PERHITUNGAN SUMBERDAYA DAN CADANGAN *LIMESTONE* DENGAN METODE *NEAREST NEIGHBOUR POINT DAN INVERSE DISTANCE SQUARE*

Agustian Aspiannur[1*], Nurhakim[2], Romla Noor Hakim[2] , Hafidz Noor Fikri[2]
[1] Mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
[2]Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
e-mail : *Agustianaspiannur@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kegiatan eksplorasi endapan *limestone* di lokasi penelitian berupa pemboran eksplorasi *full coring* menghasilkan 16 titik bor. Kegiatan ini bertujuan untuk melihat jumlah dan distribusi CaO dan MgO sebagai gambaran perencanaan suplai bahan baku untuk keperluan produksi pabrik.

Pemodelan blok pada endapan ini berukuran 25 x 25 x 10 meter menghasilkan 1351 blok dengan luasan area 49 Ha. Berdasarkan analisa *bivariate* CaO dan MgO didapatkan korelasi yang lemah dan negatif. Estimasi yang dilakukan untuk penentuan kadar adalah metode *Nearest Neighbour Point* (NNP) dan *Inverse distance square* (IDS)

Perhitungan sumberdaya menggunakan metode NNP didapat sumberdaya terukur sebesar 34.950.000 Ton dengan kandungan kadar CaO Kurang dari 40% sebesar 3.572.000 ton, CaO 40% - 50% sebesar 5.323.000 ton, CaO lebih dari 50% sebesar 26.055.000 ton. Sumberdaya terukur dengan kandungan kadar MgO 1% - 5% sebesar 32.737.500 ton, Lebih dari 5% sebesar 2.212.500 ton. Berdasarkan perhitungan sumberdaya menggunakan metode IDS didapat sumberdaya terukur sebesar 34.950.000 Ton dengan kandungan kadar CaO kurang dari 40% sebesar 381.250 ton, CaO 40% - 50% sebesar 6.293.750 ton, CaO lebih dari 50% sebesar 28.275.000 ton. Sumberdaya terukur dengan kandungan kadar MgO 1% - 5% sebesar 34.950.000 ton dan Lebih dari 5% tidak ada. Berdasarkan nilai *cutoff grade* kadar CaO >50% dan MgO <5% hasil perhitungan menggunakan metode NNP yaitu didapat cadangan *limestone* sebesar 26.055.000 ton dan hasil perhitungan menggunakan metode IDS didapatkan cadangan *limestone* sebesar 28.275.000 ton.

Kata Kunci : *Limestone*, *Nearest Neighbour Point, Inverse Distance Square,* Sumberdaya terukur, *Cutoff grade*.

PENDAHULUAN

Perhitungan cadangan berperan penting dalam menentukan jumlah, kualitas dan kemudahan dalam eksplorasi secara komersial dari suatu endapan. Sebab hasil dari perhitungan cadangan yang baik dapat menentukan investasi yang akan ditanam oleh investor, penentuan sasaran produksi, cara penambangan yang akan dilakukan bahkan dalam memperkirakan waktu yang dibutuhkan oleh perusahaan dalam melaksanakan usaha penambangannya.

Mengingat pemilihan metode yang digunakan dalam perhitungan cadangan harus sesuai dengan sisi filosofinya, maka untuk endapan batugamping yang diusahakan oleh PT. Pama Indo Mining, desa tegalrejo, Kecamatan Kelumpang hulu, Kabupaten Kotabaru, Kalimantan Selatan ini dimana endapan batugamping dan mineral-mineral pengotornya terdistribusi di tempat yang berbukit-bukit tentu membutuhkan metode yang lebih sesuai dengan kondisinya yang khusus tersebut.

Adanya perbedaan nilai kadar endapan *limestone* memerlukan perhatian serius dalam melakukan penaksiran tebal dan kadar endapan. Hal inilah yang melatarbelakangi penulis untuk melakukan penulisan tugas akhir menghitung sumberdaya *limestone* menggunakan metode NNP dan IDS.

METODOLOGI

Metode Perhitungan Cadangan

Telah banyak dikemukakan mengenai berbagai metode perhitungan cadangan dan kalaupun ada perbedaan hanya berupa sedikit modifikasi dari sesuatu yang sangat umum. Pada prinsipnya, metode perhitungan cadangan harus dapat menghitung dengan cepat, dipercaya, dan mudah dilakukan cek ulang. Perbedaan dari berbagai metode perhitungan cadangan biasanya dibedakan menurut penentuan perhitungannya yang dipisahkan menjadi bagian-bagian atau blok. Hal ini didasarkan oleh faktor struktur geologi, ketebalan, kadar, nilai ekonomi, kedalaman, dan lapisan penutup. Oleh karena itu, dalam pemilihan metode tergantung pada kondisi geologi endapan mineral, sistem eksplorasi, penambangan, dan faktor ekonomi. metode perhitungan cadangan yang digunakan, yaitu:

1. Metode Model Blok (*Grid*)

Salah satu aspek dalam perhitungan cadangan adalah metode penaksiran. Metode penaksiran yang bisa dilakukan yaitu metode klasik yang terdiri dari NNP (*Nearest Neighbour Point*) dan IDS (*Inverse Distance Square*). Metode nin memperhatikan jarak data dengan blok yang diestimasinya.

2. Nearest neighbor point (NNP)

Algoritma *nearest neighbour point* (NNP) adalah estimasi terhadap blok berdasarkan data yang jaraknya paling dekat dengan blok tersebut.

3. Inverse distance square (IDS)

Metode ini merupakan suatu cara penaksiran yang telah memperhitungkan adanya hubungan letak ruang (jarak), merupakan kombinasi linier atau harga rata-rata tertimbang (*weighting average*) dan titik-titik data yang ada di sekitarnya.

Suatu cara penaksiran dimana harga rata-rata suatu blok merupa kan kombinasi linier atau harga rata-rata berbobot *(wieghted average*) dan data lubang bor disekitar blok tersebut. Data di dekat blok memperoleh bobot lebih besar, sedangkan data yang jauh dan blok bobotnya lebih kecil. Bobot ini berbanding terbalik dengan jarak data dan blok yang ditaksir.

Untuk mendapatkan efek pangkat data dilakukan faktor pangkat. Pilihan dan parigkat yang digunakan (ID1, ID2, ID3, ...) berpengaruh terhadap hasil taksiran. Semakin

tinggi pangkat yang digunakan, hasilnya akan semakin mendekati metode poligon conto terdekat.

Metode seperjarak ini mempunyai batasan yaitu hanya memperhatikan jarak saja dan belum memperhatikan efek pengelompokkan data, sehingga data dengan jarak yang sama namun mempunyai pola sebaran yang berbeda masih akan memberikan hasil yang sama. Atau dengan kata lain metode ini memberikan korelasi ruang antara titik data dengan titik data yang lain.

Penentuan nilai perhitungan dengan metode ini adalah sebagai berikut :

$$W_j = \frac{\frac{1}{d_j^n}}{\sum_{i=1}^{j} \frac{1}{d_j^n}} \quad (1)$$

Kemudian nilai taksirannya ditentukan dengan cara:

$$Z = \sum_{i=1}^{j} W_i . Z_i \quad (2)$$

$$Z = \sum_{i=1}^{j} (Z_i . Th_i) . W_i \quad (3)$$

Dimana:

Wj/Wi = faktor pembobotan

d_j = jarak antara titik data ditaksir dengan titik data

n = pangkat pembobotan

Z = titik data taksiran

Z_i = titik data

Th_i = Kadar (%)

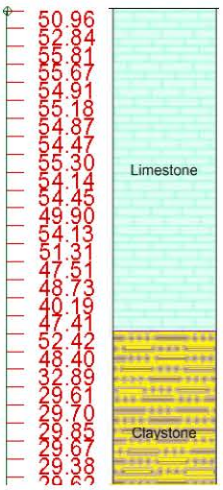
Permodelan dengan komputer untuk merepresentasikan endapan bahan galian umumnya dilakukan dengan model blok (*block model*). Dimensi *block model* dibuat sesuai dengan desain penambangannya, yaitu mempunyai ukuran yang sama dengan tinggi jenjang. Semua informasi seperti jenis batuan, kualitas, dan topografi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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data dari16 drillhole, ukuran blok 25 x 25 x10 meter, luasan area 49 *Ha (included area).* Kemudian data tersebut diestimasi menggunakan metode NNP dan IDS untuk memperoleh jumlah dan distribusi kadarnya.

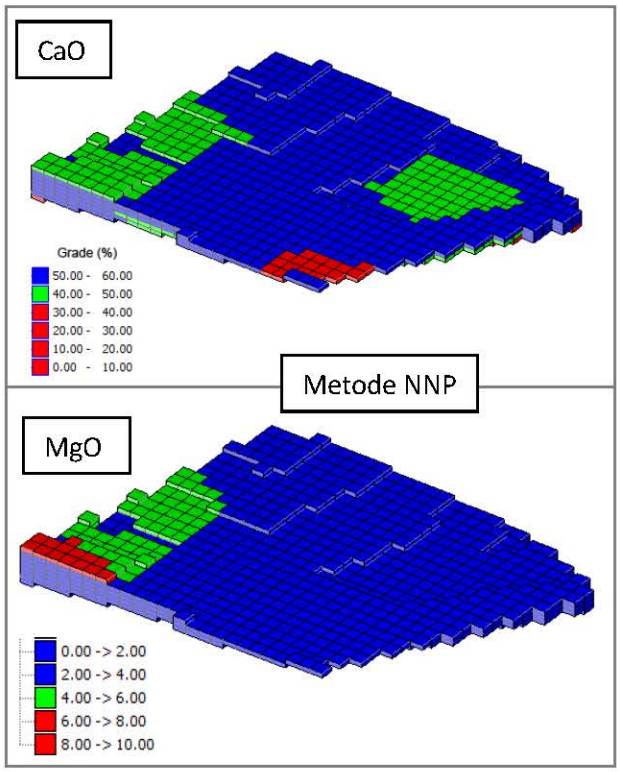
Estimasi kadar dan sumberdaya *limestone* dengan Metode Nearest Neighbour Point (NNP) dan Inverse Distance Square (IDS)

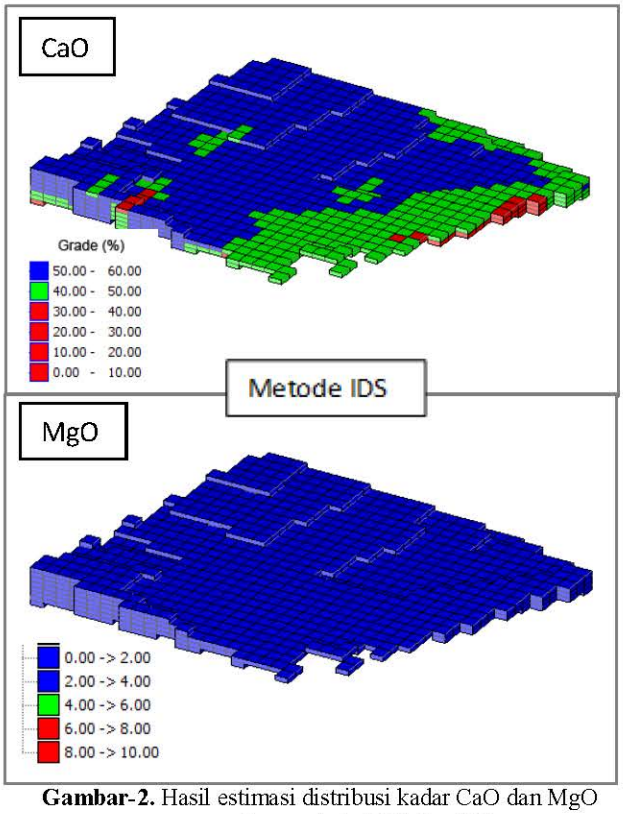
Setelah model blok ditentukan, dilakukan estimasi kadar pada tiap blok tersebut berdasarkan dari informasi setiap interval kadar bor inti terhadap masing-masing zona *limestone*. Data bor yang digunakan sebanyak 1001 data, setiap lubang bor memiliki interval secara vertikal setiap 1 meter.



Gambar-1. Sketsa lithologi lubang bor dan kandungan kadar CaO (%) dalam interval 1 meter hasil analisis laboraturium

Untuk metode estimasi kadar tersebut digunakan metode NNP atau *nearest neighbor point*. Estimasi pada model blok dilakukan dari informasi kadar CaO (kalsium Oksida) dan MgO (magnesium Oksida) dari setiap interval bor. Radius pencarian data yang digunakan pada penelitian adalah maksimum horisintal 200 m dan maksimum vertikal 150 m dari titik bor. Parameter tersebut merupakan *prototype* dalam estimasi kadar pada setiap model blok.





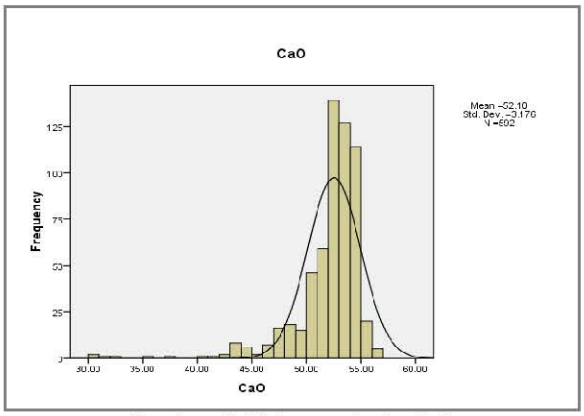
Gambar-2. Hasil estimasi distribusi kadar CaO dan MgO menggunakan metode NNP dan IDS

Analisa Statistik *univariate* dan *bivariate*

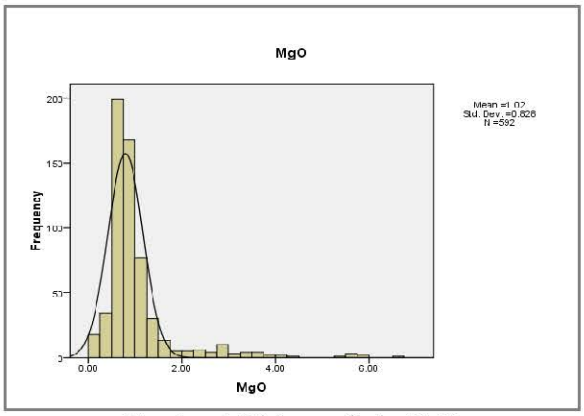
Analisa statistik *univariate* menunjukkan perbadingan kadar rata-rata asli dan hasil estimasi antara masing-masing parameter kualitas. Kadar rata-rata CaO dan MgO hasil analisa statistik yaitu 52,0994 % dan 1,0231 %, sedangkan hasil estimasi menggunakan metode NNP nilai kadar rata-rata CaO dan MgO yaitu 50,48% dan 1,49 %. Estimasi kadar rata-rata CaO dan MgO menggunakan metode IDS yaitu 50,84 % dan 0,79 %. Nilai asli dan hasil estimasi tidak berbeda jauh dan hanya selisih sedikit saja untuk masing-masing parameter kualitas. Hal tersebut menunjukkan endapan limestone kadar rata-rata CaO berada diatas 50% dan MgO dibawah 5%.

Tabel-1. Statistik deskriptif endapan *limestone*

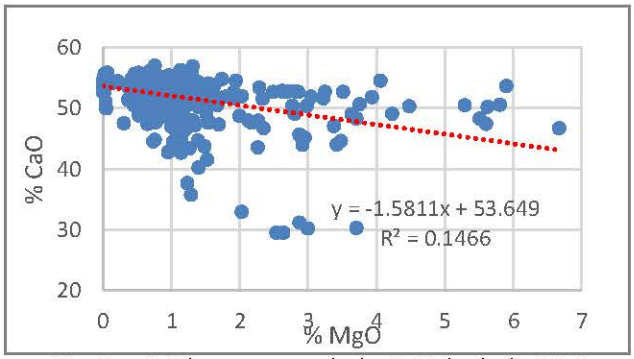
Statistik	CaO	MgO
N	592	592
Mean	52.0994	1.0231
Median	52.7800	0.8050
Mode	52.57	0.65
Std. Deviation	3.17641	0.82779
Variance	10.090	0.685
Minimum	30.12	0.00
Maximum	56.93	9.79
Sum	30842.87	605.65



Gambar-3. Histogram kadar CaO



Gambar-4. Histogram kadar MgO



Gambar-5. Diagram pencar kadar CaO dan kadar MgO

Dari grafik tersebut didapatkan nilai koefesien korelasi -0,37 yang artinya CaO dan MgO mempunyai hubungan berbanding terbalik yang rendah. Hubungan berbanding terbalik ditunjukkan oleh angka negatif dan nilai 0,37 merupakan nilai yang dinyatakan rendah dalam suatu koefesien korelasi. Nilai koefesien hanya mengacu pada jumlah data yang didapatkan, semakin banyak data maka perhitungan akan semakin akurat.

Distribusi kadar

Komparasi dilakukan pada jumlah blok yang sama, dimensi blok yang sama, dan luas area yang sama, hanya pada metode estimasi yang berbeda. Pada metode NNP dan IDS kadar CaO tinggi yang ditunjukkan dengan warna biru terdistribusi merata dan jumlahnya sangat banyak. Pada bagian utara, tengah, dan barat masing-masing blok model terdapat kadar CaO yang tinggi. Sedangkan kadar CaO yang *medium grade* (sedang) ditunjukan pada daerah yang berwarna hijau.

Untuk masing masing metode terdapat distribusi yang berbeda terhadap *limestone* dengan kadar CaO *medium grade*. Terakhir *limestone* dengan kadar CaO *low grade* yang ditunjukkan oleh blok berwarna merah, hanya sedikit *limestone* yang low grade. Pada NNP *limestone* dengan kadar *low grade* terdapat pada daerah tenggara dan sedikit pada daerah selatan pada metode IDS. Sedangkan untuk kadar MgO pada masing-masing metode menyatakan bahwa kadar MgO rata-rata berada pada 0-2 %, blok berwarna biru menunjukan nilai MgO hampir sama dengan nol. Dan blok berwarna hijau muda menunjukan kadar MgO antara 4-6 %. Pada metode IDS, kadar MgO hanya berkisar antara 0-3%, sedangkan pada metode NNP kadar MgO ada yang berkisar 5-7% dan ada yang hampir 9%. MgO yang tinggi terdapat pada daerah barat daya yang ditunjukkan dengan blok berwarna merah. Hal tersebut dikarenakan perbedaan kriteria estimasi yang digunakan pada setiap metode, akan tetapi kebanyakan kadar MgO yang ada pada blok model hampir 90% menyatakan berada di bawah batas yang telah ditentukan yaitu 5 % untuk kadar MgO.

Perhitungan Sumberdaya

Pada daerah penelitian kondisi geologi tergolong dalam kelompok geologi sederhana. Kelompok geologi sederhana tersebut maksudnya adalah batugamping (*limestone*) dalam kelompok ini diendapkan dalam kondisi sedimentasi sangat sederhana. Sesar dan lipatan tidak ada, begitu pula pergeseran dan perlipatan yang diakibatkannya tidak ada sama sekali. Kelompok ini dicirikan pula oleh kemiringan lapisan yang relative datar, ketebalan lapisan yang sangat besar, dan sebarannya masih dapat diikuti sampai ratusan meter (SNI 13-5104-2011).

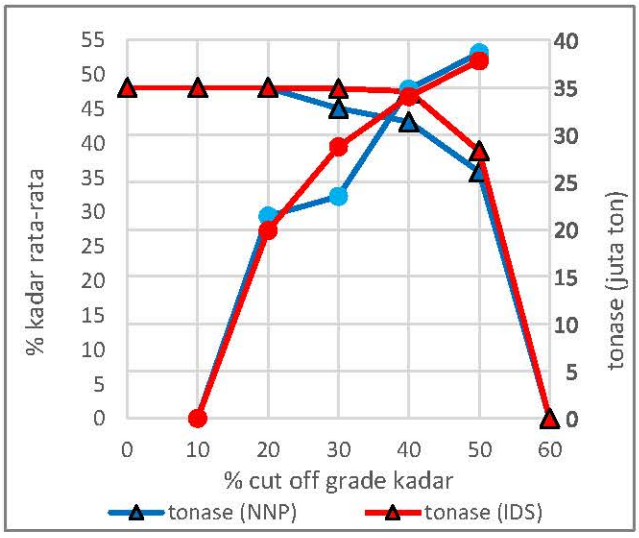
Dengan Jarak antar titik bor kurang dari 500 meter dan kondisi geologi yang sederhana berarti sumberdaya *limestone* bisa dikatakan sumberdaya terukur. Perhitungan sumberdaya menggunakan metode estimasi NNP dan IDS dengan dimensi blok yang sama dan jumlah blok yang sama yaitu Jumlah sumberdaya terukur *limestone* sebanyak 34.950.000 ton. Estimasi Sumberdaya terukur *limestone* bisa dilihat pada tabel berikut.

Pada gambar 6 grafik tersebut menunjukan estimasi kadar CaO pada endapan *limestone*, estimasi kadar menggunakan dua metode yaitu NNP dan IDS. Estimasi dengan NNP menunjukan grafik linier yang turun dinamis pada tonase kadar terhadap % (*cut off*). Setiap kenaikan *cutoff grade* (%) kadar CaO maka terjadi penurunan jumlah tonase dari endapan *limestone*. Kemudian kadar rata-ratanya selalu berada diatas posisi *cutoff grade (%)*. Sedangkan estimasi menggunakan metode IDS terlihat grafik yang berbelok tajam pada jumlah tonase terhadap *cutoff grade* (%) kadar, kemudian posisi kadar rata-rata CaO yang juga selalu berada di atas *cutoff grade (%)* kadar.

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa setiap kenaikan % *cut off* kadar, maka akan terjadi penurunan jumlah tonase pada setiap metode. Perbedaannya hanya pada masing-masing jumlah tonase saja. Pada metode NNP jumlah tonase pada *cut off* 50% yaitu 26.055.000 ton, sedangkan pada metode IDS jumlah tonase *limestone* dengan % cut off yang sama yaitu 28.275.000 ton dengan kadar rata-rata CaO dari NNP 53,11 % dan dari IDS 51,99 %. Dengan cut off kadar 50%, maka selisih jumlah kadar CaO antara dua metode yaitu 2.220.000 ton.

Tabel-2. Klasifikasi dan Nilai Sumberdaya Endapan *Limestone*

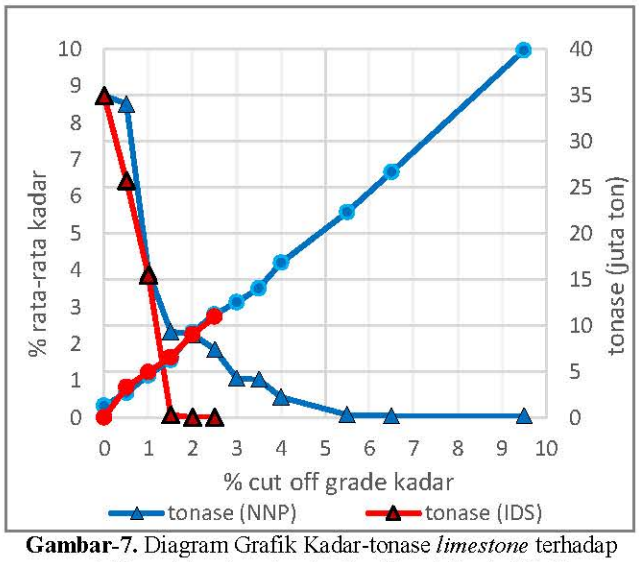
kadar (%)		sumberdaya terukur (ton)	
		NNP	IDS
CaO	0.0 - 10.0	-	-
	10.0 - 20.0	-	-
	20.0 - 30.0	2,161,000	68,750
	30.0 - 40.0	1,411,000	312,500
	40.0 - 50.0	5,323,000	6,293,750
	50.0 - 60.0	26,055,000	28,275,000
	Total	34,950,000	34,950,000
MgO	0.0 - 1.0	19,875,000	19,456,250
	1.0 - 2.0	7,675,000	15,475,000
	2.0 - 3.0	3,162,500	18,750
	3.0 - 4.0	2,025,000	-
	4.0 - 5.0	-	-
	5.0 - 6.0	1,912,500	-
	6.0 - 10.0	300,000	-
	Total	34,950,000	34,950,000



Gambar-6. Diagram Grafik Kadar-tonase *limestone* terhadap *cutoff grade* berdasarkan hasil estimasi (kadar CaO)

Kemudian pada gambar 7 menunjukan estimasi kadar MgO pada endapan *limestone* dengan metode yang sama. Estimasi dengan NNP menunjukan grafik linier yang turun dinamis pada tonase kadar terhadap *cutoff (%)*, yang artinya setiap kenaikan *cutoff* (%) kadar MgO maka terjadi penurunan jumlah tonase dari endapan limestone. Sama hal nya estimasi dengan menggunakan metode IDS, hanya berbeda pada jumlah tonase dan kadar rata-rata MgO pada endapan limestone. Kadar MgO yang diperbolehkan di produksi untuk endapan limestone adalah limestone dengan kadar MgO < 5 %. Karena apabila kadar MgO lebih dari 5% maka akan menyebabkan warna gelap pada hasil produksi semen.

Jumlah tonase MgO yang kurang dari 5 % menggunakan metode NNP yaitu 34.475.000 ton, sedangkan estimasi menggunakan metode IDS yaitu 34.950.000 ton. Karena metode IDS mengatakan bahwa semua kadar MgO kurang dari 5%. Berbeda dengan metode NNP yang menunjukkan ada beberapa kadar MgO yang lebih dari 5 %, yaitu sekitar 475.000 ton.



Gambar-7. Diagram Grafik Kadar-tonase *limestone* terhadap *cutoff grade* berdasarkan hasil estimasi (kadar MgO)

Penentuan cadangan limestone

Penentuan cadangan *limestone* berdasarkan simulasi *cutoff grade* yang ditentukan perusahaan yaitu kadar CaO >50% dan kadar MgO <5%. Berdasarkan perhitungan dan hasil estimasi cadangan menggunakan metode NNP didapat jumlah cadangan *limestone* sebesar 26.055.000 ton, sedangkan jumlah perhitungan dan hasil estimasi cadangan dengan metode IDS sebesar 28.275.000 ton. Jumlah tersebut didapat dari perhitungan sumberdaya terukur *limestone* yang kadar CaO-nya >50% dan kadar MgO <5%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil estimasi dengan metode NNP didapatkan nilai kadar CaO yg tinggi berada di sebelah utara, selatan, dan timur. Hasil estimasi kadar MgO nilai kadar yang relatif kecil berada di sebelah utara dan timur. Sedangkan hasil Estimasi menggunakan metode IDS kadar CaO tinggi tersebar merata pada sebelah barat, utara, dan selatan blok penambangan dan kadar CaO yang relatif rendah terdapat pada hampir seluruh blok penambangan. jumlah perhitungan sumberdaya menggunakan kedua metode sebesar 34.950.000 ton. Berdasarkan nilai *cutoff grade* kadar CaO >50% dan MgO <5% hasil perhitungan sumberdaya menggunakan metode NNP yaitu didapat cadangan *limestone* sebesar 26.055.000 ton dan hasil perhitungan sumberdaya menggunakan metode IDS didapatkan cadangan *limestone* sebesar 28.275.000 ton.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Annels, A. E. 1991. *Mineral Deposit Evaluation*: a practical approach. London: Chapman & Hall

[2] Anonim. 2011. *SNI Klasifikasi Sumberdaya Mineral dan Cadangan*. Jakarta.

[3] Alastair J. Sinclair. 2002. *Applied Mineral Inventory Estimation*. Cambridge University press. United Kingdom

[4] Nurhakim. 2008. *Draft Bahan Kuliah Metode Perhitungan Cadangan*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.

[5] PT. Indocement. 2013. Laporan Eksplorasi *Limestone*. Tarjun (Tidak Dipublikasikan).

[6] Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung : Alfabeta. Halaman 250, dan 257.