalam penelitian ini sebanyak 25 model beserta nilai volume dan ketelitiannya. Volume hasil estimasi tersebut diperlihatkan dalam Tabel 2.

3.2 Pembahasan

Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan metode estimasi terbaik, baik estimasi *solid* maupun model blok yang sesuai untuk pemodelan potensi laterit nikel ini. Analisis yang dilakukan terdiri atas analisis estimasi korelasi, analisis regresi dan RMSE DTM, analisis tren Volume, analisis metode estimasi potensi laterit nikel, dan analisis hasil metode estimasi tersebut berupa suatu model. Hasil analisis adalah sebagai berikut.

1) Analisis estimasi korelasi

Analisis estimasi korelasi bertujuan untuk mengetahui karakteristik masing-masing model estimasi. Berdasarkan model yang telah dihasilkan, karakteristik korelasi untuk estimasi langsung pada umumnya berbentuk garis lurus langsung ke *bottom* dengan lapisan yang sama. Hal ini pun terjadi pada IDW orde 1. Untuk estimasi korelasi pada IDW dengan nilai orde lebih dari satu,

maka akan digunakan pendekatan garis lengkung, dimana bentuk lengkungan akan sangat tergantung pada nilai orde IDW yang bersangkutan.

2) Analisis regresi dan RMSE

Analisis regresi dan RMSE DTM bertujuan untuk mengetahui persamaan suatu model DTM berdasarkan hasil analisis regresi. Persamaan tersebut dapat menghasilkan nilai prediksi yang diselisihkan kuadrat terhadap nilai sebenarnya sehingga didapat nilai RMSE dengan hasil sebagai berikut (Tabel 1).

Tabel 1. Resume Hasil RMSE Estimasi

No.	Nama Hasil Checklist Estimasi	Jumlah	Jenis Estimasi
1	Estimasi yang memenuhi semua lapisan dan dapat dilakukan perhitungan volume (≤ 1 m)	12	Langsung tanpa <i>gridding</i> , Langsung dengan <i>gridding</i> 5 x 5 m ² , IDW Orde 2 dengan <i>gridding</i> 5 x 5 m ² , IDW Orde 3 hingga Orde 5 dengan <i>gridding</i> 5 x 5 m ² hingga 12,5 x 12,5 m ² .
2	Estimasi yang tidak memenuhi semua lapisan namun dapat dilakukan perhitungan volume	8	Langsung grid dan IDW Orde 2 dengan <i>gridding</i> 10 x 10 m ² hingga 25 x 25 m ² , IDW Orde 3 hingga IDW Orde 5 dengan <i>gridding</i> 25 x 25 m ² .
3	Diasumsikan memiliki nilai volume yang signifikan	4	Estimasi IDW Orde 1 dengan <i>gridding</i> keseluruhan

3) Analisis tren volume

Dalam analisis tren volume ini, volume hasil korelasi langsung tanpa *gridding* dijadikan sebagai acuan untuk menentukan metode estimasi berdasarkan nilai ketelitian volume yang dinyatakan dalam perbedaan persentase. Volume hasil estimasi tersebut diperlihatkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Data Volume Hasil Estimasi

No.	Estimasi	Gridding (m ²)	Volume (m ³)					
			Zonasi				Kumulatif Zonasi	Top ke Bottom
			Overburden	Limonite	Saprolite	Bedrock		
1	Korelasi Langsung (Tanpa Gridding)	Bor	244.348,187	4.505.486,924	3.422.337,580	921.396,380	9.093.569,071	9.081.531,574
		5 x 5	250.503,982	4.465.874,567	3.344.973,026	907.035,537	8.968.387,112	8.966.318,511
2	Langsung dengan Gridding	10 x 10	259.785,469	4.436.167,406	3.285.409,574	885.280,553	8.866.643,002	8.864.828,479
		12,5 x 12,5	258.090,364	4.429.626,196	3.255.306,751	872.123,995	8.815.147,306	8.815.089,553
		25 x 25	268.986,032	4.371.319,784	3.101.004,187	804.602,797	8.545.912,800	8.543.500,625
3	Inverse Distance Weighted Orde 1	5 x 5	571.042,464	4.223.650,752	3.323.586,468	880.286,614	8.998.566,298	8.998.069,360
		10 x 10	577.773,992	4.219.011,096	3.322.772,840	880.673,751	9.000.231,679	8.999.750,260
		12,5 x 12,5	562.541,353	4.233.484,915	3.332.204,344	879.133,858	9.007.364,470	9.006.849,054
		25 x 25	452.056,989	4.308.435,421	3.358.234,005	889.597,768	9.008.324,183	9.008.747,128
3	Inverse Distance Weighted Orde 2	5 x 5	382.120,719	4.378.927,960	3.374.569,668	901.333,612	9.036.951,959	9.037.012,143
		10 x 10	386.945,205	4.374.348,626	3.375.194,833	900.094,995	9.036.583,659	9.036.651,864
		12,5 x 12,5	381.839,931	4.379.338,100	3.376.284,321	898.375,575	9.035.837,927	9.035.789,868
		25 x 25	261.325,174	4.462.283,409	3.383.949,801	909.300,211	9.016.858,595	9.018.113,331
4	Inverse Distance Weighted Orde 3	5 x 5	320.066,576	4.440.628,820	3.383.168,733	909.400,241	9.053.264,370	9.053.425,548
		10 x 10	306.367,690	4.452.620,198	3.386.084,972	909.058,728	9.054.131,588	9.054.195,948
		12,5 x 12,5	307.547,979	4.454.946,632	3.387.403,216	907.487,673	9.057.385,500	9.057.386,661
		25 x 25	242.275,407	4.478.464,474	3.388.533,968	912.304,055	9.021.577,904	9.014.829,611
5	Inverse Distance	5 x 5	320.114,857	4.448.429,415	3.378.558,457	913.826,314	9.060.929,043	9.058.222,030

6	Weighted Orde 4	10 x 10	296.623,337	4.466.102,780	3.386.301,355	913.090,058	9.062.117,530	9.060.747,209	
		12,5 x 12,5	291.033,676	4.481.632,669	3.387.609,639	914.066,798	9.074.342,782	9.073.830,665	
		25 x 25	235.320,931	4.484.177,147	3.387.454,192	906.712,438	9.013.664,708	9.015.746,228	
	Inverse Distance Weighted Orde 5	5 x 5	331.547,298	4.444.412,982	3.372.295,329	910.685,604	9.058.941,213	9.059.400,623	
		10 x 10	303.683,602	4.462.105,274	3.383.839,896	911.406,542	9.061.035,314	9.061.193,167	
		12,5 x 12,5	296.944,014	4.485.086,574	3.387.247,034	916.834,236	9.086.111,858	9.085.422,153	
			25 x 25	233.207,022	4.487.443,552	3.387.953,856	906.347,460	9.014.951,890	9.017.123,329

Metode yang digunakan adalah metode perbedaan persentase dan pembobotan rata-rata (*weighted average*) dimana ketelitian volume didapatkan dengan persamaan berikut ini [7].

$$\text{Perbedaan persentase}(G_d): G_d = \frac{|d_{xy}|}{y} * 100 = \frac{|x-y|}{y} * 100 \quad (1)$$

$$\text{Weighted average } (\bar{G}_w): \bar{G}_w = \frac{\sum_{i=1}^n G_i a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} = \frac{G_1 a_1 + G_2 a_2 + G_3 a_3 + \dots + G_n a_n}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n} \quad (2)$$

Perhitungan yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan nilai ketelitian volume dalam satuan persen dengan nilai yang memenuhi standar toleransi sebesar $\leq 1\%$, dan hasil dari perhitungan tersebut dibuatkan dalam bentuk suatu resume berikut ini (Tabel 3).

Tabel 3. Resume hasil checklist perbedaan persentase estimasi

No.	Nama Grafik Perbedaan Persentase	Checklist Jumlah Estimasi Berdasarkan Toleransi Perbedaan Persentase																				Total Estimasi				
		Estimasi Langsung Gridding				Estimasi IDW Orde 1				Estimasi IDW Orde 2				Estimasi IDW Orde 3				Estimasi IDW Orde 4					Estimasi IDW Orde 5			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D		A	B	C	D
1	Overburden																									1
2	Limonite	√																								9
3	Saprolite																									16
4	Bedrock																									5
6	Weighted average zonasi																									3
7	Kumulatif zonasi																									18
5	Total top to bottom																									20
8	Total volume estimasi langsung dengan gridding	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	24
9	Total volume korelasi langsung tanpa gridding	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	24
	TOTAL	3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	5	5	5	6	7	7	7	5	6	7	7		
	Estimasi yang memenuhi	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	

Keterangan :

- A : Gridding 5 x 5 m² C : Gridding 12,5 x 12,5 m² √ : Checklist
- B : Gridding 10 x 10 m² D : Gridding 25 x 25 m² ■ : on Checklist

4) Analisis metode estimasi potensi laterit nikel
 Analisis ini menggunakan hasil dari metode analisis tren volume sebagai pembanding. Hasil dari tren volume adalah estimasi IDW orde 3 dengan ukuran grid sebesar 25 x 25 m². Volume yang diperoleh dari perhitungan model ini selanjutnya dijadikan pembanding untuk menghitung besar persentase perbedaan dengan model yang lain, baik model estimasi IDW maupun estimasi model blok dan model blok korelasi langsung tanpa gridding. Hasil perbandingan dinyatakan dalam tabel Tabel 4.

Tabel 4. Tabel volume model blok

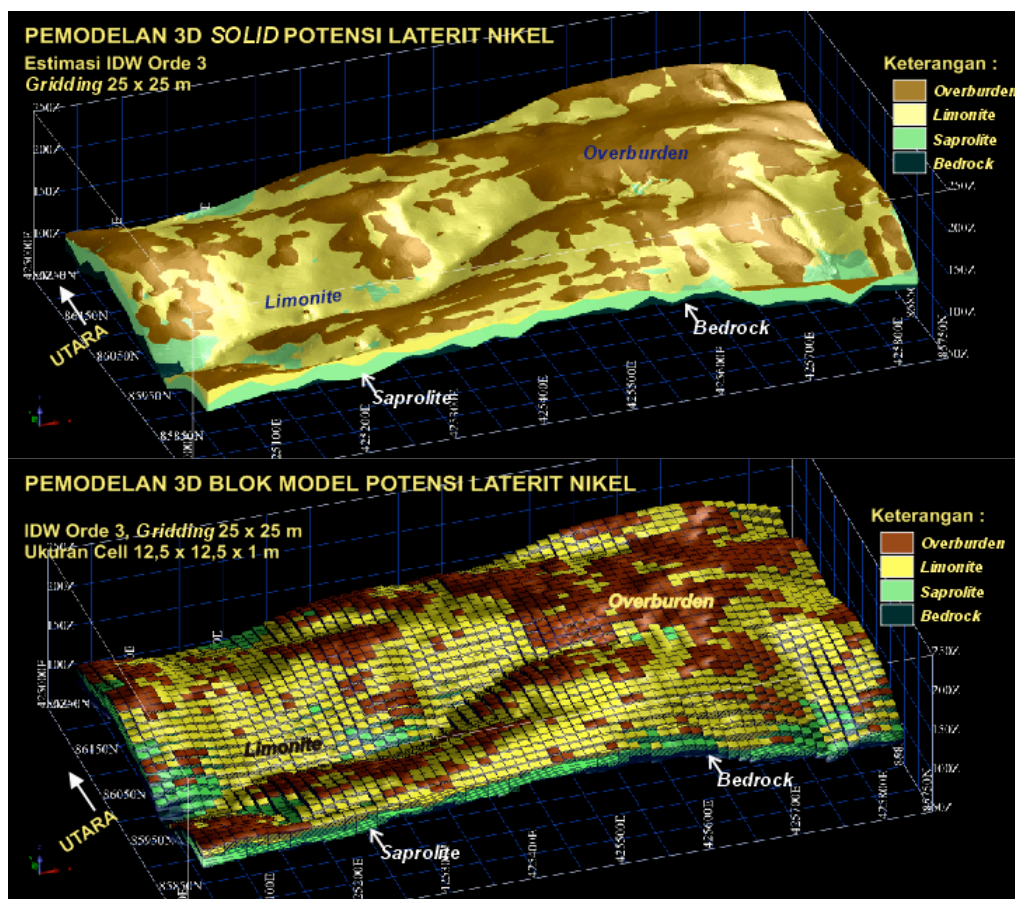
No.	Estimasi Model blok	Cell	Volume (m ³)				
			Overburden	Limonite	Saprolite	Bedrock	Total
1		5 x 5 x 1 m ³	239725,000	4475575,000	3381350,000	907100.000	9003750.000
2	Model blok IDW Orde 3 (25 x 25 m)	6,25x6,25 x 1 m ³	241914,063	4474296,875	3382890,625	906875.000	9005976.563
3		12,5x 12,5 x 1 m ³	243281,250	4472031,250	3388187,500	912593.750	9016093.750
4		25 x 25 x 1 m ³	255000,000	4441875,000	3377500,000	936875.000	9011250.000
5		5 x 5 x 1 m ³	248600,000	4499250,000	3404275,000	925750.000	9077875.000
6	Model blok korelasi langsung tanpa gridding	6,25x 6,25 x 1 m ³	247695,313	4497304,688	3406171,875	924062.500	9075234.376
7		12,5x 12,5 x 1 m ³	250000,000	4487500,000	3405625,000	929062.500	9072187.500
8		25 x 25 x 1 m ³	287500,000	4460625,000	3405625,000	943125.000	9096875.000

Sama halnya dengan proses sebelumnya, selanjutnya adalah melakukan perhitungan terhadap nilai volume tersebut untuk mendapatkan nilai ketelitian volume dalam satuan persen dengan nilai yang memenuhi standar toleransi sebesar $\leq 1\%$. Hasil dari perhitungan tersebut diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Resume potensi Laterit Nikel

No.	Analisis Grafik Perbedaan Persentase Estimasi Solid dan Blok Model	Checklist Estimasi Solid dan Blok Model										Total Estimasi	
		IDW Orde 3		Blok Model		IDW Orde 3		Blok Model Estimasi Langsung Tanpa Gridding					
		25 x 25	5 x 5 x 1	6,25 x 6,25 x 1	12,5 x 12,5 x 1	25 x 25 x 1	5 x 5 x 1	6,25 x 6,25 x 1	12,5 x 12,5 x 1	25 x 25 x 1			
1	Overburden	✓		✓	✓								3
2	Limonite	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	8
3	Saprolite	✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	6
4	Bedrock	✓			✓		✓	✓	✓	✓			5
5	Kumulatif Zonasi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9
6	Weighted Average Laterit Nikel	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓			7
Hasil Analisis		6	3	4	6	1	5	5	5	5	3		
		TRUE	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE		

- 5) Analisis hasil metode estimasi potensi laterit nikel
 Berdasarkan hasil perbandingan, metode terbaik untuk pemodelan dalam solid model adalah metode estimasi IDW orde 3 dengan gridding 25 x 25 m² sedangkan untuk pemodelan dalam bentuk model blok adalah IDW orde 3 dengan ukuran cell 12,5 x 12,5 x 1 m³. Berikut ini adalah model tampilannya (Gambar 2).



Gambar 2. Pemodelan 3D Laterit Nikel solid (atas) dan model blok (bawah)

4. SIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan pemodelan 3D potensi laterit nikel dengan menggunakan metode estimasi langsung dan IDW orde 1 hingga orde 5 dengan ukuran grid $5 \times 5 \text{ m}^2$; $10 \times 10 \text{ m}^2$; $12,5 \times 12,5 \text{ m}^2$, dan $25 \times 25 \text{ m}^2$, beserta metode model blok dengan ukuran cell $5 \times 5 \times 1 \text{ m}^3$; $6,25 \times 6,25 \times 1 \text{ m}^3$; $12,5 \times 12,5 \times 1 \text{ m}^3$; dan $25 \times 25 \times 1 \text{ m}^3$. Berdasarkan hasil analisis terhadap metode-metode tersebut dapat disimpulkan bahwa metode estimasi terbaik untuk pemodelan 3D potensi laterit nikel adalah model solid estimasi IDW orde 3 dengan gridding $25 \times 25 \text{ m}^2$. Adapun pada model blok diperoleh ukuran cell sebesar $12,5 \times 12,5 \times 1 \text{ m}^3$. Kedua jenis model tersebut merupakan metode estimasi terbaik karena memiliki nilai ketelitian volume sebesar $\leq 1\%$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada PT. Aneka Tambang Tbk. Unit Geomin yang telah memberikan tempat dan data untuk melaksanakan penelitian serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Latif, A. A. (2008). *Studi Perbandingan Metode Nearest Neighborhood Point (NNP), Inverse Distance Weighted (IDW) dan Kriging pada Perhitungan Cadangan Nikel Laterit*. Tesis.

Program Studi Rekayasa Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung.

- [2] Prasojo, T. S. (2010). *Aplikasi Model Blok dalam Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Datamine Studio 3*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung.
- [3] Rahmanto, B. (2007). *Perhitungan Sumberdaya Nikel Laterit Menggunakan Metode Gridded Model dengan Beberapa Metode Penaksiran*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung.
- [4] Bristol, R. Kumar, K., dan Jackson, P. (2007). *Surpac Vision*. Perth: Surpac Minex Group.
- [5] Aneka Tambang Tbk. (2007). *Laporan Pekerjaan Akhir Mine Design Pulau Pakal di Kawasan Pertambangan Nikel Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara*. PT. Antam Tbk, Jakarta.
- [6] Rahman, A. A. dan Pilouk, M. (2007). *Spatial Data Modelling for 3D GIS*. Berlin: Springer.
- [7] Wellmer, F. W., Dalheimer, M., dan Wagner, M. (2008). *Economic Evaluations in Exploration 2nd Edition*. Berlin: Springer.