

Analisis dan Visualisasi Perubahan Sedimentasi Area Sump Pertambangan menggunakan Online Operation Dashboard

Aulia Dwi Rachmawati¹, Ruli Andaru²

¹) Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia

²) Staff Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia

Corresponding Author: Aulia Dwi Rachmawati (Email: auliadwr0301@mail.ugm.ac.id)

Abstract

One of PT BUMA's sumps, Angsana Besar, requires continuous sediment monitoring due to ongoing siltation throughout 2022. This siltation is caused by increased rainfall compared to the previous year. This research purposes to analyze and visualize the change of sediment interactively, focusing on the volume and rate of sedimentation, and statistically correlate it with rainfall. The visualization of sediment in this study is done dynamically through the ArcGIS Online operation dashboard, while the correlation analysis with rainfall is done using statistical tests. The primary data used consisted of reduced depth points referenced to the instantaneous water surface depth datum and tied to the local height reference system of the mining area in February, March, May, July, August, October and December 2022. The depth data was then processed into a Digital Terrain Model (DTM). Supporting data for this study include rainfall data and pit X dewatering data from PT BUMA. The results of the sedimentation study of the Angsana Besar pit throughout 2022 showed a change in topography, particularly a continuous increase in elevation at the bottom of the sump in each period. This indicates the addition of sediment, which is indicated by the increasing elevation interval and the calculated cut-fill volume. Based on these calculations, the sediment accumulation rate for 2022 was determined to be 225.487 m³/month. Sedimentation showed a correlation coefficient of 0,817 with rainfall, indicating a very positive relationship between rainfall and sedimentation. The final result of this research is an online operational dashboard designed for visualization and reporting purposes, which includes sedimentation development data in the Angsana Besar sump.

Keywords: Bathymetry, Digital Terrain Model, Mining, Sedimentation, Rainfall, Online Dashboard

1. Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara kaya akan sumber daya alam yang sangat melimpah, salah satu diantaranya adalah sumber daya batubara. Penyebaran endapan batubara di Indonesia cukup luas di bagian

barat maupun timur. Akibat dari penyebaran endapan yang cukup luas ini, muncul banyak kegiatan pertambangan di Indonesia. Salah satunya adalah PT. Bukit Makmur Mandiri Utama. PT. Bukit Makmur Mandiri Utama merupakan kontraktor penambangan

batubara terbesar kedua di Indonesia yang menerapkan sistem pertambangan berupa metode *open pit*. Kegiatan *open pit* dilakukan di permukaan bumi dengan tempat kerja yang berhubungan langsung dengan udara luar sehingga menghasilkan daerah bukaan tambang. Daerah bukaan tambang tersebut akan menimbulkan permasalahan selama kegiatan penambangan berlangsung, seperti menghadapi kendala air (Endriantho dan Ramli, 2013). Air yang masuk ke dalam lokasi penambangan dapat mengganggu aktivitas dan menghambat produktivitas alat. Oleh sebab itu, aktivitas di pertambangan terbuka sangat dipengaruhi oleh curah hujan karena menyangkut efektifitas kerja.

Curah hujan juga dapat menjadi salah satu faktor utama yang mempengaruhi laju erosi di area *low wall* pit PT Bukit Makmur Mandiri Utama. Area *low wall* tersebut memiliki material berupa pasir yang sifatnya halus dan ringan, dimana ketika terjadi hujan maka air atau aliran membawa material sedimen yang diendapkan ke dalam kolam penampungan. Oleh sebab itu, penambangan terbuka perlu adanya sump. Penggunaan *sump* bertujuan untuk tempat penampungan air yang memasuki area *pit* mulai dari air hujan, air limpasan, hingga air tanah dan juga tempat proses sedimentasi. Material sedimen mengalami pengendapan pada dasar dan tepi *sump*, sehingga dapat mengganggu kapasitas penampungan air. Dengan kata lain, curah hujan juga mempengaruhi sedimentasi di area pertambangan. Hal ini ditandai dengan curah hujan besar dan intens yang dapat menyebabkan laju erosi yang tinggi, sehingga hasil material sedimen menjadi tinggi dan terbawa aliran menuju ke area *sump*. Pernyataan ini dikuatkan oleh Liu, dkk (2018) dan Yan, dkk (2018), dimana disebutkan bahwa erosititas curah hujan berkaitan erat dengan muatan sedimen.

Kendala mengenai air dan sedimentasi dapat diatasi dengan sistem pengelolaan dan pemantauan sump. Pengelolaan dan pemantauan sump dalam penambangan terbuka dapat dilakukan melalui pemantauan perubahan kapasitas penampungan air, tingkat sedimentasi, dan kinerja pompa. Fokus yang sangat penting dalam

pemantauan sump yaitu pada penumpukan sedimen. Penumpukan sedimen yang terjadi terus menerus tanpa adanya dilakukan tindakan menyebabkan pendangkalan dan pengurangan kapasitas tampungan air di dalam sump, sehingga nantinya dapat menyebabkan banjir dan mengganggu aktivitas pertambangan (Azmeri, 2020).

Permasalahan mengenai pendangkalan sump telah dialami oleh salah satu sump PT Bukit Makmur Mandiri Utama bernama Angsana Besar. *Sump* tersebut mengalami pendangkalan ditanda dengan kenaikan lumpur yang hampir mengisi penuh kolam penampungan sepanjang tahun 2022. Kenaikan lumpur tersebut diperkirakan akibat dari curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan tahun sebelumnya. Permasalahan antara kenaikan curah hujan dengan kenaikan lumpur pada *sump* Angsana Besar perlu ditinjau lebih dalam dengan melihat seberapa besar hubungan antara keduanya. Hubungan curah hujan terhadap volume sedimen dapat dilakukan secara statistik dengan koefisien korelasi (Sayekti, 2017). Selain itu juga perlu upaya pada sump tersebut dengan cara memvisualisasikan penumpukan dan volume sedimen dengan melakukan visualisasi topografi dasar perairan. Topografi perairan dapat divisualisasikan dengan alat berupa *echosounder* dengan data acuan berupa data kedalaman (Khomsin dkk., 2023). Penggabungan data survei batimetri dengan sistem GIS memberikan visualisasi kedalaman sehingga dapat dilakukan perkiraan volume sedimen yang terendapkan di dalamnya (Endalew dan Mulu, 2023). Perkiraan volume sedimentasi menggunakan data pengukuran batimetri dapat dilakukan melalui perhitungan perbedaan volume antar epok pengukuran yang diasumsikan sebagai volume sedimen (Wulandari dan Cahyono, 2020)

Hasil visualisasi topografi dasar perairan dapat dijadikan sebagai pelaporan *progress* kemajuan topografi kepada pihak pemilik perusahaan pertambangan sebagai bentuk pertanggungjawaban. Visualisasi tersebut dapat bersifat statis dan dinamis.

Visualisasi statis melalui peta konvensional 2D memiliki keterbatasan berupa data yang disajikan tidak dapat ditampilkan secara interaktif dan informasi yang diberikan terbatas. Industri pertambangan masih banyak yang menerapkan visualisasi *progress* kemajuan topografi menggunakan peta statis. Dalam menghadapi keterbatasan tersebut, maka visualisasi dapat dilakukan secara dinamis menggunakan konsep web GIS *dashboard* dengan menggabungkan peta interaktif, teknologi web, GIS (*Geographic Information System*) dan *dashboard online*. Berkembangnya teknologi telah membuat representasi data geospasial mengalami perubahan karena adanya peran internet sebagai media utama persebarannya (Çöltekin dkk., 2018).

Susanta dan Aditya, (2020) melakukan visualisasi data spasial dengan menggunakan ArcGIS Online dengan *operation dashboard*. Hasil dari perkembangan visualisasi tersebut telah mengubah cara orang berinteraksi dengan informasi geografis, dimana web GIS dapat lebih informatif dan mudah diakses. Keseluruhan tampilan dalam *online operation dashboard* saling terhubung satu sama lain sehingga *dashboard* ini dapat menjadi pilihan untuk pengambilan kebijakan hal memonitor dan mengevaluasi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis dan visualisasi sedimentasi berdasarkan data pengukuran batimetri pada bulan Februari, Maret, Mei, Juli, Agustus, Oktober, dan Desember tahun 2022 yang nantinya dapat diketahui perubahan sedimentasi di tiap bulan. Perubahan sedimentasi pada tiap bulan tersebut dilakukan pengukuran statistik dengan menggunakan koefisien korelasi untuk melihat hubungan perubahan sedimentasi dengan curah hujan di area *pit*. Penelitian ini juga melakukan visualisasi perubahan sedimen sebagai bentuk kemajuan situasi pertambangan dengan menggunakan *online operation dashboard* yang memudahkan pihak *mine plan* dalam memvisualisasikan serta melaporkan kepada pihak pemilih pertambangan.

2. Data dan Metode

2.1. Data dan Lokasi

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data spasial dan non-spasial. Data spasial terdapat 4 data yang terdiri dari data pengukuran batimetri *sump* pada bulan Februari, Maret, Mei, Juli, Agustus, Oktober, dan Desember tahun 2022, data *boundary progress* lumpur Angsana Besar pada bulan Februari, Maret, Mei, Juli, Agustus, Oktober, dan Desember tahun 2022, data kontur awal pembangunan *sump* Angsana Besar, dan data foto udara area *sump* Angsana Besar pada bulan Maret 2023. Data non-spasial yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data curah hujan harian pit X PT Bukit Makmur Mandiri Utama dan data *dewatering sump* Angsana Besar sepanjang tahun 2022. Data batimetri yang digunakan tidak berupa bulanan karena pengukuran batimetri pada *sump* Angsana Besar disesuaikan dengan *sequence* kemajuan pertambangan area *bottom* dari *mineplan*. Data spasial yang didapatkan berupa data sekunder dari Departemen *Engineering* PT Bukit Makmur Mandiri Utama. Data utama pada kegiatan ini berupa data kedalaman tereduksi dengan muka air sesaat yang direferensikan dengan sistem referensi sistem ketinggian lokal di area pertambangan.

Lokasi penelitian ini berada di salah satu *sump* pit X PT Bukit Makmur Mandiri Utama bernama *sump* Angsana Besar. *Sump* tersebut berada di *bottom area*, dimana menjadi salah satu *main sump* pada pit X. Lokasi tersebut dipilih dengan pertimbangan bahwa terdapat pendangkalan sehingga perlu dilakukan penelitian sedimentasi pada *sump* tersebut. Visualisasi area *sump* disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2. Metodologi



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Gambar 2 menunjukkan diagram alir kegiatan penelitian yang dimulai dari persiapan, pengumpulan data, dan pengolahan data. Persiapan terdiri dari identifikasi masalah dan studi literatur. Persiapan pertama berupa identifikasi permasalahan.

Identifikasi masalah digunakan sebagai dasar penelitian. Studi literatur digunakan dalam upaya menggali berbagai sumber informasi yang telah ada, termasuk buku, artikel ilmiah, dan sumber-sumber lainnya yang relevan dengan topik penelitian yang sedang dijalankan. Tahap kedua berupa pengumpulan data yang terdiri dari data spasial dan non-spasial yang dijelaskan pada poin 2.1. Tahapan berikutnya berupa pengolahan data pada penelitian ini terdiri dari:

2.2.1. Analisis Numeris dan Visual DTM Sump Angsana Besar

Analisis visual dan numerik DTM sump Angsana Besar dilakukan untuk mengetahui perubahan topografi dasar dari sump yang diidentifikasi sebagai hasil sedimentasi. Analisis visual dilakukan melalui DTM hasil pengukuran batimetri sepanjang tahun 2022, sedangkan analisis numerik dilakukan melalui perhitungan volume lumpur dan laju pertambahan sedimen pada sump Angsana Besar sepanjang tahun 2022.

Analisis visual diawali dengan proses pembentukan DTM menggunakan data titik kedalaman tereduksi bersama boundary progress lumpur sepanjang bulan pengukuran batimetri tahun 2022. Pembentukan DTM dilakukan dengan tools *3D analyst* bernama *create Triangular Irregular Networks (TIN)* di perangkat lunak ArcGIS Pro. Struktur data TIN melakukan simulasi permukaan topografi dengan jaringan segitiga yang tidak bersilang dan tumpah tindih. Representasi suatu topografi menggunakan struktur data ini membutuhkan minimal tiga buah sampling agar terbentuk suatu segitiga TIN memiliki keuntungan seperti perhitungan berbagai fitur titik topografi dalam merepresentasikan permukaan topografi (Zhou, 2017). TIN dikonversi menjadi data raster untuk perhitungan volume menggunakan *tools 3D analyst yaitu convert TIN to raster*; sehingga terbentuk DTM Angsana Besar sepanjang bulan pengukuran di tahun 2022. Nilai ketinggian dalam DTM sump Angsana Besar sepanjang bulan pengukuran tahun 2022 diwakili oleh suatu nilai piksel yang mempunyai ketinggian.

Proses selanjutnya yaitu analisis numerik dengan melakukan perhitungan volume dan laju pertambahan sedimen. Perhitungan volume terdiri dari volume lumpur dan penambahan sedimen. Perhitungan ini akan menghasilkan besaran volume lumpur masing-masing bulan pengukuran batimetri di sepanjang tahun 2022. Data yang digunakan yaitu DTM dari data kontur awal pembangunan sump Angsana Besar dan DTM batimetri sepanjang

bulan pengukuran tahun 2022 menggunakan *tools cut fill* di perangkat lunak *ArcGIS Pro*. Analisis *cut fill* membutuhkan 2 raster *surface* yang terdiri dari *base surface* dan desain *surface*. *Base surface* merupakan raster DTM kontur awal pembangunan *sump* Angsana Besar, sedangkan desain *surface* merupakan raster DTM batimetri Angsana Besar di bulan Februari, Maret, Mei, Juli, Agustus, Oktober dan Desember tahun 2022. Konsep perhitungan pada *ArcGIS Pro* menggunakan data berupa *raster grid* dalam perhitungan *cut fill* memiliki prinsip hitungan satu luasan dikalikan dengan satu perwakilan tinggi, namun apabila luasan terdapat beberapa luasan dan tinggi dilakukan perwakilan atau rata-rata luasan maupun tinggi. Formula hitungan volume *grid raster* metode *cut fill* menurut Esri (2023) seperti persamaan (1) dan (2).

$$\text{Vol} = (\text{cell_area}) * \Delta Z \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta Z = Z_{\text{before}} - Z_{\text{after}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

Vol : Volume *cut fill*

Cell_area : Luas *cell grid*

ΔZ : Beda tinggi dari *base surface* dengan desain *surface*

Zbefore : Tinggi *base surface*

Zafter : Tinggi desain *surf*

Setelah volume lumpur diketahui, maka volume pertambahan sedimen akibat proses sedimentasi dapat dihitung melalui pengurangan atau selisih antara volume lumpur dari 2 epok. Periode sedimentasi *sump* Angsana Besar sepanjang tahun 2022 dapat terlihat pada Tabel 1. Analisis numerik juga dilakukan berdasarkan perhitungan laju pertambahan sedimentasi. Perhitungan ini dapat diketahui melalui volume pertambahan sedimen dan lamanya waktu antar pengukuran batimetri. Laju yang dihitung berupa laju pertambahan sedimentasi selama sebulan. Setelah laju sedimentasi per periode bulan pada Tabel 1 dihitung dengan waktu antar pengukuran batimetri, maka selanjutnya dilakukan penjumlahan keenam data volume pertambahan sedimen yang sudah dibagi waktu antar agar mendapatkan laju rata-rata pertambahan sedimen untuk 1 bulan di sepanjang tahun 2022.

Tabel 1. Periode sedimentasi tahun 2022

Periode Sedimentasi		
Maret	11 Februari - 31 Maret	P1
Mei	31 Maret - 21 Mei	P2
Juli	21 Mei - 19 Juli	P3
Agustus	19 Juli - 15 Agustus	P4
Oktober	15 Agustus - 22 Oktober	P5
Desember	22 Oktober - 14 Desember	P6

2.2.2. Pembuatan Profil Melintang Sump Angsana Besar

Pembentukan profil melintang pada kegiatan ini digunakan untuk memperkuat analisis visual perubahan topografi dasar *sump*. Hal ini dikarenakan profil melintang dapat memvisualisasikan perubahan beda tinggi secara bersamaan pada garis *section* yang sama di sepanjang bulan pengukuran tahun 2022. Profil melintang pada penelitian ini menggunakan 3 garis yang memperlihatkan perubahan kondisi *sump* Angsana Besar dari awal pembangunan hingga akhir tahun 2022. Garis profil melintang terdiri dari *section A-A'*, *section B-B'* dan *section C-C'*. Profil melintang dibuat menggunakan *tools path profile/LOS* di perangkat lunak *Global Mapper*. Pemilihan perangkat lunak ini dikarenakan data hasil profil melintang dapat disimpan dengan format *Simple ASCII (XYZ) Text File* yang digunakan sebagai data masukan pada perangkat lunak Excel. Profil melintang yang awalnya hanya menampilkan beda tinggi dari satu DTM saja, dengan bantuan perangkat lunak excel dapat menjadi satu profil melintang pada semua waktu pengukuran secara bersamaan. Hasil profil melintang dan DTM *sump* Angsana Besar sepanjang bulan pengukuran tahun 2022 dilakukan analisis secara visual.

2.2.3. Analisis Pengaruh Curah Hujan terhadap Volume Penambahan Sedimen

Perubahan elevasi *sump* di setiap periode diduga karena perubahan curah hujan dibandingkan dengan tahun sebelumnya, oleh sebab itu dilakukan analisis hubungan curah hujan terhadap volume pertambahan sedimen di *sump* Angsana Besar sepanjang tahun 2022. Analisis hubungan curah hujan dengan

volume penambahan sedimen dilakukan melalui analisis statistik uji korelasi.

Langkah pertama yang dilakukan yaitu perhitungan data curah hujan yang diselarasakan dengan periode sedimentasi pada Tabel 1. Data curah hujan dan volume penambahan sedimen selanjutnya dilakukan analisis koefisien korelasi. Koefisien korelasi dilakukan untuk melihat hubungan curah hujan terhadap volume penambahan sedimen dengan menggunakan 6 pasang data. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak Excel akan menghasilkan jenis hubungan yang digambarkan dalam grafik *scatterplot* dan tingkat hubungan melalui perhitungan statistik koefisien korelasi berupa *pearson*. Koefisien korelasi ini merupakan matrik statistik yang mengukur kekuatan dan hubungan antara dua variabel acak. Adapun rumus dan interpretasi koefisien korelasi *pearson* (Cahyono, 2017) adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n(\sum X^2) - (\sum X)^2)(n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)}} \dots\dots (3)$$

Keterangan:

N: Banyaknya sampel

$\sum x$: Total Jumlah dari Variabel X

$\sum y$: Total Jumlah dari variabel Y

$\sum x^2$: Kuadrat dari Total Jumlah Variabel X

$\sum y^2$: Kuadrat dari Total Jumlah Variabel Y

$\sum xy$: Hasil Perkalian dari Total Jumlah Variabel X dan Y

Nilai koefisien korelasi sederhana dilambangkan dengan huruf “r” yang dihasilkan dari persamaan (3) memiliki nilai berada di antara $-1 \leq r \leq 1$. Nilai koefisien korelasi positif menunjukkan bahwa satu nilai variabel akan diikuti perubahan nilai variabel lainnya dengan arah yang sama, dimana jika variabel X mengalami kenaikan, maka variabel Y juga mengalami kenaikan. Nilai koefisien korelasi negatif menunjukkan bahwa satu nilai variabel yang diikuti perubahan nilai variabel lainnya dengan arah yang berlawanan, dimana jika variabel X mengalami kenaikan, maka variabel Y akan mengalami penurunan. Interpretasi nilai hasil perhitungan persamaan (2.1) dijelaskan pada Tabel 2. Nilai korelasi yang mendekati 1 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang

kuat antara dua variabel tersebut. Begitu sebaliknya, jika nilai koefisien korelasi (R) menjauhi 1 atau mendekati 0 menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel lemah.

Tabel 2 Interpretasi koefisien korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0 – 0,19	Sangat Rendah
0,2 – 0,39	Rendah
0,4 – 0,59	Sedang
0,6 – 0,79	Kuat
0,8 - 1	Sangat Kuat

2.2.4. Online Operation Dashboard

Visualisasi data spasial dan non spasial sebagai bentuk pelaporan dan monitoring sedimentasi pada sump Angsana Besar PT Bukit Makmur Mandiri Utama dapat dilakukan dengan menggunakan *online operation dashboard* dari ArcGIS Online. Penggunaan perangkat lunak berbasis web dalam kegiatan ini memudahkan untuk berkolaborasi dengan anggota lain untuk membangun *dashboard* dalam bentuk peta dan komponen infrastruktur geospasial. *Online operation dashboard* akan menghasilkan visualisasi dengan tampilan bersifat analisis (analitis) dengan merepresentasikan informasi dan data geografis untuk pemantauan peristiwa, pembuatan keputusan, dan memberikan informasi kepada orang lain. *Dashboard* dirancang untuk menampilkan beberapa visualisasi yang bekerja sama di dalam satu layer yang sama. Komponen-komponen *dashboard* dapat dikonfigurasi seperti peta, grafik, *gauge*, *indicator*, *list*, dan tabel. Komponen tersebut digerakkan oleh data yang mewakili informasi kepada pengguna yang dituju (Esri, 2023). Pada pembuatan *online operation dashboard* terbagi menjadi 4 tahapan yaitu Microsoft Excel, ArcGIS Desktop, ArcGIS Online, dan Operation dashboard.

Pada tahapan Microsoft Excel dilakukan pembuatan tabular pada data hasil pengolahan sedimentasi yang dilakukan pada poin 2.2.1 hingga 2.2.3 dan data yang berasal dari PT Bukit Makmur Mandiri utama berupa data dewatering. Hasil data tabular dilakukan pengecekan kembali agar tidak ada salah ketik untuk mengurangi redundansi dan

kesalahan pembaca data. Berikut ini tabular menggunakan Microsoft Excel.

- a. Data pengolahan sedimentasi sump pada poin 2.2.1 hingga 2.2.3 belum tersusun rapi, sehingga dikonversi dalam bentuk tabular berupa progres sedimentasi sump Angsana Besar. Data progress sedimentasi sump Angsana Besar terdiri dari tanggal akuisisi batimetri, periode bulan sedimentasi, periode tahun sedimentasi, lokasi sump, volume lumpur, dan volume sedimentasi.
- b. Data berasal dari PT Bukit Makmur Mandiri Utama berupa data tabel dewatering yang informasinya diseleksi sesuai dengan yang dibutuhkan oleh dashboard, sehingga dilakukan konversi dalam bentuk tabular tinggi muka air sump. Data tersebut terdiri dari lokasi sump, tanggal akuisisi data, periode tahun sedimentasi, periode bulan sedimentasi, *real sump water level*, *maximum sump level*, *critical sump level*, *minimal sump mud level*, *maximum sump mud level* dan curah hujan.

Tahap kedua pada ArcGIS *Dekstop* yaitu pembuatan peta. Pembuatan peta pada ArcGIS *Desktop* diawali dengan pembuatan kontur. Kontur digunakan sebagai masukan data spasial dalam *dashboard* sedimentasi sump Angsana Besar. DTM batimetri hasil pengolahan poin 2.2.1 diubah tampilannya menjadi *polyline* kontur dengan interval 0,1 meter yang terdiri dari kontur Februari, Maret, Mei, Juli, Agustus, Oktober dan Desember tahun 2022. Data *polyline* kontur semua periode dilakukan penambahan *field* yang disesuaikan dengan data tabular *progress* sedimentasi sump Angsana Besar. Data *polyline* kontur, *boundary* dan garis melintang pada penelitian ini dimasukkan ke dalam satu *geodatabase* yang sama agar data spasial bersifat *offline* dapat diunggah, sehingga data spasial bersifat *online*. Setiap data dalam *geodatabase* tersebut perlu dilakukan penambahan Global ID agar dapat diidentifikasi fitur atau baris dan tabel dalam *geodatabase* oleh seluruh geodata. *Geodatabase* tersebut selanjutnya di *publish web layer* ke ArcGIS Online.

Pembuatan peta *online* digunakan untuk penampilan utama pada *operation dashboard*. Peta *online* dibuat menggunakan *web map* pada ArcGIS Online. Pembuatan peta *online* pada ArcGIS Online melalui beberapa tahap yaitu *add layer from content/web* dan kartografis. Tahapan *add layer from content/web* dilakukan *input file* hingga atribut yang akan ditampilkan pada *operation dashboard*. *Input file* yang digunakan pada *web map* terdiri data *feature layer* unggah ArcGIS Desktop dan data KML foto udara area sump Maret 2023. Tahap terakhir yaitu pembuatan *dashboard monitoring* sedimentasi sump Angsana Besar menggunakan *operation dashboard* dari ArcGIS Online. Tahapan pembuatan *operation dashboard* terdiri dari memasukkan data dan penyesuaian panel. Data yang dimasukkan ke dalam *online operation dashboard* dapat dilihat pada Tabel 3 yang terdiri dari:

Tabel 3. Data *online operation dashboard*

Data Operation Dashboard		
1.	Tabular Tinggi Muka Air sump Angsana Besar	Lokasi sump
		Tanggal Akuisisi
		Periode Bulan Sedimentasi
		Periode Tahun Sedimentasi
		<i>Real Sump Water Level</i>
		<i>Maximum sump level</i>
		<i>Critical sump level</i>
		<i>Minimal sump mud level</i>
		<i>Maximum sump mud level</i>
		Curah hujan
		Global ID
2.	Web map	Feature Class kontur sump
		Tanggal Akuisisi batimetri
		<i>Contour</i>
		Jenis Kontur
		Periode Bulan Sedimentasi
		Periode Tahun Sedimentasi
		Lokasi sump
		Volume lumpur
		Volume sedimentasi
		<i>Attachment</i> profil melintang bulanan
		Global ID
Feature Class boundary sump		
Periode Bulan Sedimentasi		
Periode Tahun Sedimentasi		
<i>Attachment</i> profil melintang tahunan		
Global ID		
garis melintang		
Nama section		
Global ID		
Foto Udara Area Sump Maret 2023		

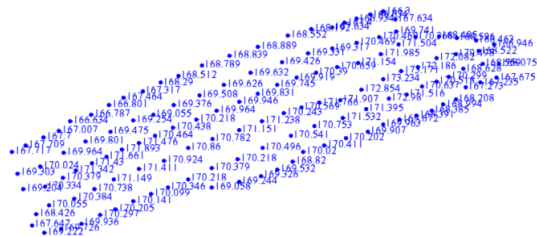
Setelah data pada Tabel 3 dimasukkan ke dalam *operation dashboard*, maka langkah selanjutnya yaitu penyesuaian data masukan

dengan komponen yang akan digunakan. Pada penelitian ini digunakan komponen utama dan pendukung yang terdiri dari kategori selektor, grafik *serial chart*, *indicator* untuk total volume, tabel lokasi *monitoring*, diagram *sump* berbentuk *diagram gauge*, profil melintang tahunan dan bulanan dalam bentuk *details*, dan diagram curah hujan dalam bentuk *pie chart*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Kedalaman

Penelitian ini dilakukan pengumpulan data sekunder berupa data kedalaman tereduksi pengukuran batimetri di *sump* Angsana Besar PT Bukit Makmur Mandiri Utama. *Sump* Angsana Besar berada bagian *bottom area* pertambangan pit X. Data kedalaman pada PT Bukit Makmur Mandiri Utama terdiri dari beberapa epok di tahun 2022, yaitu 11 Februari 2022, 31 Maret 2022, 21 Mei 2022, 10 Juli 2022, 15 Agustus 2022, dan 14 Desember 2022. Data tersebut berupa kedalaman tereduksi dengan muka air sesaat yang telah direferensikan dengan sistem ketinggian lokal area pertambangan. Setiap epok memiliki ketinggian air *sump* yang berbeda-beda terdiri dari -166,7 meter, -165,68 meter, -164,02 meter, 164 meter, 163,20 meter, 161,65 meter, dan 159,64 meter. Tampilan *plotting* salah satu data kedalaman tereduksi pada tahun 2022 di *sump* Angsana Besar dapat dilihat pada Gambar 3.



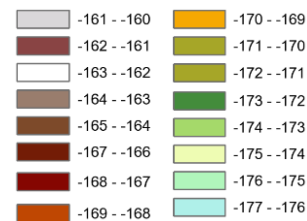
Gambar 3. *Plotting* data kedalaman

3.2. DTM *Sump* Angsana Besar Tahun 2022

DTM dasar *sump* Angsana Besar dibentuk menggunakan data kedalaman tereduksi dengan tinggi muka air saat pengukuran. Proyeksi yang digunakan pada kegiatan ini yaitu sistem proyeksi UTM zona 50 S, dengan referensi datum WGS 1984. Setiap DTM yang terbentuk terdiri dari

banyak piksel dengan nilai bervariasi untuk mempresentasikan ketinggian di area *sump* Angsana Besar. DTM yang terbentuk di sepanjang tahun 2022 divisualisasikan dengan memperhatikan elevasi terendah dan tertinggi dari semua epok, dimana terbentuk kelas elevasi sebanyak 16 dengan interval sebesar 1 meter. Kelas elevasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. Semua DTM yang terbangun direpresentasikan pada poin 3.2.1 hingga

3.2.7.



Gambar 4. Kelas Elevasi DTM

3.2.1. DTM bulan Februari 2022

Gambar 5 menunjukkan DTM bulan Februari tahun 2022 yang terbentuk dari data batimetri tanggal 11 Februari 2022 dengan tinggi muka air saat pengukuran sebesar -166,70 meter. DTM bulan Februari 2022 memiliki *boundary progress* lumpur yang paling sempit dibandingkan dengan DTM epok lain di sepanjang tahun 2022. Berdasarkan visualisasi secara 3 Dimensi di bawah, menunjukkan bahwa bulan Februari tahun 2022 berada di elevasi minimum berada diantara elevasi -177 hingga -176 meter yang diwakilkan oleh warna biru muda, sedangkan elevasi maksimal berada di elevasi -170 hingga -169 meter yang diwakilkan dengan warna *orange*. Warna biru muda terletak pada sisi tengah bagian bawah *sump*, sedangkan warna *orange* muda terletak di sepanjang tepi *sump*. Elevasi DTM Februari 2023 membentuk terasering, dimana semakin menepi maka semakin tinggi pula elevasinya.

3.2.2. DTM bulan Maret 2022

Gambar 5 menunjukkan DTM bulan Maret tahun 2022 yang terbentuk dari data batimetri tanggal 31 Maret 2022, dimana tinggi muka air saat pengukuran sebesar -165,68 meter. DTM bulan Maret 2022 mengalami perubahan bentuk dan elevasi.

Perubahan bentuk sangat terlihat pada *boundary progress* lumpur lebih luas dibandingkan dengan DTM Februari 2022. Selain perubahan bentuk, terdapat sedikit perubahan elevasi dasar *sump* dibandingkan bulan Februari 2022. Perubahan elevasi tersebut dapat mencerminkan bahwa terdapat penambahan volume sedimen yang terendap ke dalam *sump* Angsana Besar selama bulan Maret. Hal ini ditandai dengan warna biru muda pada periode Februari sudah tidak terlihat pada periode ini, sedangkan warna hijau kebiruan menyempit pada bagian atas *sump* yang mewakili elevasi terendah pada periode Maret. Selain itu juga warna *orange* tua yang mulai muncul pada sisi atas *sump* pada periode Maret. Warna hijau kebiruan mewakili elevasi terendah diantara -176 hingga -175 meter. Sedangkan warna *orange* tua mewakili elevasi tertinggi diantara -169 hingga -168 meter. Warna dibawah ini semakin melebar mengarah ke tepi *sump* Angsana Besar yang dapat dikatakan bahwa ada pertumbuhan sedimen menuju sisi tepi.

3.2.3. DTM bulan Mei 2022

Gambar 5 menunjukkan DTM bulan Mei tahun 2022 yang terbentuk dari data batimetri tanggal 21 Mei 2022, dimana tinggi muka air saat pengukuran sebesar -164,02 meter. DTM bulan Mei 2022 mengalami perubahan bentuk yang ditandai dengan *boundary progress* lumpur semakin luas dibandingkan dengan DTM Maret 2022. Perubahan elevasi ditandai dengan menyempitnya warna hijau muda pada periode dan meluasnya warna coklat tua di sisi samping *sump* dibandingkan dengan periode Maret. Perubahan ini menandakan bahwa ada penumpukan sedimen hasil sedimentasi bulan Maret – Mei 2022. Elevasi terendah DTM Mei memiliki nilai lebih tinggi daripada periode Maret dengan jangkauan elevasi terendah dimulai dari -174 hingga -173 meter, sedangkan elevasi tertinggi berada diantara -167 hingga -166 meter. Elevasi terendah ditandai dengan warna hijau muda, sedangkan warna coklat tua yang lebih tua mulai muncul pada tepi sisi

atas *sump* pada periode Mei yang mewakili elevasi tertinggi.

3.2.4. DTM bulan Juli 2022

Gambar 5 menunjukkan DTM bulan Juli tahun 2022 yang terbentuk dari data batimetri tanggal 19 Juli 2022, dimana ketinggian air saat pengukuran sebesar -164 meter. DTM bulan Juli 2022 memiliki *boundary progress* lumpur yang hampir sama dengan bulan Mei. Perubahan elevasi dasar *sump* berubah menjadi semakin meningkat dibandingkan periode bulan Mei. Hal ini ditunjukkan warna coklat *orange* yang mewakili elevasi terendah periode Juli makin meluas di bagian tengah *sump*, sedangkan semakin menepi elevasi meningkat. Sisi tepi bawah *sump* menunjukkan elevasi tertinggi periode Juli yang diwakilkan warna coklat yang berada diantara -169 hingga -168 meter.

3.2.5. DTM bulan Agustus 2022

Gambar 5 menunjukkan DTM bulan Agustus tahun 2022 yang terbentuk dari data batimetri tanggal 15 Agustus 2022, dimana ketinggian air saat pengukuran sebesar -163,20 meter. DTM bulan Agustus 2022 mengalami perubahan bentuk yang ditandai dengan *boundary progress* lumpur semakin luas dibandingkan dengan periode Juli 2022. Selain perubahan bentuk, terdapat perubahan elevasi yang ditandai dengan warna coklat muda pada periode Juli mulai meluas di periode Agustus. Warna coklat muda menandakan elevasi di bulan Agustus dengan elevasi diantara -166 hingga -165 meter. Periode Agustus hanya memiliki warna hanya satu yaitu coklat muda, dimana di sisi depan ada beberapa titik menjorok lebih dalam dibandingkan permukaan yang lain.

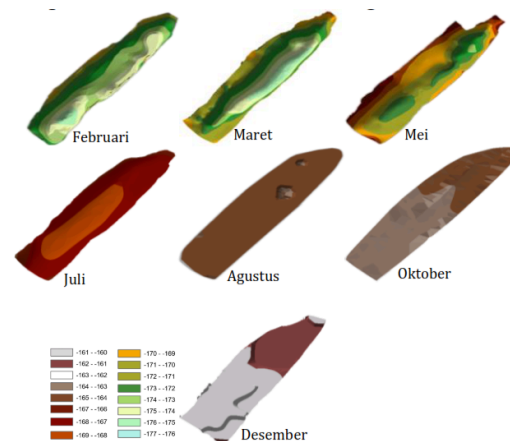
3.2.6. DTM bulan Oktober 2022

Gambar 5 menunjukkan DTM bulan Oktober tahun 2022 yang terbentuk dari data batimetri tanggal 22 Oktober 2022, dimana ketinggian air saat pengukuran sebesar -161,65 meter. *Boundary progress* lumpur di periode ini hampir sama dengan periode Agustus. Terdapat perubahan elevasi yang ditandai dengan terendah pada DTM periode ini. Hal ini ditunjukkan pada warna coklat muda mengalami penyempitan hingga ke sisi depan diikuti dengan warna coklat muda

yang lebih terang juga ikut meluas di sisi bawah *sump*. Elevasi terendah periode ini memiliki elevasi diantara -166 hingga -165 meter yang diwakilkan warna coklat, sedangkan elevasi tertinggi diantara -165 hingga -164 meter yang diwakilkan dengan warna coklat muda. Pada periode ini penumpukan sedimen di sisi belakang *sump*

3.2.7. DTM bulan Desember 2022

Gambar 5 menunjukkan DTM bulan Desember tahun 2022 yang terbentuk dari data batimetri tanggal 14 Desember 2022, dimana ketinggian air saat pengukuran sebesar -160,227 meter. DTM bulan Desember 2022 memiliki *boundary progress* lumpur yang sangat berbeda dengan DTM Oktober 2022. Perubahan bentuk berupa sisi bawah *sump* semakin sempit akibat dari pembangunan *barrier* di sisi bawah pada bulan November 2022. Hal ini juga menyebabkan penambahan endapan sedimen mengalami peningkatan lebih besar dari periode sebelum-sebelumnya di sepanjang tahun 2022. Perubahan elevasi periode Desember bertambah cukup tinggi dari periode sebelumnya. Perubahan ini dapat dilihat melalui warna coklat kemerahan dan abu-abu muda muncul pada periode ini. Warna coklat kemerahan mewakili elevasi terendah diantara elevasi -162 hingga -161 meter, sedangkan warna abu-abu muda mewakili elevasi tertinggi diantara elevasi -161 hingga -160 meter. Elevasi terendah mendominasi area *sump* pada sisi tengah hingga depan, sedangkan elevasi tertinggi berada di tengah atas dan meluas ke sisi pinggir belakang *sump*. Perubahan elevasi yang semakin tinggi menuju belakang *sump* menandakan adanya penumpukan sedimen di sisi belakang



Gambar 5. DTM sepanjang tahun

3.3. Analisis Visual Sedimentasi *Sump* Angsana Besar 2022

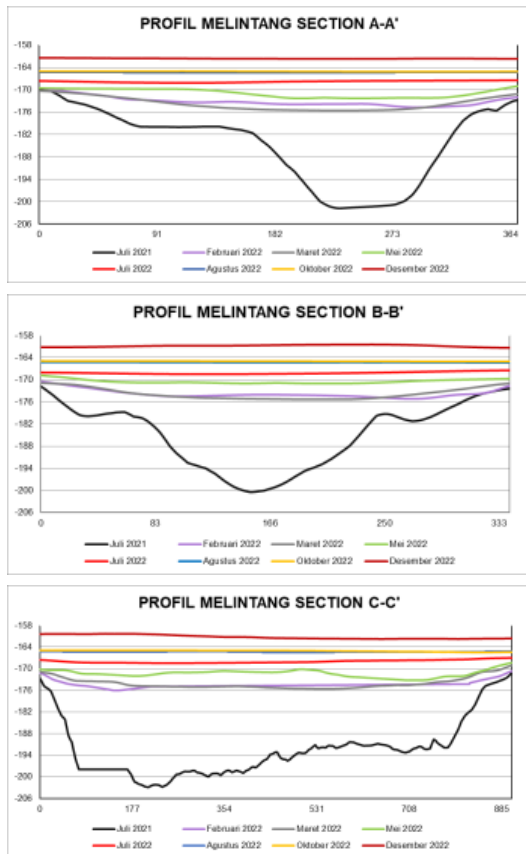


Gambar 6. Lokasi garis profil melintang

Analisis visual sedimentasi pada *sump* Angsana Besar dari awal pembangunan hingga tahun 2022 dilakukan dengan cara melihat profil melintang pada semua waktu pengukuran secara bersamaan. Analisis ini menggunakan 3 garis *section* yang akan memperlihatkan perubahan kondisi *sump* Angsana Besar dari awal pembangunan hingga tahun 2022. Garis tersebut terdiri dari *section A-A'*, *section B- B'*, dan *section C-C'*. Letak ketiga garis tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat secara visual perubahan yang terjadi pada awal pembangunan hingga Desember tahun 2022. Hasil visual profil melintang menjelaskan bahwa terdapat kenaikan ketinggian topografi dasar *sump* Angsana Besar tiap periode yang diasumsikan sebagai penumpukan sedimen hasil sedimentasi. *Sump* Angsana Besar memiliki ketinggian dasar pada awal pembangunan pada elevasi -202 meter dan ketinggian maksimal *sump* sebesar -158 meter. Jika sedimentasi

menyebabkan lumpur sampai pada ketinggian maksimal dari *sump*, maka kegunaannya akan berubah menjadi kolam penampungan lumpur yang tidak bisa menampung air masuk ke area *pit*. Pertambahan volume sedimen yang paling tinggi terjadi antara bulan Oktober ke Desember tahun 2022, yang ditunjukkan pada profil melintang di atas dengan perubahan ketinggian lumpur yang hampir mencapai ketinggian maksimal *sump* Angsana Besar. Ada pula penumpukan sedimen yang terlihat sama seperti periode sebelumnya, hal ini terjadi antara bulan Agustus ke Oktober 2022 dengan pertambahan sedimen terendah di sepanjang tahun 2022.



Gambar 7. Hasil ketiga garis *section* profil melintang

3.4. Analisis Numerik

3.4.1. Volume Lumpur

Volume lumpur didapatkan dari hasil dari endapan material sedimen dari DTM as

built drawing hingga ke permukaan DTM pengukuran batimetri. Volume lumpur pada *sump* Angsana Besar akan menjadi kolam penuh lumpur jika elevasi lumpur mencapai angka -158 meter. Berdasarkan data Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa volume endapan material sedimen berupa lumpur pada tiap epok semakin bertambah di sepanjang tahun 2022. Besarnya volume lumpur pada *sump* Angsana Besar sangat bervariasi dipengaruhi oleh sedimen yang masuk sepanjang tahun 2022. Akibatnya *sump* dengan kapasitas maksimum sebesar -158 meter menjadi kolam yang hampir penuh dengan lumpur di akhir tahun 2022.

Tabel 4. Volume lumpur sepanjang tahun 2022

Bulan	Volume lumpur m ³	Luas <i>progress</i> lumpur m ²
Februari 2022	1.401.111	151.238
Maret 2022	1.458.842	175.838
Mei 2022	1.810.509	186.381
Juli 2022	2.277.723	186.708
Agustus 2022	2.749.618	203.258
Oktober 2022	2.771.201	200.304
Desember 2022	3.577.335	220.625

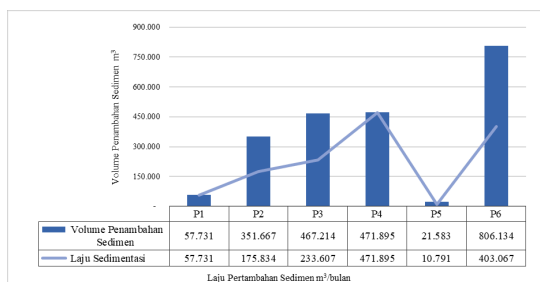
3.4.2. Volume Pertambahan Sedimen

Perhitungan volume pertambahan sedimen dihasilkan dengan selisih volume lumpur dari epok sebelumnya. periode tersebut. Mengacu pada hasil volume lumpur sepanjang 2022, bahwa volume lumpur terus meningkat menandakan bahwa sepanjang tahun 2022 terus mengalami pertambahan endapan material sedimen ke dalam *sump* Angsana Besar.

Tabel 5. Volume pertambahan sedimen sepanjang 2022

Periode Sedimentasi 2022	Volume Pertambahan Sedimen m ³
11 Februari - 31 Maret	P1 57.731
31 Maret - 21 Mei	P2 351.667
21 Mei - 19 Juli	P3 467.214
19 Juli - 15 Agustus	P4 471.895
15 Agustus - 22 Oktober	P5 21.583
22 Oktober - 14 Desember	P6 806.134

Berdasarkan hasil volume pada Tabel 5, didapatkan bahwa volume penambahan sedimen paling tinggi terjadi pada akhir tahun. Penambahan material sedimen pada periode ini sebesar 806.133,90 m³. Hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan selisih volume lumpur bulan Desember dan bulan Oktober tahun 2022. Penambahan sedimen terjadi paling rendah pada periode P5. Periode ini terjadi pada bulan Agustus hingga Oktober dengan penambahan sedimen sebesar 21.583 m³. Penambahan sedimen paling rendah pada periode ini disebabkan karena *control box* sedimentasi pada *sump* Angsana Besar sebanyak 2 dilakukan perawatan yang baik. *Control box* sedimentasi yang berbentuk seperti kolam labirin berguna untuk mengendapkan sedimentasi sebelum masuk ke dalam *sump* Angsana Besar. Hal ini dikarenakan *control box* memperlambat masuknya material sedimen ke dalam *sump*, dikarenakan material *sump* lebih dahulu terendapkan di kolam labirin *control box* sedimen.



Gambar 8. Laju pertambahan sedimentasi

Berdasarkan hasil perhitungan volume pertambahan sedimen, maka dapat dikatakan bahwa pada *sump* Angsana Besar tingkat laju pertambahan sedimen memiliki nilai yang bervariasi pada tiap periode pengukuran batimetri dari bulan Februari 2022 hingga Desember 2022. Nilai laju sedimentasi *sump* Angsana Besar ditunjukkan pada Gambar 8 dengan nilai berkisar 10.791 s.d. 471.895 m³/bulan. Pada periode P4 atau pengukuran 19 Juli – 15 Agustus 2022 didapatkan bahwa laju pertambahan sedimennya tertinggi yaitu mencapai 471.895 m³/bulan, sedangkan terkecil untuk laju pertambahan sedimennya terdapat pada periode P5 atau pengukuran 15 Agustus- 22 Oktober 2022 dengan laju pertambahan

sedimen sebesar 10.791 m³/bulan. Laju pertambahan sedimen Gambar 8 dari P1 hingga P6 dilakukan penjumlahan dan dibagi 6 epok. Hasil perhitungan laju penambahan sedimentasi dari setiap pengukuran diperoleh hasil perhitungan rata-rata laju pertambahan sedimen pada satu bulan sebesar 225.487 m³/bulan.

3.5. Analisis Perubahan Volume Pertambahan Sedimen terhadap Curah Hujan

Berdasarkan perhitungan volume lumpur pada poin 3.4.1. didapatkan bahwa *sump* Angsana Besar tiap bulan mengalami sedimentasi yang ditandai dengan bertambahnya endapan material sedimen lumpur. Besaran pengendapan material pada *sump* Angsana Besar sangat bervariasi tiap bulannya. Penyebab dari variasi ini salah satunya karena curah hujan. Hal ini ditegaskan pula oleh *section dewatering* PT Bukit Makmur Mandiri Utama bahwa terdapat peningkatan curah hujan di sepanjang tahun 2022. Oleh sebab itu, dilakukan analisis mengenai perubahan volume penambahan sedimen terhadap curah hujan di *sump* Angsana Besar sepanjang tahun 2022.

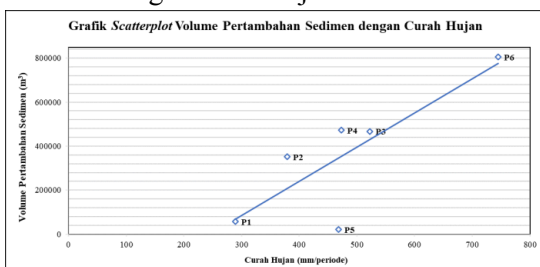
Tabel 6 Volume pertambahan sedimen dan curah hujan 2022

Periode Sedimentasi 2022		Curah Hujan (X)	Volume Pertambahan Sedimen (Y)
		mm	m ³
11 Februari - 31 Maret	P1	289	57.731
31 Maret - 21 Mei	P2	379,1	351.667
21 Mei - 19 Juli	P3	522,3	467.214
19 Juli - 15 Agustus	P4	472,75	471.895
15 Agustus - 22 Oktober	P5	468	21.583
22 Oktober - 14 Desember	P6	745	806.134

Berdasarkan Tabel 6 bulan Desember menghasilkan volume pertambahan sedimen tertinggi sebesar 806.134 m³ dengan curah hujan yang tinggi pula sebesar 745 mm. Akan tetapi, pada curah hujan bulan Oktober yang tergolong curah hujan tinggi menghasilkan volume pertambahan sedimen yang rendah sebesar 21.583 m³. Curah hujan yang tinggi seharusnya menghasilkan peningkatan jumlah

sedimen dalam suatu daerah tangkapan air. Untuk memperjelaskan hubungan curah hujan dengan penambahan sedimen maka dilakukan analisis uji korelasi agar dapat mengetahui hubungan curah hujan terhadap volume penambahan sedimen pada *sump* Angsana Besar.

Hubungan volume penambahan sedimen dengan curah hujan ditunjukkan dalam bentuk *scatterplot* pada Gambar 9. *Scatterplot* tersebut membentuk titik-titik berwarna biru sebagai pertemuan kuantitatif antara variabel curah hujan dengan variabel volume penambahan sedimen yang menjelaskan jenis hubungan kedua variabel tersebut. Hubungan antara variabel curah hujan dengan volume sedimen memiliki jenis hubungan positif atau searah, dimana variabel curah hujan mengalami peningkatan yang diikuti dengan kenaikan variabel volume penambahan sedimen. Selain itu juga dari hasil perhitungan melalui persamaan (3) didapatkan bahwa nilai koefisien korelasi memiliki nilai sebesar 0,8174. Mengacu pada Tabel 2, hasil koefisien korelasi tersebut masuk ke dalam kelas 5 dengan hubungan antara curah hujan dengan volume penambahan sedimen yang sangat kuat. Nilai koefisien korelasi tersebut juga bersifat positif, dimana hal tersebut dapat memperkuat analisis dari grafik *scatterplot* antara volume penambahan sedimen dengan curah hujan.



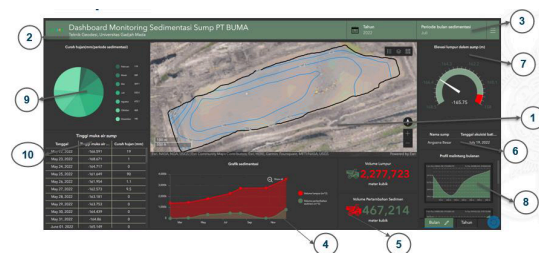
Gambar 9. Grafik *scatterplot* volume penambahan sedimen dengan curah hujan

3.5. Online Operation Dashboard

Hasil akhir dari kegiatan ini adalah *dashboard monitoring* sedimentasi *sump* Angsana Besar. Hasil perancangan *dashboard* digunakan untuk *monitoring* dan pelaporan sedimentasi *sump* PT Bukit Makmur Mandiri Utama pit X, Kalimantan

Selatan yang dibuat melalui *operations dashboard*. *Operation dashboard* ini memvisualisasikan data spasial dan non-spasial dari sedimentasi di *sump* Angsana Besar pada tahun 2022.

Komponen-komponen pada *operation dashboard* dibuat memungkinkan *user* dapat mengakses informasi secara detail dan spesifik. Kehadiran *operation dashboard* ini diharapkan dapat memberikan opsi baru kepada PT Bukit Makmur Mandiri Utama dalam memvisualisasikan dan melaporkan *progress* sedimentasi yang terjadi pada *sump* Angsana Besar pit X, Kalimantan Selatan. *Dashboard online* hasil produk akhir kegiatan aplikatif ini dapat diakses melalui *link* berikut ini <https://bit.ly/DashboardSkripsiAul>. *Dashboard* tersebut memiliki *interface operation dashboard* seperti Gambar 10 yang terdiri dari Komponen utama dan pendukung. Komponen utama terdiri dari *webmap monitoring* sedimentasi *sump* Angsana Besar yang dilengkapi dengan *map legend*. Komponen pendukung pada *dashboard* di bawah ini terdiri dari *serial chart*, *pie chart*, *indicator*, *gauge*, *list*, *table*, dan *details*. Komponen tersebut dilakukan penyelarasan dengan data spasial dan non-spasial membentuk *dashboard* sebagai berikut.



Gambar 10. *Interface operation dashboard*

Pertama, peta *online* merupakan panel utama dalam komponen *dashboard monitoring* sedimentasi di *sump* Angsana Besar pit X, Kalimantan Selatan. Data yang ditampilkan mewakili informasi *progress* kemajuan topografi dalam bentuk kontur dan *boundary* lumpur, garis profil melintang, dan foto udara area *sump* Angsana Besar tahun 2023. Pada peta *online* terdapat muka peta, legenda peta, layer peta aktif, pemilihan tampilan basemap, *zooming in* dan *out*, skala

garis dalam meter, Kompas, dan kredit milik esri. Kontur dan *boundary* tersebut akan ditampilkan dan di- *zoom* sesuai kategori selektor tahun dan bulan sedimentasi yang di pilih.

Kedua, kategori selektor pada *operation dashboard* di atas menggunakan kategori selektor dari bulan dan tahun sedimentasi. Selektor tahun sedimentasi akan menyeleksi bulan sedimentasi yang ada pada tahun tersebut, grafik sedimentasi, curah hujan dan profil melintang tahunan. Selektor bulan sedimentasi di seleksi berdasarkan tahun sedimentasi dan menyeleksi data kontur, data *boundary*, informasi lokasi dan data akuisisi, tabel informasi tinggi muka air *sump*, volume pertambahan sedimen, volume lumpur, informasi elevasi lumpur dan profil melintang bulanan.

Ketiga, grafik pada *operation dashboard* dibuat untuk menunjukkan kemajuan volume lumpur dan pertambahan sedimen di *sump* Angsana Besar selama setahun. Grafik ini ditampilkan menggunakan komponen berupa *serial chart*. Grafik berwarna merah menunjukkan volume lumpur yang ada di *sump* Angsana Besar selama setahun, sedangkan grafik warna hijau menunjukkan volume pertambahan sedimen setiap periode pengukuran batimetri di *sump* Angsana Besar selama setahun. Data yang digunakan berupa data kontur yang didalamnya terdapat atribut tabel berupa volume pertambahan sedimen dan lumpur sesuai dengan periode bulan sedimentasi sepanjang tahun 2022. Grafik ini akan ditampilkan sesuai dengan kategori selektor berupa tahun periode yang dipilih.

Keempat, total volume terdiri dari volume pertambahan sedimen dan volume lumpur, dimana total tersebut hasil dari rekapitulasi volume yang terjadi dalam satu periode pengukuran. Total volume tersebut menggunakan komponen pendukung berupa *indicator*. Volume lumpur dan pertambahan sedimen akan menampilkan data sesuai dengan filter berupa periode bulan sedimentasi yang berada di pojok kanan. Kelima, tabel lokasi *monitoring* sedimentasi menunjukkan lokasi *sump* dan waktu akuisisi data batimetri. Data yang digunakan pada

tampilan tabel ini berasal dari data kontur dengan *value fields* berupa lokasi *sump* dan tanggal akuisisi batimetri. Tabel tersebut akan menampilkan lokasi *sump* dan tanggal akuisisi sesuai dengan kategori selektor periode bulan sedimentasi yang dipilih. Tabel informasi jika di- *klik* akan menyeleksi tabel tinggi muka air *sump* sesuai dengan tanggal akuisisi batimetri.

Keenam, Diagram elevasi lumpur menunjukkan kemajuan topografi *sump* menggunakan visualisasi berupa diagram *gauge*. Diagram ini digunakan untuk melihat elevasi terendah dan tertinggi dasar *sump* setiap periode bulan sedimentasi. Diagram *gauge* menggunakan *field value* dari tabel TMA *sump* berupa *maximum sump mud level* dengan nilai minimum berupa *value minimal sump mud level* dan nilai maksimal berupa *maximum sump level*. *Maximum sump mud level* berisikan elevasi maksimal dasar *sump*, *minimal sump mud level* berisikan elevasi minimal dasar *sump* dan *maximum sump level* berisikan elevasi maksimal tampungan *sump*. Warna merah pada diagram *gauge* menandakan jika *field value* berada di sekitar warna tersebut, maka dapat dikatakan bahwa *sump* hampir menjadi kolam lumpur.

Ketujuh, Profil melintang pada *operation dashboard* terbagi menjadi dua yaitu profil melintang per bulan sedimentasi dan per tahun. Profil melintang per bulan sedimentasi ditunjukkan menggunakan komponen *details* dari *attachments* data kontur *sump* dengan sortir berdasarkan periode bulan sedimentasi. *Attachments* berisikan gambar profil melintang hasil pengolahan perangkat lunak *Global Mapper* yang terdiri dari 3 gambar sesuai garis profil melintang pada tiap bulan pengukuran batimetri. Profil melintang bulanan akan ditampilkan sesuai dengan kategori selektor periode bulan sedimentasi. Profil melintang per tahun menggunakan *attachments* data *boundary sump* dengan sortir berdasarkan periode tahun. *Attachments* berisikan gambar profil melintang hasil pengolahan perangkat lunak Excel, dimana hasil gambar profil melintang dari semua waktu pengukuran secara bersamaan.

Kedelapan, diagram curah hujan ditunjukkan dengan diagram *pie chart* yang berguna untuk melihat besar curah hujan selama periode bulan sedimentasi. Data yang digunakan pada diagram berupa data tabel TMA *sump* dengan kategori *field* berupa periode bulan dan jumlah *value field* curah hujan. Diagram *pie* menggunakan gradasi warna hijau. Kesembilan, tabel tinggi muka air *sump* berisikan informasi mengenai tinggi muka air di *sump* Angsana Besar setiap hari dalam satu periode bulan sedimentasi. Tabel tersebut menggunakan data TMA *sump* dengan *value fields* berupa tanggal, *real sump water level*, dan curah hujan. Tabel tinggi muka air ditampilkan berdasarkan selektor periode bulan sedimentasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan sebelumnya, diperoleh kesimpulan penelitian bahwa pembentukan model dasar permukaan *sump* menggunakan data kedalaman *echosounder* pada *sump* Angsana Besar sedimentasi *sump*, didapatkan bahwa terdapat perubahan topografi dasar *sump* yang ditandai dengan meningkatnya elevasi DTM bulan Februari, Maret, Mei, Juli, Agustus, Oktober dan Desember tahun 2022 yang diasumsikan bahwa terjadi sedimentasi. Sedimentasi pada *sump* Angsana Besar menyebabkan volume lumpur pada bulan Februari, Maret, Mei, Juli, Agustus, Oktober dan Desember tahun 2022 terus menerus mengalami kenaikan. Pertambahan sedimen tiap bulan memiliki besaran yang bervariasi, sehingga didapatkan bahwa laju pertambahan sedimen rata-rata sepanjang tahun 2022 sebesar 225.487 m³/bulan. Sedimentasi tersebut memiliki koefisien korelasi sebesar 0,817 terhadap curah hujan, sehingga dapat ditunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat tinggi dengan sifat positif antara curah hujan dengan sedimentasi. Hasil akhir dari penelitian ini berupa *online operation dashboard* yang dibuat untuk media visualisasi dan pelaporan sedimentasi *sump*. *Dashboard* tersebut dapat menampilkan informasi melalui komponen utama maupun pendukung yang ada. Komponen utama *dashboard* tersebut berupa peta *online* yang

menunjukkan *progress* kontur dan *boundary sump* Angsana Besar, sedangkan komponen pendukungnya berupa kategori selektor, grafik sedimentasi, total volume, tabel lokasi *monitoring*, diagram *sump mud level*, details berisi profil melintang, diagram curah hujan dan tabel tinggi muka air *sump*.

5. Referensi

- Azmeri, S. T. (2020). Erosi, Sedimentasi, dan Pengelolaannya. Syiah Kuala University Press. Çoltekin, A., Janetzko, H., & Fabrikant, S. I. (2018). Geovisualization. *Geographic Information Science*, 2018(Q2), online
- Cahyono, T. (2017). Statistik Uji Korelasi (1st ed.). Yayasan Sanitarian Banyumas (Yasamas).
- Endalew, L., & Mulu, A. (2023). Estimation of the amount of sediment entering into Shumburit reservoir from the Shumburit watershed, East Gojjam zone, Amhara Region, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 11, 100696.
- Endriantho, M., Ramli, M., Hasanuddin, T. P. U., & Hasanuddin, T. G. U. (2013). Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara. *Jurnal Geosains*, 9(01).
- Esri. (2023). Get started with Web GIS. Diakses melalui <https://www.esri.com/content/dam/esrisites/en-us/esri-press/pdfs/getting-to-know-web-gis-fourth-edition-sample-chapter.pdf> pada 15 November 2023.
- Esri. (2023). How Cut Fill works. Diakses melalui <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/3d-analyst/how-cut-fill-works.html> pada 15 November 2023.
- Esri. (2023). Introduction to dashboards. Diakses melalui <https://doc.arcgis.com/en/dashboards/latest/get-started/what-is-a-dashboard.html> pada 15 November 2023.
- Khomsin, K., Pratomo, D. G., Hariyanto, T., Pribadi, C. B., & Nugraha, A. (2023). Analisa Sebaran Sedimentasi di Waduk Selorejo dengan menggunakan Data Single

- Beam Echosounder. *Geoid*, 18(2), 302-310.
- Liu, S., Huang, S., Xie, Y., Leng, G., Huang, Q., Wang, L., & Xue, Q. (2018). Spatial-temporal changes of rainfall erosivity in the loess plateau, China: Changing patterns, causes and implications. *Catena*, 166, 279–289.
- Sayekti, R. R. (2017). Pengaruh Hujan Terhadap Sedimen pada Overland Flow di Permukiman Dusun Banteng, Sinduharjo, Ngaglik, Sleman. Universitas Gadjah Mada.
- Susanta, F. F., & Aditya, T. (2020). Visualisasi Pemodelan Hasil Analisis Jaringan Angkutan Umum Di Kabupaten Kulon Progo. *GEOMATIKA*, 26(1), 45–54.
- Wulandari A, & Cahyono B. K. (2020). Estimasi volume sedimentasi Waduk Sermo menggunakan metode RUSLE, batimetri dan angkutan sedimen. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 3(1), 39–48.
- Yan, Y., Dai, Q., Yuan, Y., Peng, X., Zhao, L., & Yang, J. (2018). Effects of rainfall intensity on runoff and sediment yields on bare slopes in a karst area, SW China. *Geoderma*, 330, 30–40.
- Zhou, Q. (2017). Digital elevation model and digital surface model. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*, 1-17. <https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0768>