

# Optimalisasi Data DEM LiDAR pada Area Perairan Sungai

Muhammad Adnan Yusuf<sup>1</sup>, Danang Setiaji<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Jawa Tengah, Indonesia  
Jl. Prof. Sudarto No.13, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

<sup>1</sup>muhammadadnan@lecturer.undip.ac.id

<sup>2</sup>Badan Informasi Geospasial (BIG)

Jl. Raya Jakarta - Bogor KM. 46 Cibinong 16911, Indonesia

<sup>2</sup>danang.geodesi@gmail.com

## ABSTRAK

*Light Detection and Ranging (LiDAR)* merupakan salah satu alat yang dapat menghasilkan akurasi tinggi dalam mengukur tinggi di permukaan bumi. Dengan menggunakan teknologi LiDAR dapat digunakan untuk mendeteksi beberapa objek di permukaan bumi seperti *ground*, vegetasi atau bangunan, namun teknologi LiDAR mempunyai kelemahan yaitu sulit mendeteksi titik-titik di area perairan. Oleh karena itu kerapatan *point cloud* di daerah perairan termasuk kategori rendah, sehingga DEM yang diturunkan dari data LiDAR memiliki permukaan air yang tidak alami. *Hydro-flattening* adalah proses menciptakan DEM yang diturunkan dari data LiDAR dengan tujuan untuk membuat permukaan air sungai rata dan mengalir. Komponen penting dari pembuatan *hydro flattening* adalah *breakline*, Data utama pada proses ini adalah *point cloud* Lidar yang sudah terklasifikasi *ground* dan *centerline*. Ada 4 langkah dalam proses *Hydro-flattening* ini yaitu langkah pertama, *Continuous Bare Ground Surface (CBGS)* dibuat dengan mencari elevasi terendah sepanjang sungai yang akan diproses. Pada langkah kedua, membuat radius pencarian berbentuk lingkaran yang berpusat pada *centerline* sungai untuk mencari elevasi *point cloud* LiDAR paling rendah di setiap lingkaran, elevasi tersebut digunakan untuk membuat *Virtual Water Surface (VWS)*. VWS ini perlu dilakukan revisi karena ketinggian minimum pada data LiDAR tidak selalu merupakan ketinggian permukaan air, VWS yang direvisi ini disebut dengan *Base Virtual Water Surface (B-VWS)*. Langkah ketiga adalah ekstraksi *breakline* dan *smoothing* hasil ekstraksi *breakline*. Langkah keempat adalah konversi *breakline* 2D ke 3D, hasil *breakline* 2D dimasukkan ketinggian dari B-VWS sehingga menjadi *breakline* 3D yang dapat digunakan untuk menghasilkan *Hydro-flattening DEM*. *Hydro flattening* diterapkan pada 2 lokasi sungai yang berbeda-beda, dimana lokasi sungai 1 memiliki karakter sungai dengan kategori kecil, sedangkan sungai 2 memiliki karakter sungai yang bercabang. Dari hasil *Hydro flattening DEM* LiDAR pada daerah perairan dapat sesuai dengan kondisi yang ada dilapangan yaitu perairan sungai yang datar dan mengalir dari hulu ke hilir. Dari kedua sungai tersebut membuktikan pentingnya dilakukan *Hydro flattening* pada DEM LiDAR.

**Kata kunci :** LiDAR, Hydro-Flattening, Breakline, Continuous Bare Ground Surface, Virtual Water Surface

## ABSTRACT

*Light and Ranging Detection (LiDAR)* is one of the tools that produce high accuracy in measuring of height of the earth's surface. By using LiDAR technology, it can be used to detect several objects on the surface of the earth such as ground, vegetation or buildings, but LiDAR technology has a weakness, which is difficult to detect points in the water area. Therefore the point cloud density in the water is in the low category, so the DEM derived from LiDAR data has an unnatural water surface. *Hydro-flattening* is the process of creating a DEM that is derived from LiDAR data aiming the river surface flatten and flowing. An important component of making hydro flattening is a breakline, to obtain breaklines usually by manually on screen digitized method which takes long period and involve human interpretation. The main data in this process are LiDAR point cloud classified and centerline. There are 4 steps in this semi-automatic method, In the first step Continuous Bare Ground Surface (CBGS) is created by finding and processing the lowest elevation along side the river. In the second step, create a circular search radius that centered on the river's centerline to find the lowest LiDAR point cloud elevation in each circle, that elevation is used to create a Virtual Water Surface (VWS). VWS needs to be revised because the minimum height in LiDAR data is not always the water level, this revised VWS is called the Base Virtual Water Surface (B-VWS). The third step is breakline extraction and smoothing, the extraction results are not perfect therefore smoothing is needed. The fourth step, converting 2D to 3D breakline need height of B-VWS that can be used to produce Hydro-flattening DEM. This semi-automatic method is applied to 2 different river locations, where river location 1 is a small river that used for accuracy testing, while river 2 is a river that has a branch. Hydro flattening DEM LiDAR results in water areas can be in accordance with the conditions in the field, namely river waters that are flat and flow from upstream to downstream. These two rivers prove the importance of doing Hydro flattening on the LiDAR DEM

**Keywords :** LiDAR, Hydro-Flattening, Breakline, Continuous Bare Ground Surface, Virtual Water Surface

## 1. PENDAHULUAN

*Light Detection and Ranging* (LiDAR) dari *Airborne Laser Scanning* (ALS) (Jiang dkk, 2005) merupakan salah satu teknik akurasi tinggi untuk mengukur tinggi terrain. LiDAR dapat menghasilkan informasi vertikal  $\pm 10$  cm dan informasi horizontal dengan ketelitian  $\pm 30$  cm (Brennan dan Webster, 2006; Wang dkk, 2014). Dengan menggunakan teknologi ini memungkinkan untuk mendeteksi *ground* dan objek lain seperti vegetasi atau bangunan. mendeteksi titik-titik di daerah perairan sedikit sulit untuk dilakukan, karena laser scanner memiliki reflectance yang lemah pada obyek air. Namun demikian, beberapa titik masih dimungkinkan dapat dipantulkan ketika ada beberapa gelombang atau beberapa objek di atas permukaan air (Korzeniowska, 2012).

Secara umum, ada dua jenis Model Elevasi Digital: DEM Topografi, yang digunakan untuk tujuan pemetaan, dan DEM Hidrologis, yang digunakan untuk tujuan pemodelan. Secara tradisional, Digital Terrain Models (DTMs) adalah *output* dari kompilasi stereo *masspoints* dan *breaklines* dari ortofoto digital. DTM memiliki resolusi yang lebih kasar daripada DEM dari lidar. DTM secara visual menggambarkan karakteristik DEM topografi termasuk: permukaan air yang datar, jembatan yang ditiadakan, batas tepi jalan dan lain-lain. Data sinyal intensitas LiDAR merupakan rekaman dari sinar yang dipantulkan objek dipermukaan bumi dari sinar yang dipancarkan oleh sensor (Charaniya dkk, 2004; Wang dan Glenn, 2009).

Digital elevation model (DEM) atau triangulated irregular network (TIN) yang berasal dari data LiDAR akan menunjukkan permukaan air yang tidak alami karena fakta bahwa data LiDAR tidak memberikan pantulan yang baik pada permukaan air dan elevasi titik air tidak seragam. Selain itu, konektivitas hidrologi di permukaan air diperlukan untuk memastikan bahwa air mengalir dari hulu (U / S) ke hilir (D / S) (Maune, 2013). oleh karena itu untuk mengoptimalkan data LiDAR terutama pada area sungai maka perlu dilakukan proses *Hydroflattening* sehingga badan air seperti: aliran, sungai menunjukkan perubahan ketinggian sepanjang aliran, sedangkan kolam, danau, atau permukaan air poligonal kartografis lainnya untuk menunjukkan permukaan air yang statis, konsisten dengan perilaku alami dan topografi sekitarnya (Heidemann, 2012).

Ada 4 langkah dalam proses *Hydroflattening* ini yaitu langkah pertama, *Continuous Bare Ground Surface* (CBGS) dibuat dengan mencari elevasi terendah sepanjang sungai yang akan

diproses. Pada langkah kedua, membuat radius pencarian berbentuk lingkaran yang berpusat pada centreline sungai untuk mencari elevasi *point cloud* LiDAR paling rendah di setiap lingkaran, elevasi tersebut digunakan untuk membuat *Virtual Water Surface* (VWS). VWS ini perlu dilakukan revisi karena ketinggian minimum pada data LiDAR tidak selalu merupakan ketinggian permukaan air, VWS yang direvisi ini disebut dengan *Base Virtual Water Surface* (B-VWS). Langkah ketiga adalah ekstraksi *breakline* dan *smoothing* hasil ekstraksi *breakline*., Langkah keempat adalah konversi *breakline* 2D ke 3D, hasil *breakline* 2D dimasukkan ketinggian dari B-VWS sehingga menjadi *breakline* 3D yang dapat digunakan untuk menghasilkan Hydro-flattening DEM

Optimalisasi DEM LiDAR pada area perairan sungai ini dilakukan dengan proses *hydroflattening* dengan tujuan agar dapat menggambarkan keadaan sungai yang sesuai keadaan dilapangan. Meskipun *hydroflattening* dapat membantu dalam pemodelan hidrolik dan hidrologi, kebutuhan utama *hydroflattening* didorong semata-mata oleh kebutuhan pemetaan kartografi. Hal ini dicapai dengan menggunakan garis 3D di sepanjang *shoreline* badan air (Deshpande, 2017). *shoreline* dapat didefinisikan sebagai garis kontak antara tanah dan air atau persimpangan tanah dengan permukaan air (Renslow, 2012).

## 2. METODE PENELITIAN

### A. Bahan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sungai daerah Banjarcahyana, yang terletak di dua Kabupaten yaitu kabupaten Banjarnegara dan Kabupaten Purwokerto, Provinsi Jawa Tengah. Data LiDAR yang digunakan dalam penelitian ini, diperoleh dari PT WaindoSpecterra. Data ini diakuisisi oleh PT WaindoSpecterra pada Februari 2018 menggunakan laser scanner OPTECT Orion H300 dari ketinggian terbang 2.500 m. Akurasi vertikal 0,083 m RMSE yang dilaporkan oleh penyedia data/ vendor. Data yang diperoleh sudah terklasifikasi masing-masing kelas. Selain data LiDAR, orthoimage digunakan untuk evaluasi hasil. Orthoimage diakuisisi pada Februari 2018, karena akuisisi dilakukan bersamaan antara LiDAR dan Foto Udara.

### B. Persiapan data

Data utama yang digunakan dalam proses metode sem-otomatis ini adalah data LiDAR terklasifikasi dan centreline sungai, sedangkan foto udara orthophoto hanya untuk intepretasi visual. Pada tahapan ini centreline tidak disediakan oleh penyedia data, sehingga perlu dilakukan digitasi

manual on screen pada tubuh sungai yang akan diproses. Data LiDAR mempunyai ukuran yang sangat besar, maka dari itu membutuhkan proses yang lama jika kita memproses keseluruhan data. Dari centreline yang sudah di buat maka dapat digunakan untuk memotong data LiDAR yang terlalu besar sehingga kita dapat fokus ke lokasi yang di proses saja. Sebelum itu tentukan dahulu lebar rata-rata sungai yang dapat diukur dan di rata-rata darii foto udara orthofoto. Lalu centreline dilakukan buffer dengan jari-jari sekitar  $2.5 \times W$ ,  $W$  disini adalah lebar rata-rata sungai. Centerline dan buffer dapat dilihat pada gambar 2 dibawah.

### C. Metode Optimalisasi data DEM LiDAR Area sungai

Secara umum metode optimalisasi makalah ini dibagi menjadi 4 langkah yaitu membuat *continuous bare ground surface* (CGBS) dengan point cloud LiDAR terklasifikasi, membuat *virtual water surface* (VWS), ekstraksi bank shoreline dan smoothing hasil shoreline, mengkonversi shoreline 2D ke 3D. Tahapan ini diproses pada data LiDAR terklasifikasi kelas 2 atau ground. Langkah-langkah ini dijelaskan secara rinci di bawah ini.

#### 1. Membuat *Continuous Bare Ground Surface* (CGBS) dengan *point cloud* LiDAR terklasifikasi

Pada data LiDAR terklasifikasi sudah terbentuk bare gorund surface karena sudah menggunakan kelas 2 atau kelas ground sehingga tinggal melanjutkan ke langkah berikutnya. Dengan catatan disini tubuh air sungai sudah di klasifikasikan juga pada kelas 9 yaitu water oleh penyedia data. Langkah selanjutnya adalah mencari nilai elevasi minimum dan maksimum, yang mana elevasi minimum akan mengganti elevasi point cloud yang ada di tubuh air sungai. Gambar 2 di bawah menunjukkan point cloud yang berada di ground dan tubuh air.

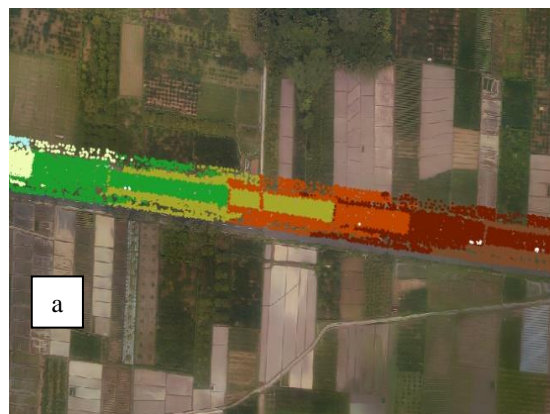


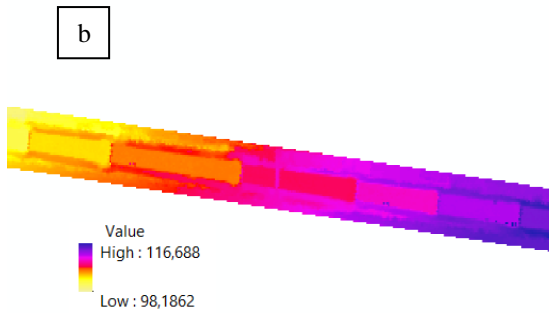
Gambar 1 *centerline* dan *buffer*



Gambar 2 Titik LiDAR untuk membuat CGBS (a) menunjukkan titik-titik ground (b) menunjukkan titik-titik di tubuh air.

Mencari elevasi minimum dengan cara mengkonversi point cloud LiDAR ke data raster, dari situlah dapat dilihat nilai elevasi minimum dari area yang akan diproses. Proses konversi ini dilakukan hanya pada area yang kita gunakan untuk proses, karena untuk efektifitas pemrosesan data. Elevasi minimum tersebut dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.

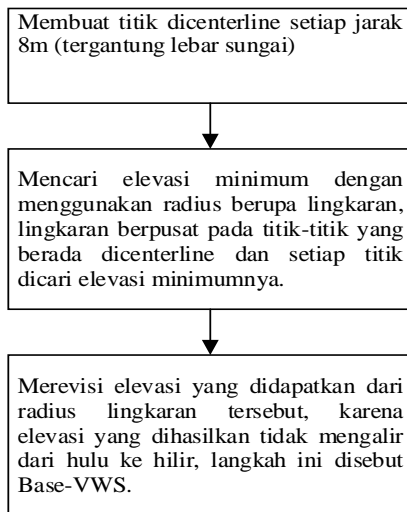




Gambar 3 (a) data point cloud (b) permukaan raster dengan elevasi minimum

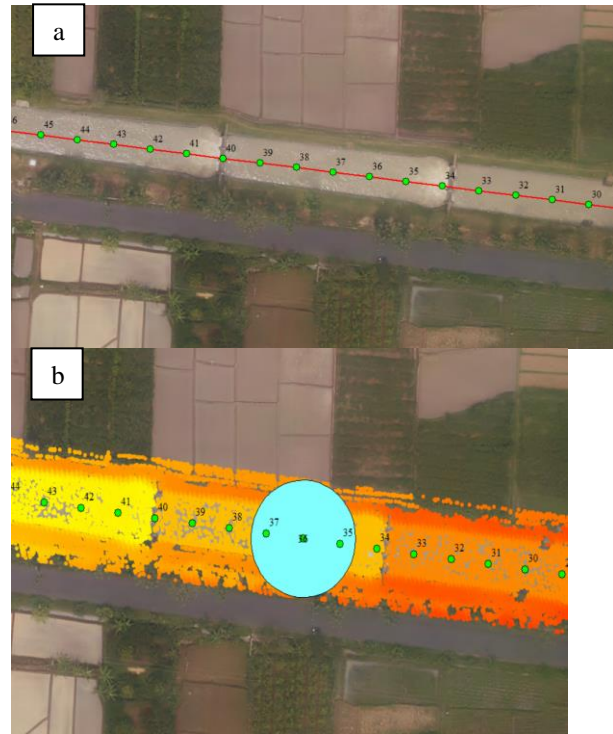
2. Membuat *Virtual Water Surface* (VWS)

Tujuan dari langkah ini adalah untuk mengekstraksi ketinggian yang berada dipermukaan air pada data LiDAR point cloud sehingga dapat membuat permukaan air virtual yang menurun dari hulu ke hilir.



Gambar 4 langkah-langkah membuat *Virtual Water Surface*

Pada tahap pertama untuk membuat VWS ini adalah membuat titik-titik di sepanjang centerline dengan jarak titik sama yaitu per 8m. setelah titik-titik di centerline dibuat, lalu membuat lingkaran dengan pusat di titik-titik centerline dengan tujuan untuk mencari elevasi minimum. Dapat dilihat pada gambar 5 dbawah ini.



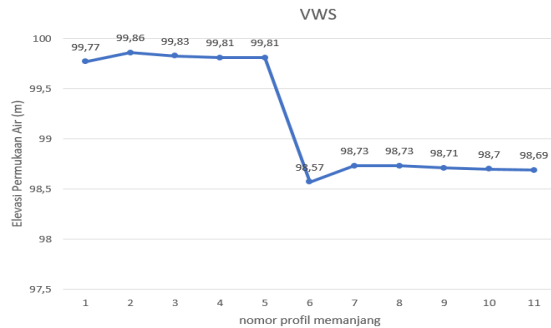
Gambar 5 (a) membuat titik setiap 8m disepanjang centerline sungai (b) titik-titik tersebut digunakan sebagai pusat radius lingkaran untuk mencari elevasi minimum

Seperti dijelaskan pada bagian sebelumnya, respons pulsa LiDAR terhadap permukaan air tidak konsisten dan dapat menghasilkan celah. Kemungkinan beberapa penampang mungkin tidak memiliki titik air antara bank. Area pencarian sempit di sekitar penampang tidak dapat menemukan titik elevasi terendah; oleh karena itu perlu menggunakan radius pencarian besar, melebihi jarak bank ke bank. Oleh karena itu, titik ketinggian minimum dicari hingga jarak radial  $R = 2,5 \times W$  dari persimpangan garis tengah sungai dan penampang. Di sini,  $W$  sama dengan lebar rata-rata sungai. Gambar 5 (b) menunjukkan titik-titik dalam radius pencarian dan lokasi titik minimum. Titik minimum ini diasumsikan berada pada atau dekat permukaan air aktual. Demikian pula, semua penampang dicari titik LiDAR elevasi terendah dalam radius pencarian.

Langkah selanjutnya setelah mendapatkan elevasi terendah dari masing-masing radius pencarian adalah merevisi elevasi minimum tersebut karena elevasi minimum yang di dapat relative memiliki elevasi yang acak sehingga tidak mencerminkan suatu sungai yang mengalir dari hulu

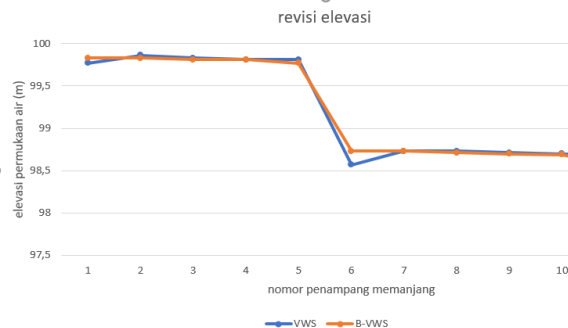


ke hilir. Hal ini dapat dilihat pada penampang memanjang yang ditampilkan gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6 VWS yang dihasilkan dari pencarian radius

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa hasil elevasi terendah bersifat acak dan tidak menurun secara teratur sehingga perlu dilakukan revisi elevasi supaya air dapat mengalir dari hulu ke hilir. Revisi ini dilakukan secara manual dan interpretasi operator masing-masing. Oleh karena itu hasil revisi elevasi ini dapat dilihat pada gambar 7 yang ada di bawah ini.



Gambar 7 revisi elevasi minimum

Dari gambar diatas bahwa elevasi minimum telah direvisi sehingga menghasilkan elevasi yang menurun dari hulu ke hilir. Gambar III.12 menunjukkan profil centerline Sungai. Idealnya, ketinggian (ditampilkan sebagai warna biru) harus meningkat secara bertahap dari D/S ke U/S. Tetapi profil menunjukkan perubahan ketinggian acak karena sifat titik LiDAR, kepadatan titik jarang di atas air, dan fitur yang berbeda pada permukaan air. Setiap titik di sepanjang profil diperiksa untuk memenuhi persyaratan bahwa ketinggian menurun hulu ke hilir. Memeriksa dari hulu ke hilir, titik hulu ditetapkan ketinggian titik hilir jika tingginya lebih rendah dari titik hilir. Gambar 7 menunjukkan elevasi yang direvisi. Permukaan TIN yang mewakili permukaan air dibuat menggunakan ketinggian yang direvisi di setiap penampang.

Elevasi yang direvisi ini disebut sebagai base-virtual water surface (B-VWS).

### 3. Ekstraksi *Bank shoreline* dan *smoothing shoreline*

Pada tahap sebelumnya, continuous bare ground surface (CBGS) dan base-virtual water surface (B-VWS) sudah dibuat. Berdasarkan konsep delineasi dataran banjir, dapat dilihat bahwa shoreline ditentukan pada persimpangan kedua permukaan ini. Oleh karena itu, pada tahap ekstraksi bank shoreline ini, B-VWS berpotongan dengan CBGS untuk menentukan poligon dari area di bawah, sama dengan, atau di atas B-VWS. Prosedur ini diterapkan untuk mengidentifikasi segitiga dari CBGS yang ada di bawah, di atas, dan di B-VWS. Batas segitiga ini, ketika dikelompokkan bersama, mewakili posisi horizontal garis pantai bank.

Tool yang disebut "surface difference," tersedia di ArcGIS Toolbox ESRI, digunakan untuk persimpangan dua permukaan. Tool ini bekerja dengan melakukan perbandingan geometris antara segitiga pada permukaan CBGS dan B-VWS. Segitiga dari permukaan CBGS diklasifikasikan sebagai sepenuhnya di atas, di bawah, atau memotong permukaan B-VWS. Ketika persimpangan terdeteksi, alat membagi segitiga menjadi bagian-bagian yang kemudian diklasifikasikan seperti di atas, di bawah, atau coplanar ke permukaan lainnya. Alat ini mengelompokkan segitiga yang berdekatan, dan bagian segitiga yang memiliki klasifikasi yang sama menjadi poligon. Shoreline bank diidentifikasi menggunakan poligon yang di bawah atau sama dengan B-VWS (Deshpande dan Yilmaz, 2017).

Poligon yang diperoleh dari hasil persimpangan dua permukaan ditunjukkan pada Gambar 8. Poligon ini tampaknya kasar dan tidak menyenangkan secara kartografis. Selain itu, beberapa poligon ukuran kecil dan pulau kecil dapat dilihat di permukaan tanah dan air.



Gambar 8 hasil bank shoreline

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa hasil ekstraksi bank shoreline dari metode ini belum halus, maka dari itu dilakukan smoothing pada hasil polygon ekstraksi bank shoreline ini. Perbatasan poligon dihaluskan dengan menggunakan metode PAEK (Polynomial Approximation with Exponential Kernel) dengan toleransi smoothing 30,48 m (100 kaki). Metode PAEK diadopsi karena menghasilkan batas poligon yang lebih halus (S. S. Deshpande & Yilmaz, 2017). Pada tahap smoothing ini akan menghasilkan pulau-pulau kecil yang harus dibersihkan secara manual. Hasil smoothing bank shoreline ini dapat dilihat pada gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9 (a) bank shoreline yang telah dilakukan smoothing (b) bank shoreline setelah di hapus polygon-poligon kecil

#### 4. Konversi shoreline 2D ke 3D

Bank shoreline yang dihasilkan dari metode ini masih berupa polygon 2D sehingga belum bisa untuk melanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu Hydro-flattening. Maka dari itu perlu dilakukan pengkonversian shoreline dari 2D ke 3D agar dapat dilakukan proses selanjutnya. Proses pengkonversian ini dilakukan dengan cara memasukkan elevasi yang sudah di hasilkan dari proses B-VWS, karena pada B-VWS sudah menunjukkan elevasi yang menurun dari hulu ke hilir.

#### 5. Membuat *hydro flattening* DEM

Tahap terakhir adalah untuk membuat hydro flattening dengan data LiDAR *bare ground* menggunakan poligon shoreline bank 2D yang diperoleh dalam proses di atas. shoreline 2D yang dihaluskan diubah menjadi 3D, menggunakan ketinggian dari B-VWS karena permukaan ini dekat dengan permukaan air aktual dibandingkan dengan VWS. Proses hydro flattening ini dilakukan dengan polygon shoreline 3D yang sudah di masukkan elevasi pada B-VWS. Titik-titik yang berada di tubuh sungai dalam poligon bank shoreline yang sudah dilakukan smoothing diklasifikasikan sebagai titik air, lalu polygon bank shoreline ini di buffer 0,5m diklasifikasikan sebagai Model Key Point. Baik titik air dan model key point tidak ikut dalam proses triangulasi. Semua titik bare ground yang tersisa dilakukan proses triangulasi menggunakan bank shoreline 3D.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam makalah ini bertujuan untuk mengoptimalkan data DEM LiDAR pada perairan sungai pada 2 lokasi sungai yang berbeda-beda, berikut dibawah ini hasil dari masing-masing sungai tersebut.

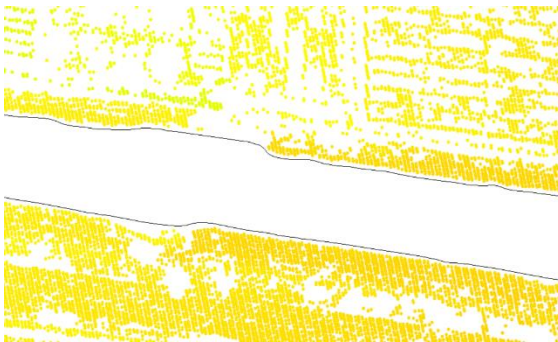
#### a. Sungai 1

Sungai pada lokasi pertama ini terletak pada daerah Banjar Cahyana. Sungai ini dikategorikan sebagai sungai kecil. Sungai lokasi pertama yang diproses ini memiliki panjang sungai 0,6 km dan memiliki lebar rata-rata 9m.



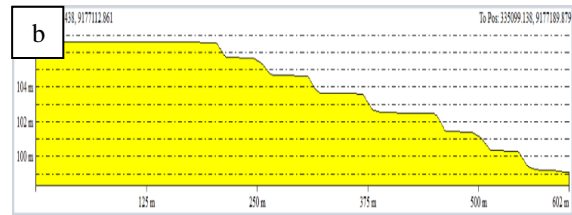
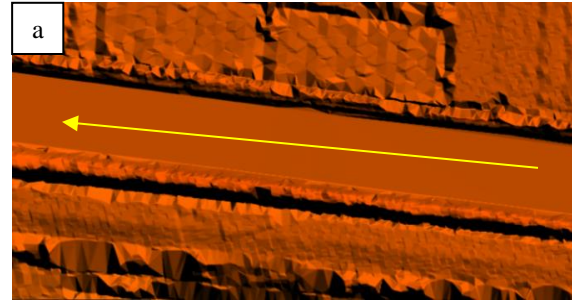
Gambar 10 Lokasi sungai 1

Proses hydro flattening ini dilakukan dengan polygon shoreline 3D yang berdasarkan elevasi pada B-VWS. Titik-titik yang berada ditubuh sungai dalam poligon bank shoreline yang sudah dilakukan smoothing diklasifikasikan sebagai titik air, lalu polygon bank shoreline ini di buffer 0,5m diklasifikasikan sebagai Model Key Point. Baik titik air dan model *key point* tidak ikut dalam proses triangulasi. Semua titik bare ground yang tersisa dilakukan proses triangulasi menggunakan bank shoreline 3D. Proses *hydro flattening* pada sungai 1 ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini yang ditunjukkan pada gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11 Melakukan hydro-flattening dengan 3D shoreline

Dalam gambar diatas dapat dilihat bahwa tidak ada *point cloud* yang berada didalam badan air sungai, karena jika masih ada *point cloud* akan menyebabkan permukaan air tidak rata. Hasil dari proses *hydro flattening* ini ditunjukkan pada gambar 12 dibawah ini.



Gambar 12 (a) hasil hydro flattening DEM (b) profil memanjang dari hydro flattening DEM

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa permukaan yang ada dibadan air sungai sudah memiliki visualisasi yang rata dan memiliki elevasi yang sudah menurun dari hulu ke hilir dibuktikan dengan profil memanjang yang dilakukan pada badan air sungai. Dari gambar 12 diatas hasil profil memanjang seperti anak tangga, hal tersebut disebabkan oleh adanya beberapa pintu air disepanjang sungai 1 ini sehingga elevasi menurun pada pintu air tersebut konstan dan hampir sama yang menyebabkan seperti anak tangga.

#### b. Sungai 2

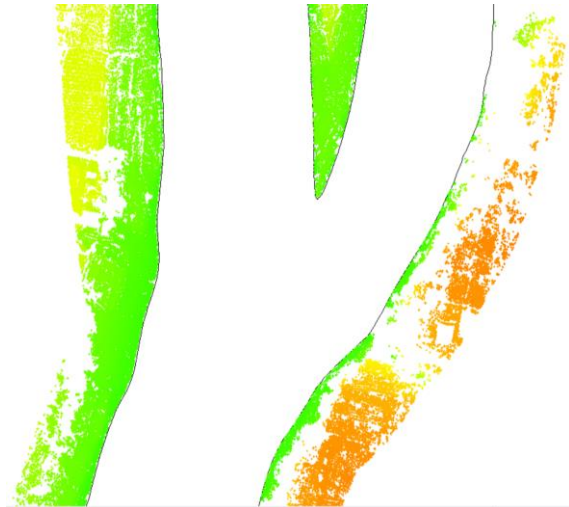
Sungai pada lokasi kedua ini terletak pada daerah Banjar Cahyana. Sungai ini memiliki karakter yang berbeda dengan lokasi sungai pertama karena sungai dilokasi kedua ini memiliki karakter bercabang, sungai yang bercabang ini belum pernah dilakukan uji coba dengan metode semi otomatis ini. Maka dari itu dalam makalah ini dilakukan metode semi-otomatis pada sungai yang karakternya bercabang. Sungai lokasi kedua yang diproses ini memiliki panjang sungai 2.3 km dan memiliki lebar sungai yang sangat bervariasi. metode semi-otomatis ini diproses pada sungai lokasi kedua ini. Detail lokasi sungai yang kedua ini dapat dilihat pada gambar 13 berikut ini.





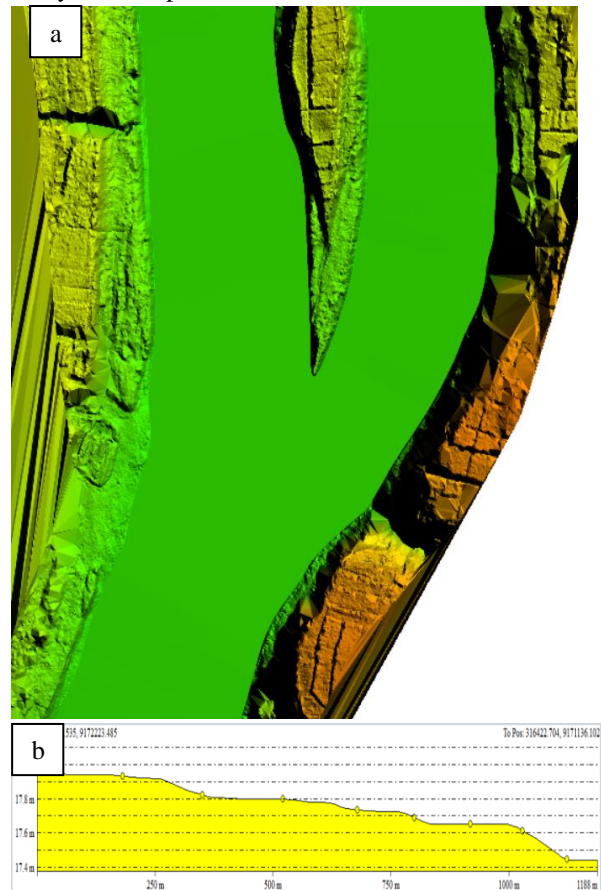
Gambar 13 Lokasi sungai 2

Proses *hydro flattening* ini dilakukan dengan polygon shoreline 3D yang sudah di apply pada B-VWS. Titik-titik yang berada di tubuh sungai dalam poligon bank shoreline yang sudah dilakukan smoothing diklasifikasikan sebagai titik air, lalu polygon bank shoreline ini di buffer 0,5m diklasifikasikan sebagai Model Key Point. Baik titik air dan model key point tidak ikut dalam proses triangulasi. Semua titik bare ground yang tersisa dilakukan proses triangulasi menggunakan bank shoreline 3D.



Gambar 14 Melakukan hydro flattening dengan 3D shoreline sungai 2

Dalam gambar 14 diatas dapat dilihat bahwa tidak ada point cloud yang berada didalam badan air sungai, karena jika masih ada point cloud akan menyebabkan permukaan air tidak rata.



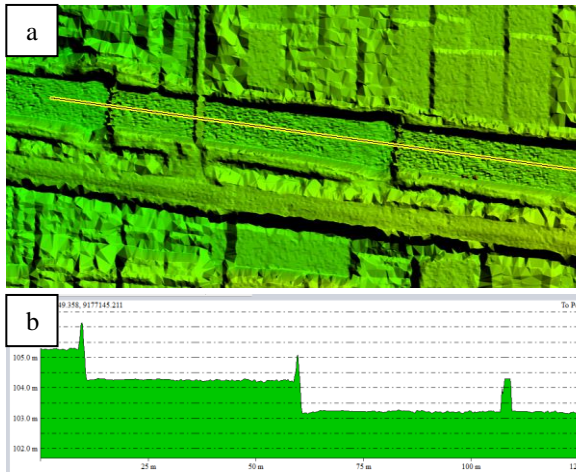


Gambar 15 a) hasil *hydro flattening* DEM sungai 2  
(b) profil memanjang dari *hydro flattening* DEM sungai 2

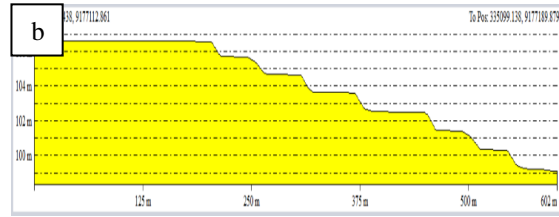
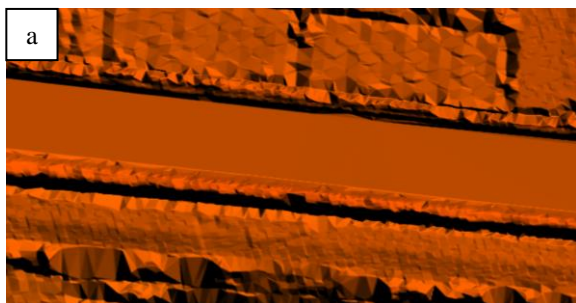
Dari hasil gambar 15 diatas dapat dilihat bahwa permukaan yang ada dibadan air sungai sudah memiliki visualisasi yang rata dan memiliki elevasi yang sudah menurun dari hulu ke hilir dibuktikan dengan profil memanjang yang dilakukan pada badan air sungai.

c. Perbandingan sebelum dan sesudah dilakukan *Hydro flattening*

DEM LiDAR memiliki hasil yang tidak baik pada daerah perairannya, disebabkan oleh pulsa lidar yang diserap oleh air. Sehingga kita perlu melakukan *Hydro flattening* untuk membuat daerah perairan sungai sesuai dengan kondisi dilapangan. Selanjutnya kita perlu membandingkan sebelum dan sesudah DEM LiDAR di lakukan proses *Hydro flattening*. Gambar-gambar dibawah ini akan menjelaskan pentingnya *Hydro flattening* dilakukan.

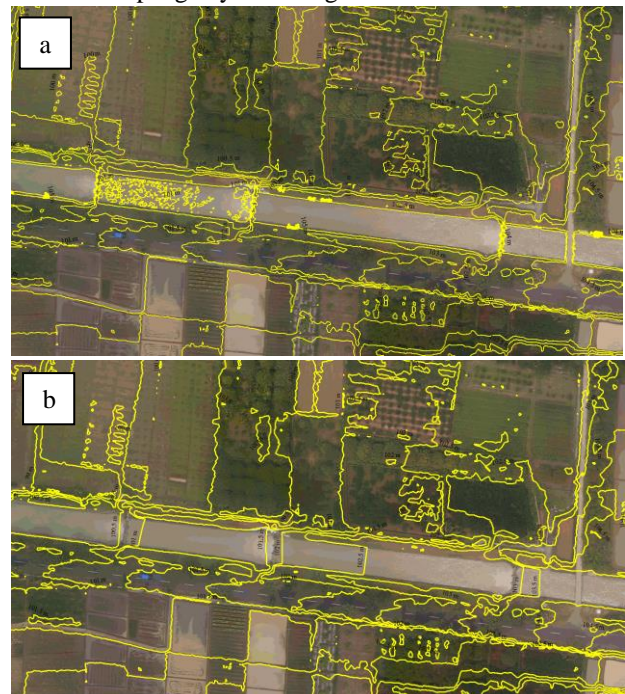


Gambar 16 a) hasil DEM LiDAR sungai 1 (b) profil memanjang DEM LiDAR sungai 1



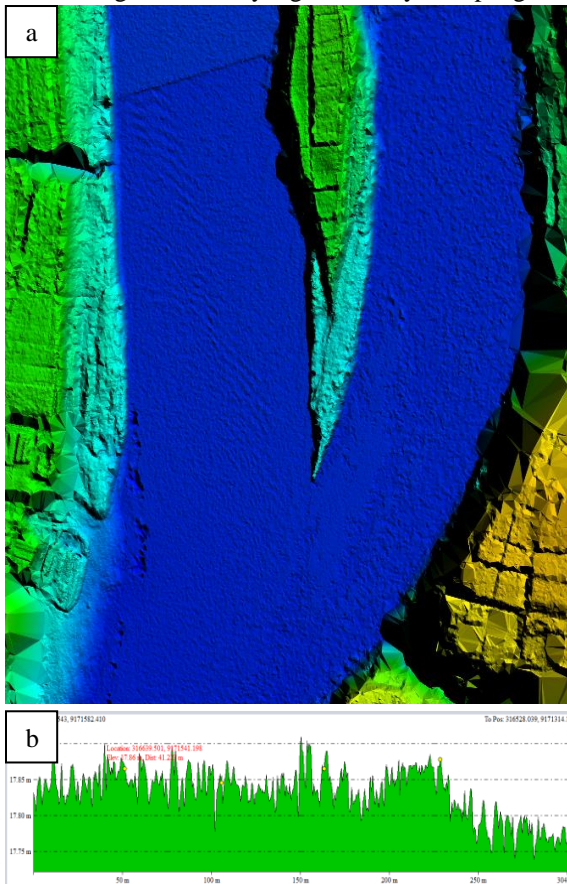
Gambar 17 a) hasil *hydro flattening* DEM sungai 1  
(b) profil memanjang dari *hydro flattening* DEM sungai 1

Gambar 16 merupakan DEM sungai 1 sebelum dilakukan proses *Hydro flattening*, dapat dilihat bahwa permukaan sungai yang dihasilkan DEM LiDAR nampak sama dengan permukaan tanah sehingga tidak merepresentasikan permukaan sungai, lalu dilihat dalam profil memanjang sungai 1 ini tidak menunjukkan sungai yang mengalir dari hulu ke hilir karena ada elevasi yang konsisten menurun sehingga hal ini tidak merepresentasikan keadaan sungai yang sesungguhnya, selain itu dapat berpengaruh dalam pembentukan kontur yang tidak sesuai keadaan dilapangan. Gambar 17 merupakan DEM sungai 1 yang sudah dilakukan *Hydro flattening* sehingga secara visual baik permukaan air sungai dan profil memanjang sesuai dengan kondisi dilapangan yaitu mengalir dari hulu ke hilir.

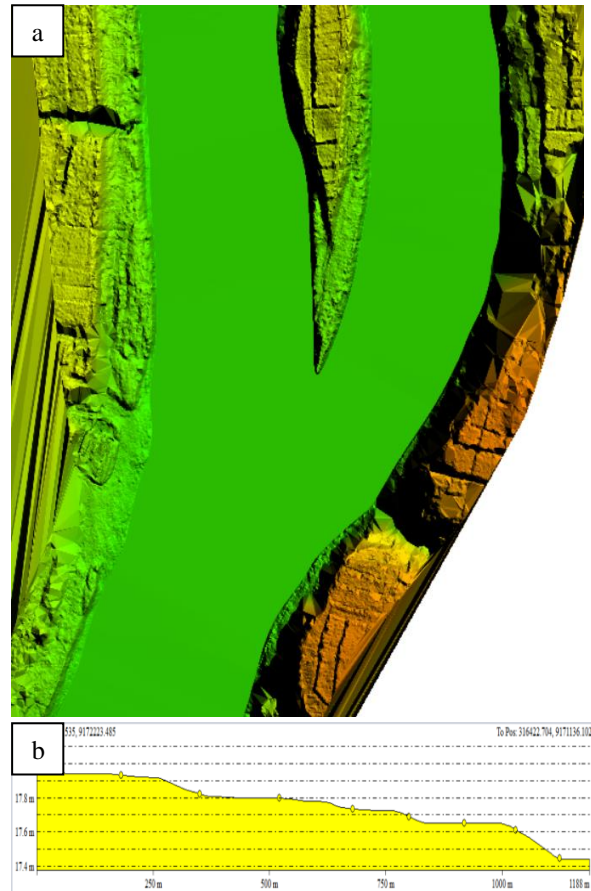


Gambar 18 (a) Kontur sungai 1 sebelum dilakukan *Hydro flattening* (b) Kontur sungai 1 setelah dilakukan *Hydro flattening*

Gambar 18 di atas menunjukkan pentingnya mengoptimalkan data DEM LiDAR dengan metode *Hydro flattening*, karena dapat dilihat pada gambar 18 (a) kontur yang dihasilkan tidak sesuai keadaan sebenarnya, seperti masih adanya kontur jembatan yang melintasi sungai, lalu adanya elevasi acak di tubuh sungai dan tidak datarnya area tubuh sungai. Kendala-kendala ini dapat dioptimalkan dengan metode *Hydro flattening* seperti yang ditunjukkan pada gambar 19 (b) sehingga kontur yang dihasilkan sesuai dengan keadaan yang sebenarnya dilapangan.



Gambar 18 a) hasil DEM LiDAR sungai 2 (b) profil memanjang DEM LiDAR sungai 2



Gambar 19 a) hasil *hydro flattening* DEM sungai 2 (b) profil memanjang dari *hydro flattening* DEM sungai 2

Gambar 18 merupakan DEM sungai 2 sebelum dilakukan proses *Hydro flattening*, dapat dilihat bahwa permukaan sungai yang dihasilkan DEM LiDAR nampak sama dengan permukaan tanah sehingga tidak merepresentasikan permukaan sungai, lalu dilihat dalam profil memanjang sungai 2 ini tidak menunjukkan sungai yang mengalir dari hulu ke hilir karena ada elevasi yang konsisten menurun sehingga hal ini tidak merepresentasikan keadaan sungai yang sesungguhnya, selain itu dapat berpengaruh dalam pembentukan kontur yang tidak sesuai keadaan dilapangan. Gambar 19 merupakan DEM sungai 2 yang sudah dilakukan *Hydro flattening* sehingga secara visual baik permukaan air sungai dan profil memanjang sesuai dengan kondisi dilapangan yaitu mengalir dari hulu ke hilir. Perlu diketahui sungai 2 ini memiliki karakteristik pertemuan 2 sungai yang tentunya memiliki elevasi

yang berbeda sebelum sungai bertemu pada aliran yang sama, metode *Hydro flattening* bisa diterapkan di kondisi seperti sungai 2 sehingga tidak jadi masalah jika sungai yang akan di optimalkan memiliki karakteristik bercabang seperti sungai 2 ini.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari kedua sungai tersebut dapat disimpulkan bahwa DEM yang dihasilkan dari data LiDAR tidak dapat digunakan secara langsung pada daerah perairannya, perlu dioptimalkan dengan proses *Hydro flattening* DEM LiDAR agar pada daerah perairan dapat sesuai dengan kondisi yang ada dilapangan yaitu perairan sungai yang datar dan mengalir dari hulu ke hilir. Dari kedua sungai tersebut membuktikan pentingnya dilakukan *Hydro flattening* agar menghasilkan DEM LiDAR yang optimal terutama pada area perairan sungai.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada PT WaindoSpecterra yang memfasilitasi dan memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian ini dengan memberikan data yang lengkap. Peneliti memberikan ucapan terima kasih juga kepada Ir. Suradji, Rian Perdana, S.T dan Danang Santoso, S.T yang telah bersedia bertukar pikiran dan memberikan ilmu serta semua pihak yang ikut membantu dan memberikan dukungan dalam proses penelitian ini.

#### ACUAN REFERENSI

- Brennan, R., & Webster, T. L., 2006. Object-oriented land cover classification of lidar-derived surfaces, *The Canadian Journal of Remote Sensing*, Vol. 32(2), 162–172.
- Charaniya, A. P., Manduchi, R., & Lodha, S. K. (2004). Supervised Parametric Classification of Aerial LiDAR Data. In *CVPRW'04, Proceedings of the IEEE 2004 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop*, Vol. 3, pp. 1–8.
- Deshpande, S. S., 2017. Semi-automated Methods to Create a Hydro-flattened DEM using Single Photon and Linear Mode LiDAR Points, Dissertation, Graduate Program in

Geodetic Science, The Ohio State University, USA.

- Deshpande, S. S., & Yilmaz, A. (2017). A semi-automated method to create a lidar-based hydro-flattened DEM. *International Journal of Remote Sensing*, 38(5), 1365–1387.  
<https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1280632>
- Heidemann, H. K., 2012. Lidar base specification version 1.0: US Geological Survey Techniques and Method, book 11, chap.
- Jiang, J., Ming Y., Zhang, Z., Zhang, J. (2005). Point-based 3D Surface Representation from Lidar Point clouds. *The 4th ISPRS Workshop on Dynamic and Multi-dimensional GIS*. September 6-8, 2005, Wales, UK, 1-4
- Korzeniowska, K., 2012. Modelling of water surface topography on the Digital Elevation Models using LiDAR data, 1–3. *Proceedings of the AGILE'2012 International Conference on Geographic Information Science*, Avignon, April, 24-27, 2012.
- Maune, D. F., 2013. FEMA's Mapping and Surveying Guidelines and Specifications. in *Proceedings of the Fall 2003 Conference of American society for Photogrammetry & Remote Sensing*.
- Renslow, 2012 *Manual of Airbone Topographic Lidar*, Bethesda, Maryl
- Wang, C., & Glenn, N. F. (2009). Integrating LiDAR Intensity and Elevation Data for Terrain Characterization in a Forested Area. *IEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol. 6(No. 3), 463–466.