

Pengolahan Foto Udara untuk Simulasi Permodelan Hidrologi Tambang

Ahmad Ali Syafi'i¹

¹ Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Lambung Mangkurat

✉ ali.syafii@ulm.ac.id

Analisis hidrologi di PT XYZ memegang peranan penting terutama dalam menentukan kondisi pit. Tantangan bisnis dalam industri pertambangan salah satunya ditentukan oleh optimasi permodelan hidrologi yang akan memengaruhi rekayasa keteknikan, keamanan lingkungan kerja, konstruksi, produksi, dan lingkungan. Akusisi foto udara menggunakan drone/UAV (*unmanned aerial vehicle*) menghasilkan citra foto yang dapat diekstraksi menjadi Digital Elevation Model (DEM) berupa data kontur dari kondisi faktual perusahaan tambang di PT XYZ. Menggunakan software pengolahan citra foto udara, AGISOFT dan software pengolahan data geospasial, ArcGIS Pro, selanjutnya dilakukan upaya pengolahan data yang akan menghasilkan 3D model pit tambang PT XYZ, DEM, arah aliran air dan akumulasi aliran air. Analisis dilakukan dengan menggunakan tools hidrologi ArcGIS, *flow direction* dan *flow accumulation*. Hasil analisis dari pengolahan data menghasilkan peta topografi, arah aliran air dari tempat tinggi ke tempat yang rendah dan akumulasi aliran air tambang berdasarkan elevasi. Permodelan hidrologi di perusahaan tambang ini menghasilkan dua arah aliran air yang utama, yaitu di sisi Timur dan Tenggara pit tambang PT XYZ.

Kata kunci: DEM, foto udara, permodelan hidrologi, tambang

Diajukan: 18 Agustus 2022

Direvisi: 12 September 2022

Diterima: 12 Desember 2022

Dipublikasikan online: 13 Desember 2022

Pendahuluan

Penginderaan jauh merupakan suatu sistem untuk memperoleh data yang lebih luas tanpa kontak langsung dengan objeknya. Penginderaan jauh memiliki kemampuan merekam permukaan bumi area yang luas dalam satu waktu perekaman. Deteksi objek penginderaan jauh untuk menentukan apakah citra udara atau satelit tertentu mengandung satu atau lebih objek yang termasuk dalam kelas yang diminati dan mencari posisi setiap objek yang diprediksi dalam gambar. Istilah 'objek' yang digunakan dalam survei ini mengacu pada bentuk umumnya, termasuk objek buatan manusia (misalnya kendaraan, kapal, bangunan, dan lain-lain) yang memiliki batas yang tajam dan lingkungan independen, serta objek lansekap, seperti penggunaan lahan/tutupan lahan yang memiliki batas-batas tidak jelas dan merupakan bagian dari lingkungan (Cheng dan Han, 2016).

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah satuan sistem yang melibatkan informasi geografis untuk menjawab pertanyaan dan menentukan keputusan melalui analisis data, mengidentifikasi pola, dan mengevaluasi tren (Diatmiko, 2022). SIG mengintegrasikan *hardware*, *software*, *data*, *user*, dan *workflows* menjadi satu kesatuan paket yang komprehensif. Sedangkan menurut Kertawidana

(2019), SIG adalah suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis.

Masyarakat luas mulai mengenal teknologi *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* atau pesawat tanpa awak, umumnya dikenal dengan drone merupakan teknologi terbaru yang melengkapi dan mendukung dalam aktivitas pemetaan dan pemotretan udara. UAV secara intensif terus dikembangkan oleh para ilmuwan, peneliti, dan praktisi baik nasional maupun internasional untuk aplikasi pemetaan. UAV dipilih sebagai alternatif teknologi akusisi data inderaja dan spasial dengan alasan relatif lebih murah dan efisien. Selama satu dekade terakhir, UAV lazim digunakan di pasar komersial karena beragam kemampuan dan aplikatif di berbagai bidang (Stewart, 2021).

Salah satu kegiatan pit PT XYZ yaitu monitoring lokasi tambang menggunakan survey udara menggunakan drone. Monitoring dilakukan untuk pengawasan terhadap topografi lokasi tambang dan evaluasi aliran air permukaan (*run-off*) di pit tambang (Padro dkk., 2022). *Run-off* didefinisikan sebagai aliran air hujan dalam skala kecil (mm), yang tidak disusupi

Cara mensitasi artikel ini:

Syafi'i, A.A. (2022) Pengolahan Foto Udara untuk Simulasi Permodelan Hidrologi Tambang. *Buletin Profesi Insinyur* 5(2) 095-100



oleh permukaan tanah (curah hujan berlebih), dan merupakan fenomena yang kompleks dengan arah aliran yang tepat, debit satuan (debit per satuan lebar aliran), dan kedalaman sangat bervariasi di seluruh permukaan (Jaafar dkk., 2014).

Permodelan hidrologi dibutuhkan PT XYZ untuk menentukan titik lokasi daerah tangkapan air (*watershed*). Penelitian ini menggunakan foto udara drone PT XYZ, bertujuan untuk mengolah dan memproses data DEM sehingga dapat dianalisis dan disimulasikan arah aliran dan akumulasi air permukaan (*run-off*) di pit tambang. Artikel ini lebih menekankan pada proses analisis dan penggunaan foto udara untuk simulasi permodelan hidrologi khususnya pada kasus yang dipilih yaitu pit suatu perusahaan. Sehingga, nama perusahaan tidak ditampilkan secara terbuka.

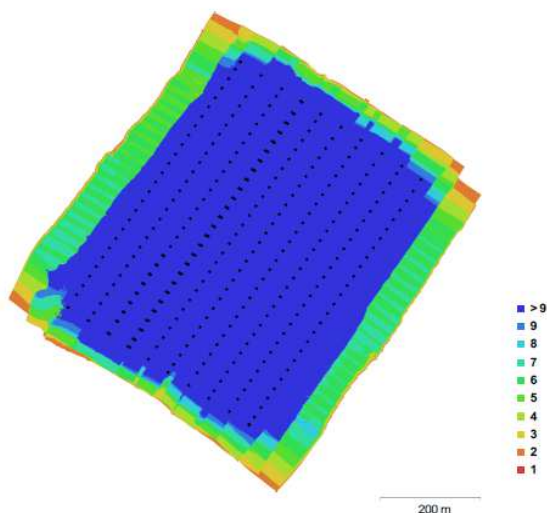
Metode

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah pengambilan foto udara langsung di lapangan dengan menggunakan pesawat nirawak yaitu drone jenis DJI 4 Phantom Pro. Jumlah foto udara yang diakusisi adalah sebanyak 309 foto, overlapping foto udara sebesar 80% dan tinggi terbang 120 meter. *Ground resolution* yang dihasilkan sebesar 3.75 cm/pixel (Gambar 1).

Number of images:	309	Camera stations:	309
Flying altitude:	172 m	Tie points:	169,653
Ground resolution:	3.75 cm/pix	Projections:	994,202
Coverage area:	0.506 km ²	Reprojection error:	2.4 pix

Gambar 1 Processing Report dari Agisoft Metashape

Software Agisoft Metashape digunakan mengolah foto udara untuk proses ortomosaik foto dan membangun DEM. Pengolahan data spasial didukung software ArcGIS Pro dari ESRI. Akusisi foto udara di PT XYZ tidak menggunakan titik ikat atau *ground control point* (GCP).



Gambar 2 Lokasi Kamera dan Image Overlap

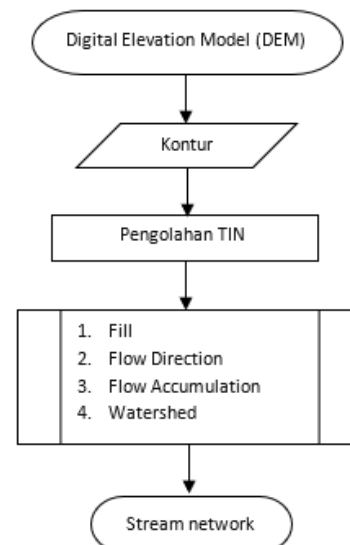
Hasil dan Pembahasan

Pengolahan Foto Udara, Ortomosaik dan DEM

Berikut merupakan alur kerja pengolahan foto udara yang dilakukan menggunakan *software* Agisoft

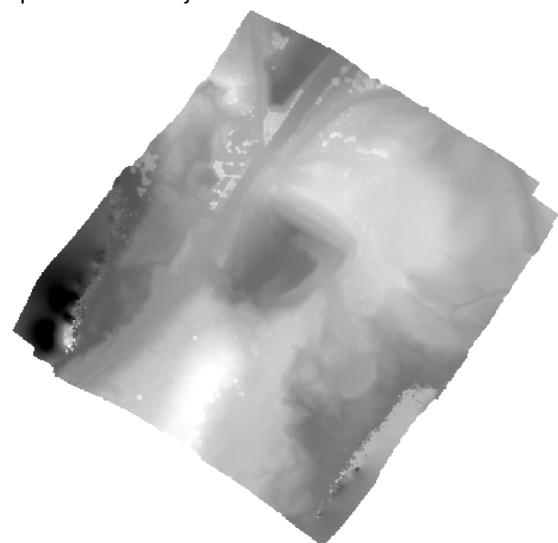
Metashape (Gambar 3). Langkah–langkah tersebut antara lain:

1. Menambahkan foto drone hasil terbang ke dalam *software* (*add photos*).



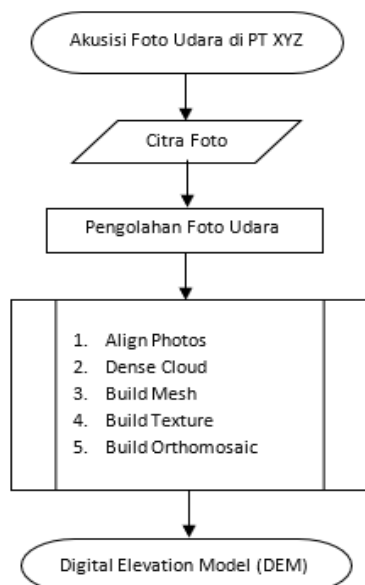
Gambar 3 Diagram Alir Akusisi dan Pengolahan Foto Udara

2. *Align photos*, yaitu membuat *matching point* dari 2 atau lebih foto. Pada tahap ini dapat dihasilkan model 3D awal.
3. *Dense cloud*, merupakan tahap menghasilkan kumpulan titik elevasi dengan jumlah yang banyak melalui pengolahan foto udara.
4. Membangun *mesh*, merupakan tahap membangun model 3D dari foto udara. Hasil dari *mesh* digunakan lebih lanjut untuk proses ortofoto.
5. Membangun *texture*, merupakan tahap pembentukan model fisik secara 3D dari morfologi yang ada di tangkapan foto udara.
6. Membangun ortomosaik, ortofoto merupakan koreksi kesalahan geometrik foto udara menggunakan data DEM dan dimanfaatkan untuk proses lebih lanjut.



Gambar 4 Digital Elevation Model (DEM) PT XYZ

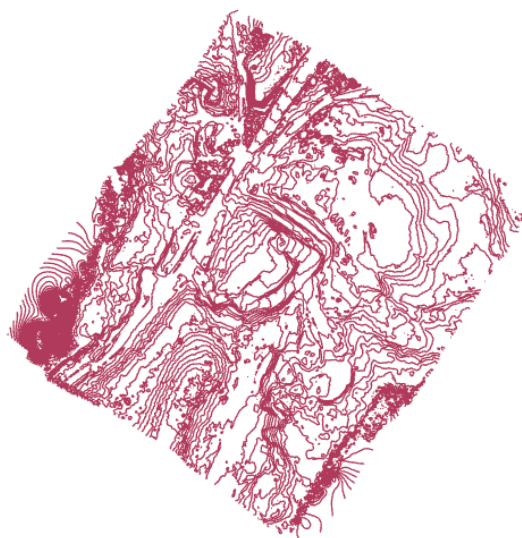
7. Membangun *Digital Elevation Model* (DEM) (Gambar 4), merupakan model medan digital berformat Raster. Data DEM memiliki informasi elevasi hingga mampu memodelkan *cut and fill*.



Gambar 5 Diagram Alir Permodelan Hidrologi menggunakan ArcGIS Pro

Permodelan Hidrologi Tambang

Simulasi permodelan hidrologi dilakukan dengan konsep SIG menggunakan software, *tools Geoprocessing*, dan *model builder* ArcGIS Pro, dengan prinsip yaitu pemanfaatan teknologi geospasial. Data yang digunakan adalah data Raster berupa DEM ekstraksi akusisi foto udara. Proses permodelan digambarkan dalam diagram alir seperti terlihat pada Gambar 5.



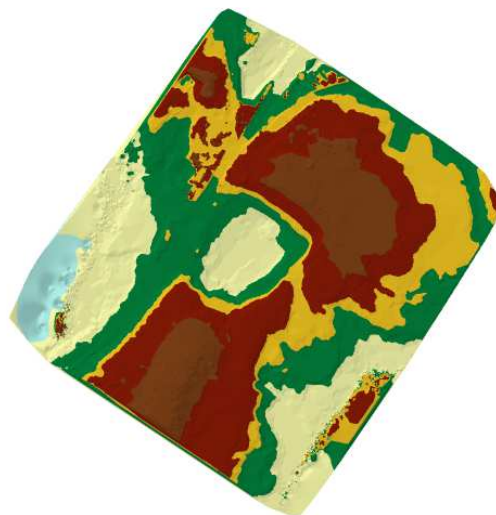
Gambar 6 Kontur pit tambang PT XYZ

Langkah–langkah tersebut didetilkkan dengan penjelasan berikut:

Membangun kontur dari DEM hasil foto udara dengan resolusi DEM 30 cm/pixel seperti terlihat pada Gambar

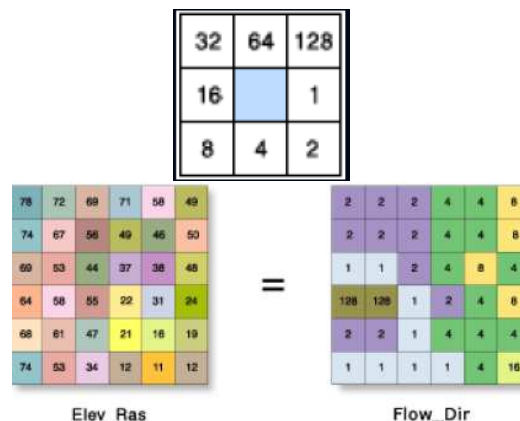
6. Kualitas DEM dilihat dari tingkat akurasi elevasi tiap pixel (keakuratan absolut) dan tingkat akurasi morfologi yang ditampilkan serta ketinggian terbang dari drone (keakuratan penentuan kualitas DEM).

1. Merepresentasikan morfologi permukaan dari nilai elevasi dengan membangun TIN (*Triangular Irregular Network*) (Gambar 7). Input parameter yaitu sistem koordinat UTM zona 50S dan input *feature* secara *optional* yang digunakan untuk mendefinisikan bentuk permukaan TIN adalah *mass point* (Hammed dkk., 2021).



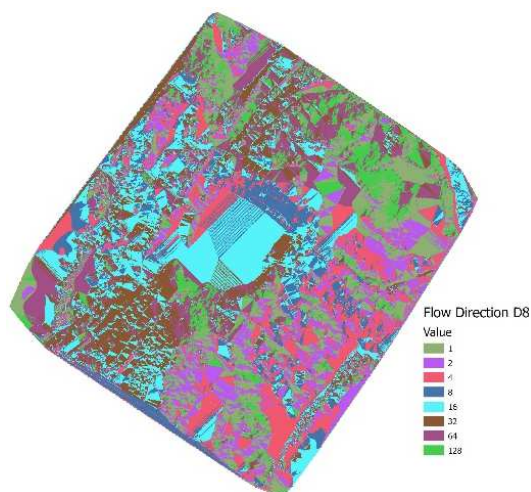
Gambar 7 TIN Mass Point

2. TIN dibangun menjadi data Raster. Input parameter yaitu tipe luaran data *floating point*, metode yang digunakan linier, jarak *sampling* menggunakan *cell size* dengan *sampling* value 1 dan Z factor 1.
3. Membangun *fill*, untuk mengeliminasi data dari permukaan raster yang tidak sempurna. *Fill* berfungsi untuk menutup cekungan/kubangan di bawah nilai elevasi 0.
4. Membangun *flow direction* untuk mengetahui arah aliran air setiap piksel (*cell*) dari titik tertinggi ke titik terendah. Parameter *flow direction type* yang digunakan adalah D8 (Gambar 8). D8 menggunakan lereng paling curam dari area sekitarnya (Gambar 9).



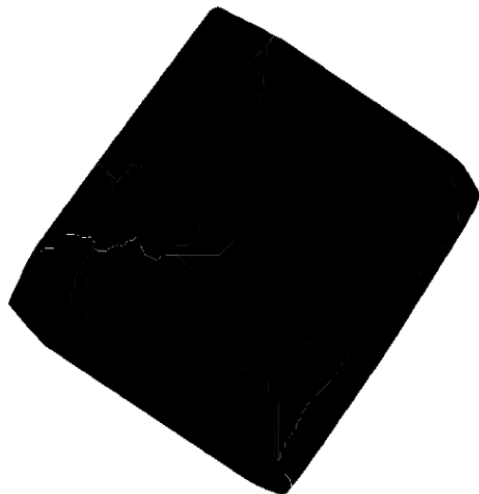
Gambar 8 D8 direction modelling algoritm, nilai elevasi dan hasil *flow direction*

Urutan konektivitas dirancang untuk menghitung aliran dari satu sel ke sel lainnya. Jadi, dalam setiap langkah waktu, aliran permukaan dihitung untuk setiap sel; aliran keluar dari satu sel menjadi masuk ke sel hilir berikutnya (Jaafar, 2014).



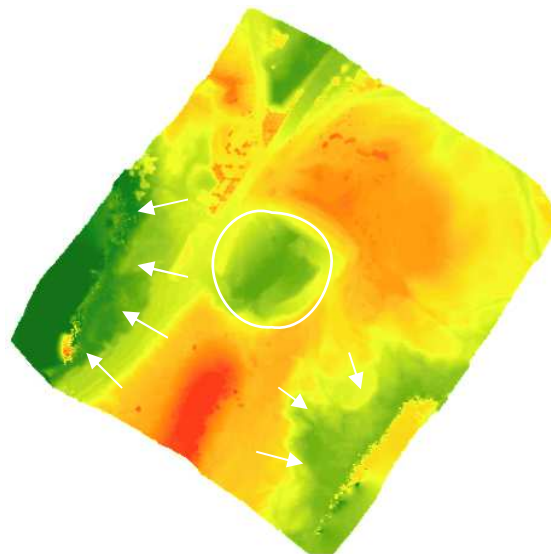
Gambar 9 Flow Direction dengan Parameter D8

5. Membangun *flow accumulation*, untuk membuat visualisasi jaringan air (*stream network*) dengan menghitung akumulasi jumlah piksel dengan elevasi lebih tinggi (*upslope cell*) yang masuk ke pit tambang. Hasil akumulasi aliran dapat dilihat pada garis benang berwarna putih pada visual Gambar 10.



Gambar 10 Akumulasi Aliran Air

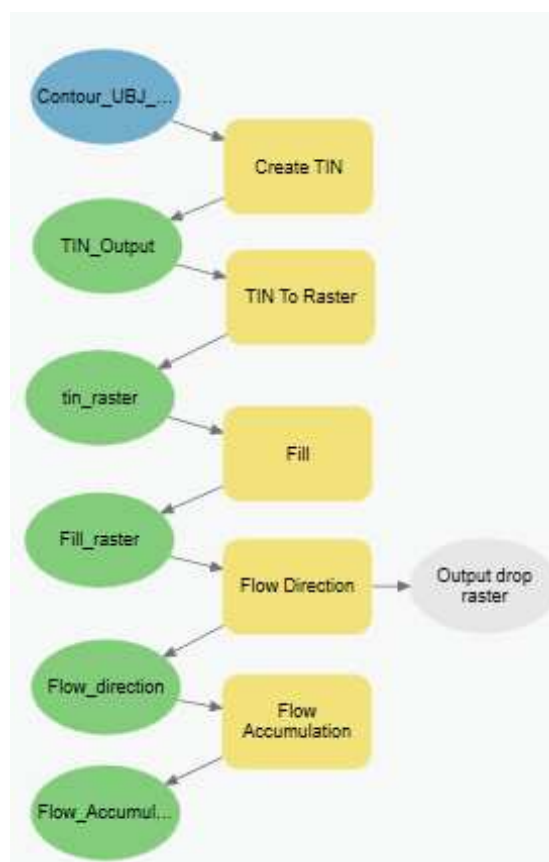
6. Membangun *watershed* untuk delineasi daerah tangkapan air (Gambar 11). *Watershed* ditunjukkan dengan indeks warna hijau (ditunjukkan dengan panah), merupakan elevasi yang lebih rendah dibandingkan dengan indeks warna kuning yang elevasinya lebih tinggi sebagai muka kerja tambang. Dibangunnya *watershed* ini bermanfaat dalam *maintenance* muka kerja tambang (lingkaran putih) yang berpotensi menjadi genangan dan limpasan air saat kondisi hujan pada pit tambang.



Gambar 11 Daerah Tangkapan Air

Model Builder

Setiap menggunakan *tools geoprocessing* ArcGIS Pro, history dari penggunaan *tools* dapat dijadikan *model builder*. *Model Builder* berguna dan dapat digunakan kembali dengan studi kasus permodelan hidrologi di lokasi lain namun dengan parameter yang sama. (Hidayat dan Andajani, 2018). Gambar 12 merupakan *model builder* dari membangun *flow accumulation*.



Gambar 12 Model Builder Permodelan Hidrologi

Pembahasan

Report pengolahan foto udara menggunakan Agisoft Metashape menghasilkan resolusi permukaan sebesar 3.75 cm/pixel sesuai dengan ketinggian terbang drone dan jumlah foto udara saat akuisisi foto udara.

Simulasi permodelan hidrologi untuk area tambang PT XYZ menggunakan *model builder* memudahkan dalam membangun dan menganalisa zona tangkapan air secara sederhana dengan memperhitungkan elevasi dan kontur wilayah melalui topografi/geomorfologi dan kontur pit tambang (Alzakki dan Tsviatkou, 2015). Hasil simulasi ini sangat membantu *mineplan engineer* dalam menentukan atau memprediksi aliran air dan membuat daerah tangkapan air kemajuan tambang.

Foto udara drone yang diolah menggunakan Agisoft Metashape memiliki hasil bias atau kekurangan berupa bagian kosong di utara ortomosaik foto. Hal ini kemungkinan besar saat dilakukan misi terbang drone, *overlapping* foto udara tidak dalam kondisi yang baik. Ini berpengaruh saat membangun DEM dan peta topografi. Namun, *overlapping* ini mampu ditanggulangi dengan meningkatkan persentase *sidelap* maupun *overlap* akuisisi foto udara sehingga bias dapat diatasi dengan baik.

Kekurangan lain yang didapatkan yaitu simulasi pembuatan daerah tangkapan air di lokasi tambang. Terdapat 2 lokasi yang tidak sesuai yaitu utara pit dengan elevasi yang tinggi namun simulasi menunjukkan sebaliknya, dan lokasi sebelah Tenggara-Selatan pit dengan elevasi rendah namun tidak menunjukkan daerah tangkapan air. Hal ini dipengaruhi oleh faktor DEM yang tidak sempurna ketika dibangun. Hal ini tidak berpengaruh secara signifikan terhadap hasil akhir permodelan. Topografi dari DEM masih dapat diperbaiki dengan mengatur interval kontur area pit tambang PT XYZ dan menyesuaikan dengan kondisi nyata di lapangan. *Boundary* hitam pada ortomosaik foto udara (Gambar 13) menunjukkan muka kerja utama tambang di pit PT XYZ.



Gambar 13 Ortomosaik Foto Udara

Simulasi permodelan hidrologi yang baik ditunjukkan oleh *flow accumulation* atau visualisasi akumulasi aliran air yang terbentuk di sebelah Timur

dan Tenggara-Selatan pit tambang. Permodelan ini berguna untuk rekayasa jalur air/ *water pathway* dari elevasi tinggi menuju elevasi rendah di lokasi tambang (Gambar 14) (Leninisha dan Vani, 2015).



Gambar 14 Stream Network dari hasil permodelan

Kesimpulan

Beberapa kesimpulan dari penelitian ini, antara lain:

1. Hasil *ground resolution* akuisisi foto udara sebesar 3.75 cm/pixel memengaruhi resolusi DEM dalam membangun kontur, dimana DEM beresolusi 30 cm/pixel.
2. Permodelan hidrologi menggunakan ArcGIS menjadi lebih powerfull dengan menggunakan *model builder*. Dengan *model builder* yang sama, dapat diaplikasikan ke area tambang yang berbeda untuk permodelan hidrologi.
3. Simulasi permodelan hidrologi menghasilkan visualisasi akumulasi aliran air di sisi Timur dan Tenggara-Selatan pit PT XYZ.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Studio Permodelan dan Perencanaan Tambang Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini.

Referensi

- Alzakki, H.M., Tsviatkou, V.Y. (2015) Contour processing of texture Images. *Proceedings of Second Engineering Scientific Conference*, University of Diyala, Diyala, Iraq. pp. 40053-461.
- Cheng, G. and Han, J. (2016) A survey on object detection in optical remote sensing images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 117, pp. 12-28. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2016.03.014.
- Diatmiko, E. B. (2022) Mining Hydrological Modelling. Jakarta, 10 – 11 Februari. Jakarta: ESRI Indonesia
- Hammed, H.M., Almiahi, O.M.H.A., Shauchuk, O. (2021) Detection of Anthropogenic Objects Based On the

- Spatial Characteristics of Their Contour in Aerial Image. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. Vol. 23, No. 1, July 2021, pp. 206-215.
- Hidayat, D.P.A., Andajani, S. (2018) Development Land Erosion Model Using Model Builder GIS (Case Study: Citepus Watershed). MATEC Web of Conferences. Sibe 2017
- Jaafar, J., Isa, A.B., Tahir, W., Ismail, F. (2014) A GIS and Excel-Based Program to Calculate Flow Accumulation From the Data of Land Use. DOI: 10.1007/978-981-287-365-1_12
- Leninisha, S. and Vani, K. (2015) Water Flow Based Geometric Active Deformable Model for Road Network. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 102(2). pp. 140-147.
doi: 10.1016/j.isprsjprs.2015.01.013.
- Kertawidana, IDK., (2019) Buku Sistem Informasi Geografis. Penerbit: CV Makmur Cahaya Ilmu. Jakarta.
- Padro, J.C., Cardozo, J., Montero, P., et al. (2022) Drone-Based Identification of Erosive Processes in Open-Pit Mining Restored Areas. Land. Vol. 11(2), No. 212. <https://doi.org/10.3390/land11020212>.
- Stewart, M.P. and Martin, S.T., (2020) Atmospheric Chemical Sensing by Unmanned Aerial Vehicles. Barrera, N (ed) Nova Sciences Publisher, Inc. Chapter: 2.