Kuantifikasi Ketidakpastian Kadar dan Model Geologi pada Estimasi Sumberdaya Mineral di Indonesia Melalui Teknik Simulasi Kondisional (Tahun ke-3)

Riset ITB, Peningkatan Kapasitas Dosen Muda

Tomy Alvin Rivai [1], Mohamad Nur Heriawan [1], Utriweni Mukhaiyar [2]
[1] Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan (FTTM)
[2] Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)

Abstrak

Studi ini bertujuan untuk menerapkan kuantifikasi ketidakpastian kadar dan model geologi pada estimasi sumberdaya mineral. Ketidakpastian dikuantifikasi dengan menggunakan teknik simulasi kondisional. Studi dilakukan dengan menggunakan data yang berasal dari sebuah endapan nikel laterit di Indonesia. Klasifikasi sumberdaya yang turut mempertimbangkan analisis risiko hasil simulasi kondisional dapat digunakan sebagai acuan untuk klasifikasi sumberdaya di endapan nikel laterit yang serupa.

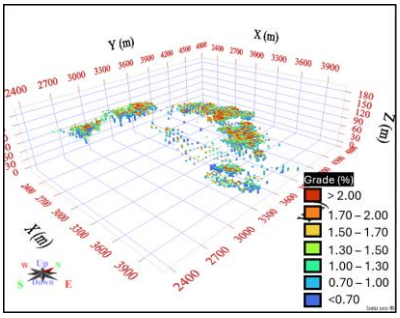
Keyword: Geostatistik, Tambang, Risiko, Nikel Laterit.

Pendahuluan

Ketidakakuratan estimasi merupakan salah satu faktor dominan penyebab ketidaktercapaian target di dalam industri pertambangan. Diperlukan pertimbangan aspek risiko kuantitatif di dalam estimasi dan klasifikasi sumberdaya. Kuantifikasi dapat dilakukan melalui simulasi kondisional.

Penelitian ini bertujuan untuk:
1. melalukan komparasi klasifikasi sumberdaya antara teknik simulasi kondisional dan pendekatan konvensional;
2. memberikan alternatif pendekatan kuantitatif di dalam klasifikasi sumberdaya melalui estimasi ketidakpastian kadar dan model geologi; dan
3. memperkenalkan teknik simulasi kondisional kepada industri pertambangan di Indonesia.

Untuk studi ini, kami menggunakan data pengeboran yang berasal dari sebuah endapan nikel laterit di Sulawesi Tenggara, Indonesia (Gambar 1).



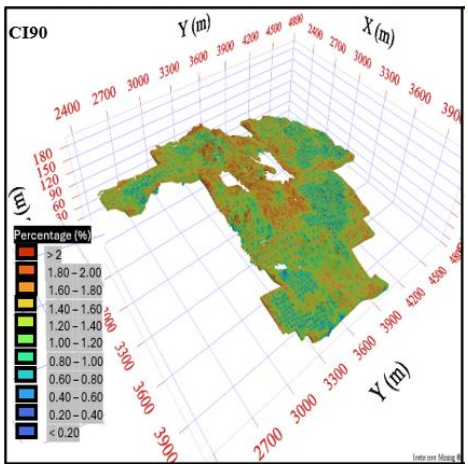
Gambar 1. Sebaran spasial data.

Metode

Metode yang diterapkan di dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:
- Pengumpulan dan validasi data.
- Preparasi data: domaining, compositing, statistik, dan variografi.
- 3D modeling: wireframing, block modelling.
- Estimasi dengan Ordinary Kriging (OK).
- Simulasi dengan Teknik Sequential Gaussian Simulation (SGS) untuk analisis ketidakpastian kadar.
- Kuantifikasi ketidakpastian dengan metrik RU90. Persamaan RU90 adalah sebagai berikut: (Q95-Q5)/(2 x Q50)

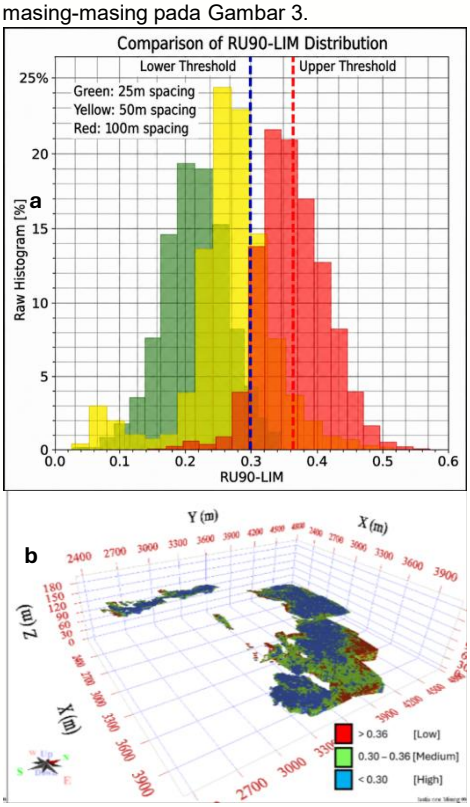
Hasil dan Diskusi

Hasil simulasi berupa 100 realisasi diolah secara statistik. Sebaran spasial selang kepercayaan 90% ditunjukkan pada Gambar 2.



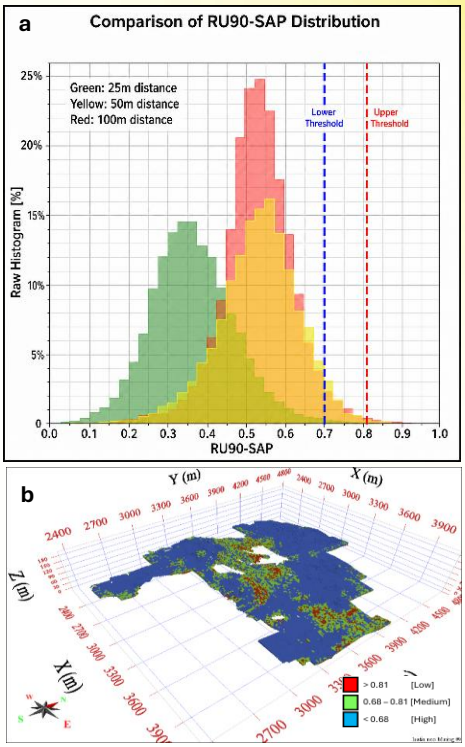
Gambar 2. Distribusi spasial selang kepercayaan 90% pada bijih limonit.

Selang kepercayaan tersebut selanjutnya dibagi dengan dua kali median untuk menghasilkan RU90. Nilai RU90 dibagi berdasarkan area spasi bor: 25 m, 50 m, dan 100 m. Area spasi bor tersebut akan dikonversikan menjadi area dengan keyakinan tinggi (25 m), sedang (50 m), dan rendah (100 m). Berdasarkan P95 setiap area spasi bor, pada domain limonit keyakinan tinggi memiliki kriteria RU90 < 0.30, keyakinan menengah RU 0.30-0.36, dan keyakinan rendah memiliki kriteria RU > 0.36. Distribusi statistik dan sebaran spasial RU90 domain limonit ditunjukkan masing-masing pada Gambar 3.



Gambar 3. (a) Distribusi statistik RU90 dan (b) sebaran spasial RU90 pada domain limonit.

Pada domain saprolit, keyakinan tinggi memiliki kriteria RU90 < 0.68, keyakinan menengah RU 0.68-0.81, dan keyakinan rendah memiliki kriteria RU > 0.81. Distribusi statistik dan sebaran spasial RU90 domain saprolit ditunjukkan masing-masing pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Distribusi statistik RU90 dan (b) sebaran spasial RU90 pada domain saprolit.

Untuk area yang dikaji, competent person sumberdaya menggunakan spasi bor 25 sebagai kriteria sumberdaya terukur, spasi bor 50 sebagai kriteria sumberdaya tertunjuk, dan spasi bor 100 sebagai kriteria sumberdaya tereka. Hasil kuantifikasi Risiko yang berupa RU90 dapat digunakan sebagai alternatif acuan untuk klasifikasi sumberdaya di endapan nikel laterit dengan karakteristik serupa sehingga jumlah titik bor dapat dioptimalkan.

Kesimpulan

Simulasi kondisional merupakan sebuah pendekatan kuantitatif yang dapat digunakan untuk menilai risiko yang terkandung di dalam sebuah model yang dihasilkan dari proses estimasi sumberdaya. Hasil penilaian risiko dapat diintegrasikan dengan klasifikasi sumberdaya yang digunakan di industri pertambangan sehingga dapat membantu pelaku pertambangan di dalam memitigasi risiko akibat ketidakpastian.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh DRI ITB melalui program Riset ITB 2026. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Unit Geomin ANTAM yang telah menjadi partner penelitian ini.