

PEMANFAATAN TEKNOLOGI LIDAR DALAM ANALISIS GENANGAN BANJIR AKIBAT LUAPAN SUNGAI BERDASARKAN SIMULASI MODEL HIDRODINAMIK

M. Baitullah Al Amin

*Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya dan
Kepala Pusat Penelitian Manajemen Air dan Lahan Universitas Sriwijaya
E-mail: baitullah@unsri.ac.id*

ABSTRACT

Flood analysis requires accurate topographic data to obtain a good overview of flood inundation. At this time, LIDAR (Light Detection and Ranging) is the best technology of remote sensing for collecting elevation data from earth surface. This elevation data can be used to create relief of the earth's surface in three-dimensional format which is often referred to as a digital elevation model (DEM).

This paper dealt with the utilization of LIDAR technology in analysis of flood inundation due to overflowing river based on simulation of hydrodynamic model. The creation of DEM from elevation data was done by geographic information system technique using Global Mapper software. The river geometry model was established by using HEC-GeoRAS installed in ArcGIS which then water surface profiles of flood were simulated using HEC-RAS.

The result of flood profiles simulation were imported into HEC-GeoRAS in order to obtain flood inundation map. The utilization of LIDAR technology is very helpful within analysis of flood inundation, so that the availability and its access need to be improved.

Key words: LIDAR, DEM, HEC-GeoRAS, HEC-RAS, Flood Simulation

1. PENDAHULUAN

Bencana banjir dapat menyebabkan kerugian yang sangat besar terhadap pemukiman, perekonomian dan lingkungan, bahkan kehilangan jiwa manusia (Di Baldassarre, 2012). Hampir setiap tahun beberapa wilayah di Indonesia, terutama di daerah perkotaan dilaporkan mengalami bencana banjir. Sebagian besar kasus kejadian banjir tersebut terjadi akibat luapan sungai yang tidak mampu menampung aliran banjir. Hal ini membutuhkan perhatian yang sangat serius dari pemerintah untuk mengatasi permasalahan banjir, jika tidak ingin kerugian yang lebih besar terjadi di masa yang akan datang.

Upaya mitigasi bencana banjir akibat luapan sungai dapat dilakukan melalui perencanaan pengendalian banjir yang tepat. Perencanaan tersebut dapat ditempuh melalui serangkaian analisis mengenai dampak genangan banjir terhadap daerah-daerah di sekitar

sungai dan bagaimana struktur-struktur hidraulik mampu mengurangi dampak genangan tersebut.

Kunci penting dalam analisis genangan banjir adalah peta topografi yang dalam format tiga dimensi disebut sering sebagai *digital elevation model (DEM)*, yaitu peta yang menunjukkan relief permukaan bumi (Sinnakaudan, 2009). Peta DEM dapat memberikan geometri penampang sungai dan daerah-daerah di sekitar sungai. Semakin akurat peta DEM tersebut, maka semakin baik gambaran pemetaan genangan banjir yang dapat dihasilkan. Hal tersebut berimplikasi semakin efektif pula hasil perencanaan pengendalian banjir.

Beberapa cara dapat dilakukan untuk membuat peta DEM, diantaranya pengukuran manual di lapangan, penggunaan citra satelit seperti SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) dan ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), teknologi IFSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*), dan LIDAR (*Light Detection and Ranging*). Namun kelemahan pengukuran manual adalah membutuhkan waktu yang lama untuk memperoleh hasil yang cukup akurat, sedangkan kelemahan citra satelit SRTM dan ASTER adalah resolusi yang relatif rendah untuk analisis genangan banjir yang detil, yaitu hanya berkisar 30 m x 30 m. Teknologi IFSAR dapat menghasilkan DEM dengan resolusi yang akurat, namun umumnya digunakan untuk daerah yang cukup luas. Untuk daerah yang lebih spesifik, terutama dengan tingkat densitas vegetasi yang cukup tinggi, IFSAR tidak dapat digunakan (Mercer, 2001; Hodgson, *et al.*, 2003; National Research Council of The National Academies, 2007). Pada saat ini, teknologi LIDAR (*Light Detection and Ranging*) dianggap yang terbaik dalam menghasilkan peta DEM yang akurat dengan resolusi yang sangat tinggi, yaitu dapat mencapai 1 m x 1 m dan bahkan kurang dari 1 m.

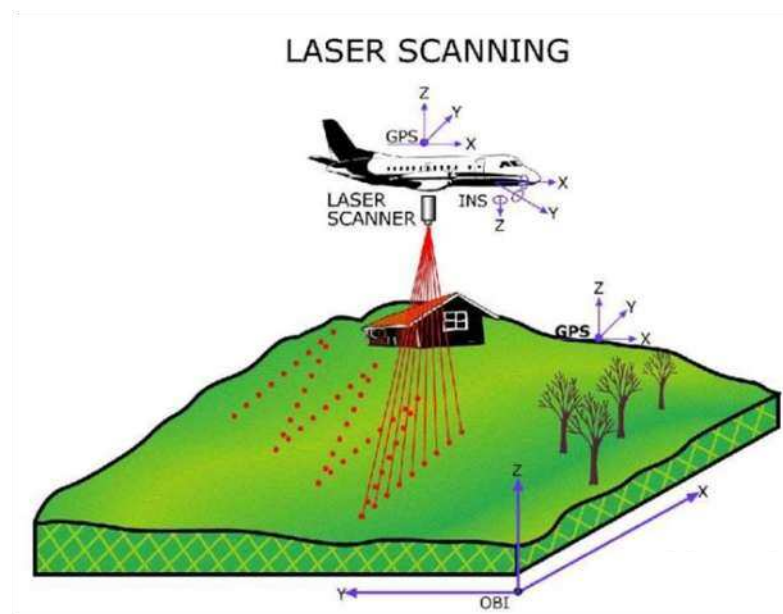
Makalah ini membahas mengenai pemanfaatan teknologi LIDAR dalam analisis genangan banjir akibat luapan sungai. Data LIDAR digunakan untuk membuat peta DEM beresolusi tinggi, yang selanjutnya digunakan untuk membuat geometri penampang sungai dan daerah-daerah di sekitarnya. Analisis genangan banjir dilakukan berdasarkan hasil simulasi model hidrodinamik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi LIDAR

LIDAR merupakan singkatan dari *Light Detection And Ranging*, yaitu teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) terkini dalam menyediakan data pengukuran elevasi dengan cepat dan akurat. Sistem LIDAR dapat melakukan pengukuran mencapai 40 km² dalam sehari dengan ketelitian horisontal dan vertikal masing-masing adalah 30 cm dan 15

cm. Resolusi DEM yang dihasilkan menggunakan data LIDAR berkisar antara 20 – 100 cm (Shamsi, 2005). Pengumpulan data LIDAR dilakukan menggunakan pesawat yang menembakkan gelombang aktif ke permukaan bumi, dimana gelombang tersebut akan kembali setelah mengenai objek-objek di permukaan bumi. Setiap objek-objek yang memantulkan gelombang tersebut akan menghasilkan titik-titik dengan nilai koordinat x , y dan z yang direkam secara kontinyu menggunakan komputer (Johnson, 2009). Gambar 1 di bawah ini menunjukkan ilustrasi proses perekaman data LIDAR.

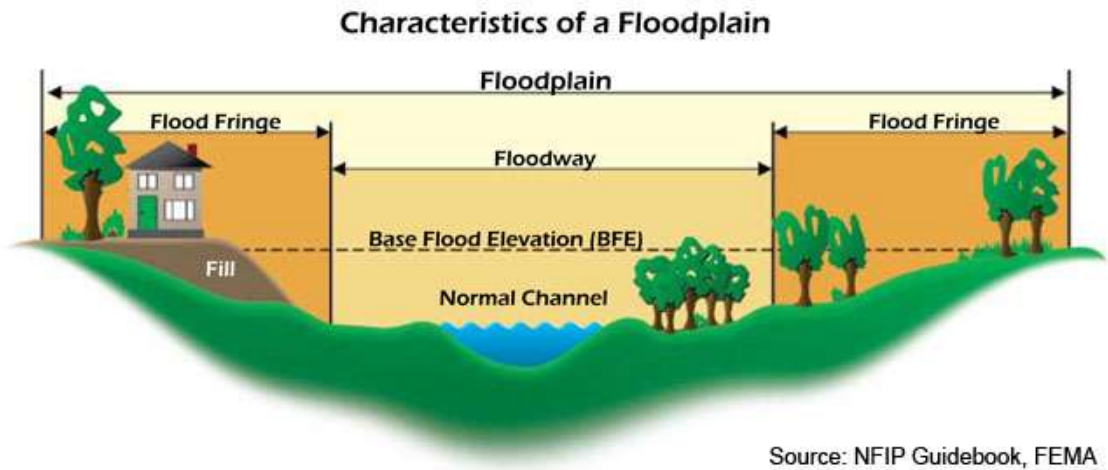


Gambar 1. Ilustrasi perekaman data LIDAR

(sumber: <http://proceedings.esri.com>)

Dataran Banjir (*Floodplain*)

Dataran banjir merupakan daerah di kanan dan kiri sungai yang secara periodik tergenang oleh air akibat luapan dari sungai. Dataran banjir umumnya terbentuk secara alami oleh aliran banjir di sungai. Kerusakan akibat aliran banjir dapat terjadi apabila dataran banjir tersebut diganggu oleh aktivitas manusia dengan mengubah badan air, membangun di hulu sungai sehingga lahan resapan berkurang, dan membangun pemukiman secara tidak tepat di bantaran sungai. Gambar 2 berikut memberikan ilustrasi dataran banjir.



Gambar 2. Ilustrasi dataran banjir
(sumber: NFIP Guidebook, FEMA)

Model Hidrodinamik

Di Baldassarre (2012) menjelaskan bahwa HEC-RAS merupakan salah satu model hidrodinamik yang dapat digunakan untuk simulasi hidrolika profil aliran dan dataran banjir dengan penerapannya pada sungai dengan panjang puluhan sampai dengan ratusan kilometer tergantung pada ukuran daerah aliran sungai (DAS). Al Amin, *et al.* (2015) menjelaskan potensi genangan banjir di sepanjang sungai dapat divisualisasikan melalui penelusuran banjir di sepanjang sungai menggunakan HEC-RAS. Luasan genangan banjir dimodelkan sebagai tampungan reservoir, dimana geometrinya didefinisikan menggunakan hubungan level muka air terhadap volume. Merwade, *et al.* (2008) dalam Di Baldassarre (2012) menyebutkan bahwa HEC-RAS merupakan perangkat lunak yang umumnya digunakan di Amerika Serikat. Oleh karena itu, dukungan perangkat lunak lainnya yang dihubungkan dengan HEC-RAS telah banyak dikembangkan, salah satunya yang terbaik adalah HEC-GeoRAS (Ackerman, 2002), yang merupakan alat yang bekerja dalam lingkungan sistem informasi geografis (SIG) untuk memproses data hasil model HEC-RAS. Menggunakan HEC-GeoRAS, model genangan banjir menjadi lebih mudah dipahami, karena interpretasi terhadap kedalaman, batas dan luas genangan dilakukan menggunakan teknik SIG.

3. METODE PENELITIAN

Tahapan-tahapan yang digunakan dalam analisis genangan banjir dalam makalah ini secara berurutan dijelaskan sebagai berikut:

1. Penyiapan data titik-titik ketinggian LIDAR

Data titik-titik ketinggian LIDAR diperoleh berdasarkan data *point cloud* yang dapat diunduh dan diperoleh secara gratis dari *website* <http://opentopo.sdsc.edu>. Adapun wilayah yang menjadi lokasi kajian adalah salah satu wilayah di Amerika Serikat. Hal ini disebabkan karena belum tersedianya data LIDAR untuk wilayah di Indonesia.

2. Pembuatan DEM

Pembuatan DEM dilakukan menggunakan perangkat lunak Global Mapper 15 berdasarkan titik-titik ketinggian untuk *ground* dan *bathimetric* pada data LIDAR. Resolusi DEM yang digunakan adalah 1 m x 1 m. DEM yang telah dibuat selanjutnya diekspor ke dalam format raster dengan ekstensi *.*GeoTiff*.

3. Pembuatan model geometri sungai

DEM yang telah dibuat selanjutnya dibuka pada perangkat lunak ArcGIS 10. Modul HEC-GeoRAS 10.1 yang telah diinstal di ArcGIS 10 digunakan untuk membuat model geometri sungai, diantaranya alur saluran utama dan bantaran sungai, serta penampang melintang sungai.

4. Simulasi profil muka air banjir

Model geometri sungai disimulasikan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 4.1. Simulasi dilakukan berdasarkan asumsi-asumsi berikut:

- a. Nilai kekasaran Manning saluran ditentukan sebesar 0,035 secara seragam.
- b. Debit banjir (aliran mantap) divariasikan sebanyak tiga variasi besaran, masing-masing yaitu 1.000 m³/s, 2.000 m³/s, dan 3.000 m³/s. Debit banjir tersebut digunakan sebagai kondisi batas (*boundary condition*) di hulu sungai.
- c. Elevasi muka air di hilir sungai ditetapkan sebesar + 3,0 m yang berlaku untuk seluruh debit banjir. Elevasi muka air tersebut digunakan sebagai kondisi batas di hilir.

5. Delineasi genangan banjir

Hasil simulasi profil banjir untuk setiap debit banjir selanjutnya diimpor ke dalam HEC-GeoRAS 10.1 sehingga diperoleh batas-batas dan kedalaman genangan banjir.

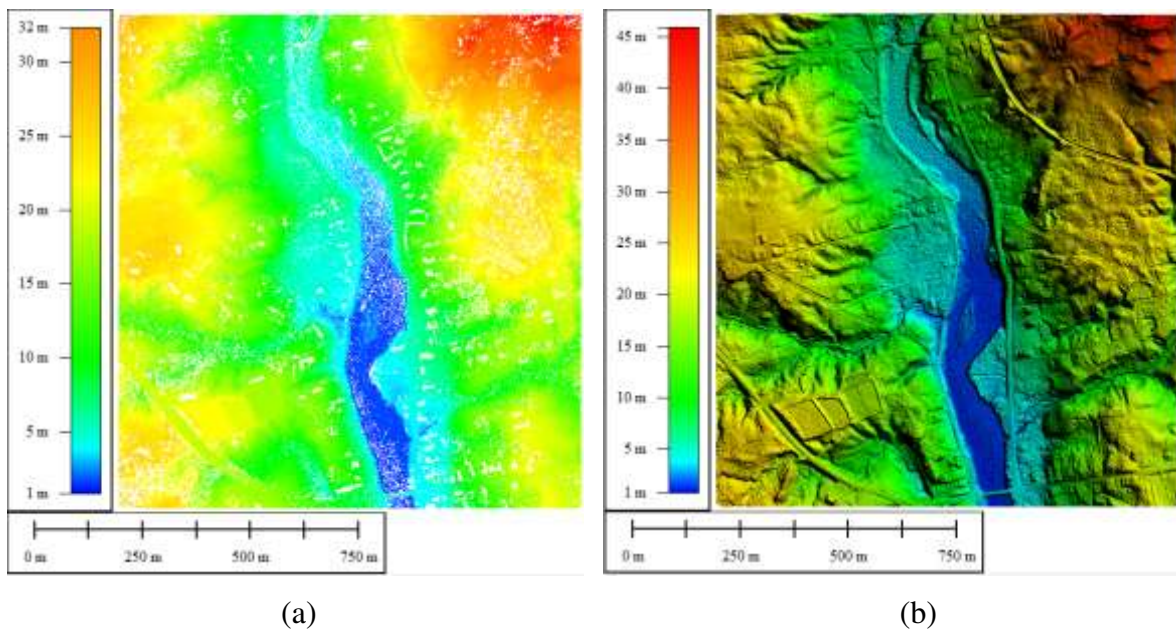
6. Pemetaan genangan banjir

Hasil delineasi genangan banjir selanjutnya di-*overlay* dengan foto udara sehingga dapat diperoleh gambaran daerah-daerah di sekitar sungai yang tergenang banjir.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Titik-Titik Ketinggian dan DEM

Data titik-titik ketinggian yang diunduh dapat berupa file dengan ekstensi *.las atau *.laz. File tersebut selanjutnya dibuka menggunakan perangkat lunak Global Mapper 15, dimana titik-titik ketinggian yang ditampilkan hanya untuk *ground* dan *bathimetric* yang hasilnya seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3a. Analisis DEM dilakukan berdasarkan data titik-titik ketinggian yang telah dibuka sebelumnya. Dalam makalah ini, pembuatan DEM menggunakan resolusi 1 m x 1 m dengan tujuan agar diperoleh tingkat keakuratan yang sangat baik. DEM yang telah dibuat ditunjukkan dalam Gambar 3b.



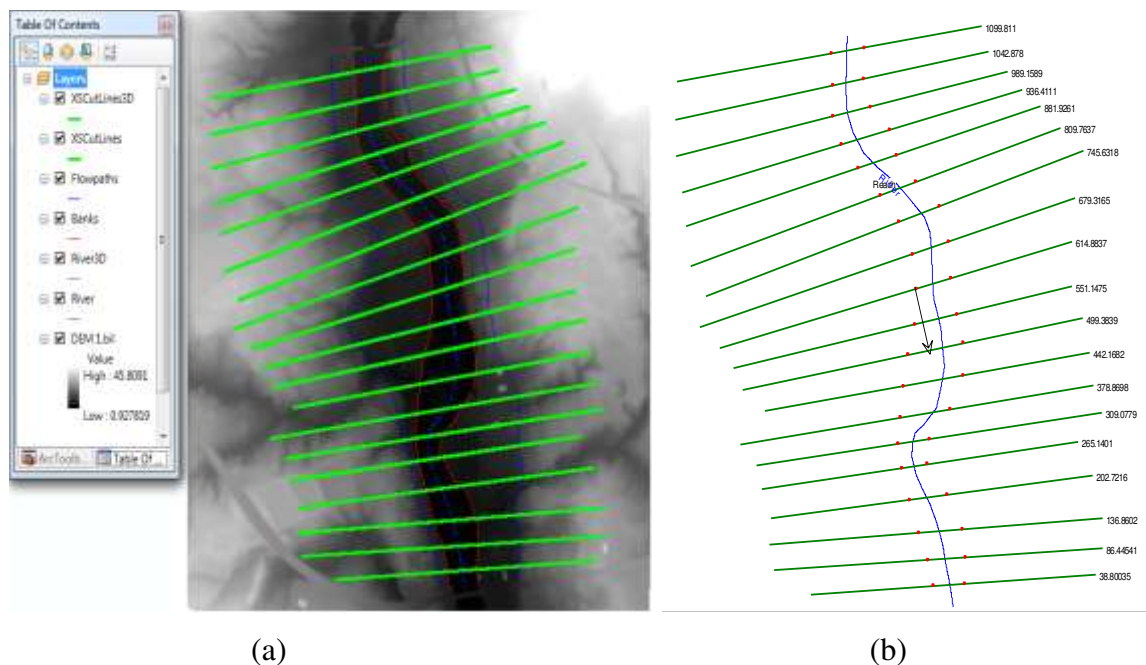
Gambar 3. Titik-titik ketinggian *ground* dan *bathimetric* (a),
dan DEM dengan resolusi 1 m x 1m (b)

Pada Gambar 3b di atas dapat terlihat dengan jelas batas-batas sungai dan kondisi topografi daerah di sekitarnya. Hal ini menunjukkan ketelitian topografi yang sangat baik dari DEM yang dibuat, sehingga dengan dasar tersebut dapat ditentukan alur dan geometri sungai dengan teliti pula.

Model Geometri Sungai

Pembuatan model geometri sungai dilakukan menggunakan modul HEC-GeoRAS 10.1 yang dipasang dalam perangkat lunak ArcGIS 10. Pembuatan model geometri sungai diawali dengan impor DEM ke dalam ArcGIS 10. Selanjutnya dilakukan digitasi alur utama sungai dan bantaran kiri serta kanan sungai. Kemudian dilakukan digitasi kembali untuk penampang-penampang melintang sungai. Alur dan penampang sungai secara otomatis akan mengikuti topografi dari DEM yang telah diimpor sebelumnya. Gambar 4a menunjukkan hasil digitasi alur dan penampang sungai.

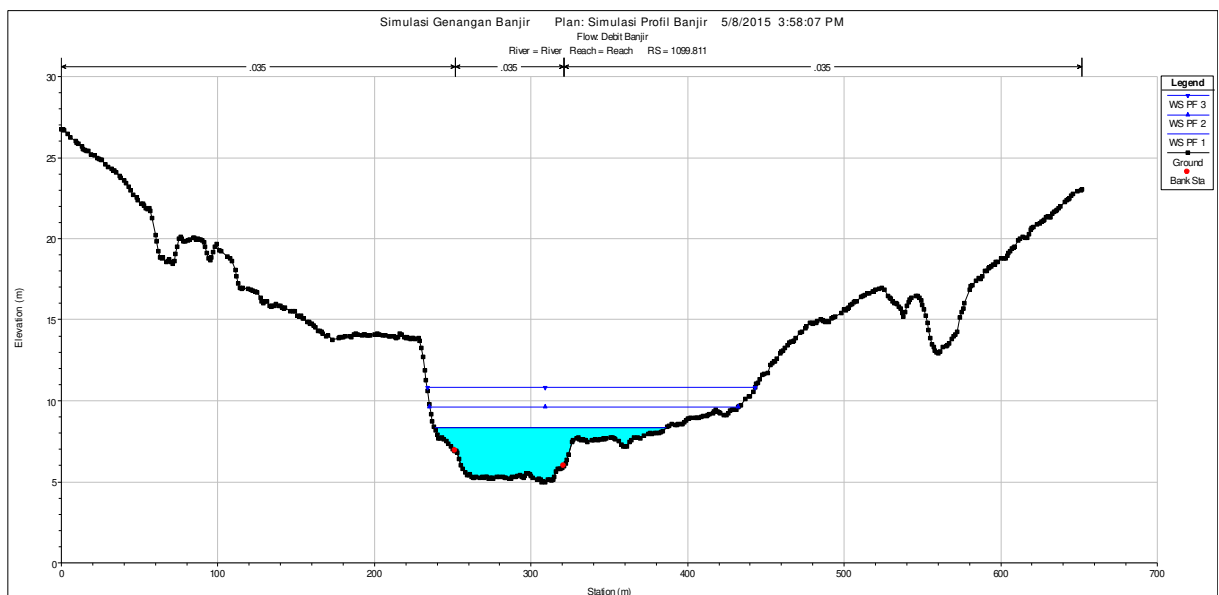
Model geometri sungai yang dibangun menggunakan HEC-GeoRAS 10.1 selanjutnya diekspor dalam format GIS sehingga dapat dibuka pada HEC-RAS 4.1. Gambar 4b menunjukkan model geometri sungai dalam format GIS yang ditampilkan pada HEC-RAS 4.1. Data geometri sungai seperti stasiun, panjang, dan elevasi untuk setiap penampang sungai secara otomatis dibuat berdasarkan hasil digitasi sebelumnya. Hal ini menjadikan pembuatan model geometri sungai menjadi sangat mudah dan cepat apabila dibandingkan dengan pemasukan data secara manual.



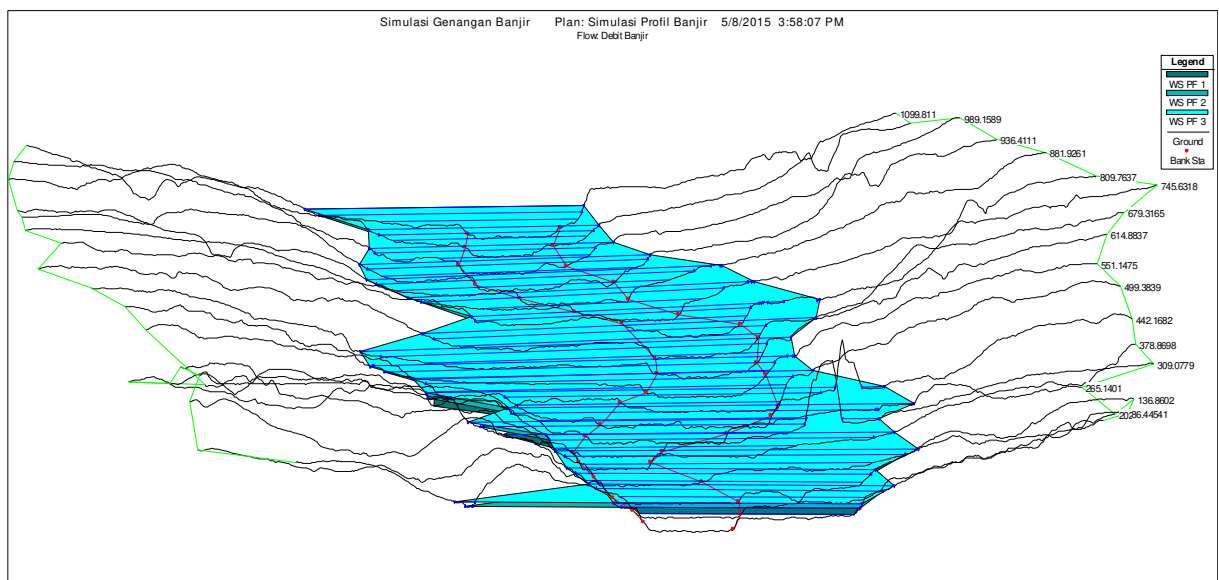
Gambar 4. Hasil digitasi alur dan penampang sungai di HEC-GeoRAS 10.1 (a),
dan model geometri sungai di HEC-RAS 4.1 (b)

Simulasi Profil Muka Air Banjir

Simulasi profil muka air banjir dilakukan menggunakan HEC-RAS 4.1 dengan memasukkan data aliran banjir. Kondisi batas di hulu sungai berupa debit banjir yang divariasikan sebanyak tiga variasi besaran, masing-masing yaitu $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$, $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $3.000 \text{ m}^3/\text{s}$. Adapun kondisi batas di hilir berupa ketinggian muka air yang ditetapkan sebesar $+ 3.0 \text{ m}$ yang berlaku untuk seluruh variasi debit banjir. Hasil simulasi profil muka air banjir untuk penampang melintang dan perspektif tiga dimensi di sepanjang sungai masing-masing ditunjukkan dalam Gambar 5 dan 6 di bawah ini.



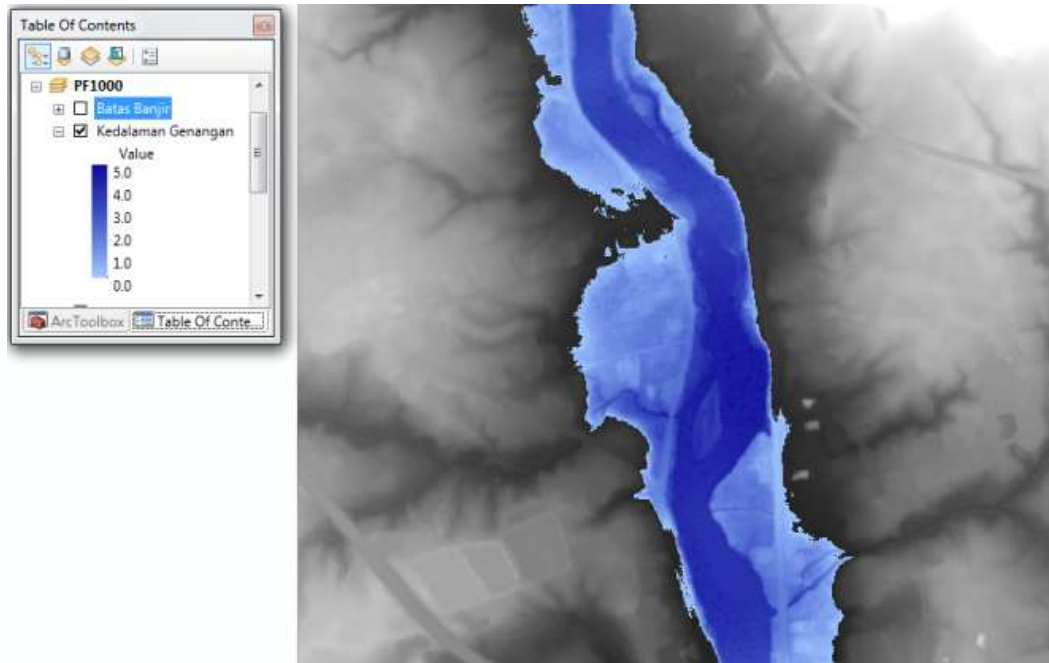
Gambar 5. Tinggi muka air banjir di penampang melintang sungai



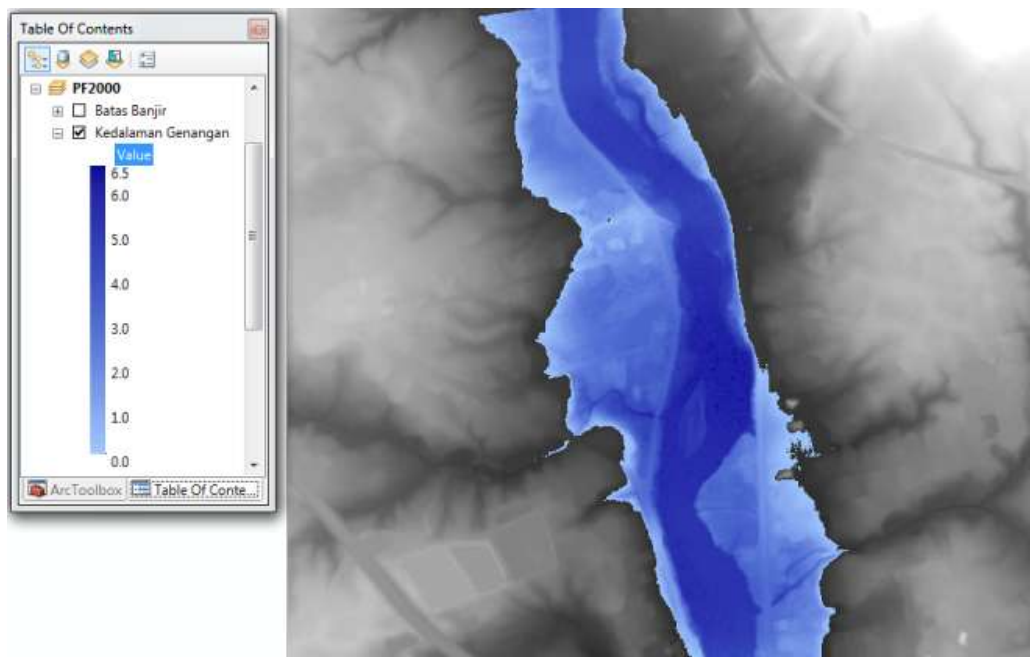
Gambar 6. Perspektif profil banjir tiga dimensi

Delineasi Genangan Banjir

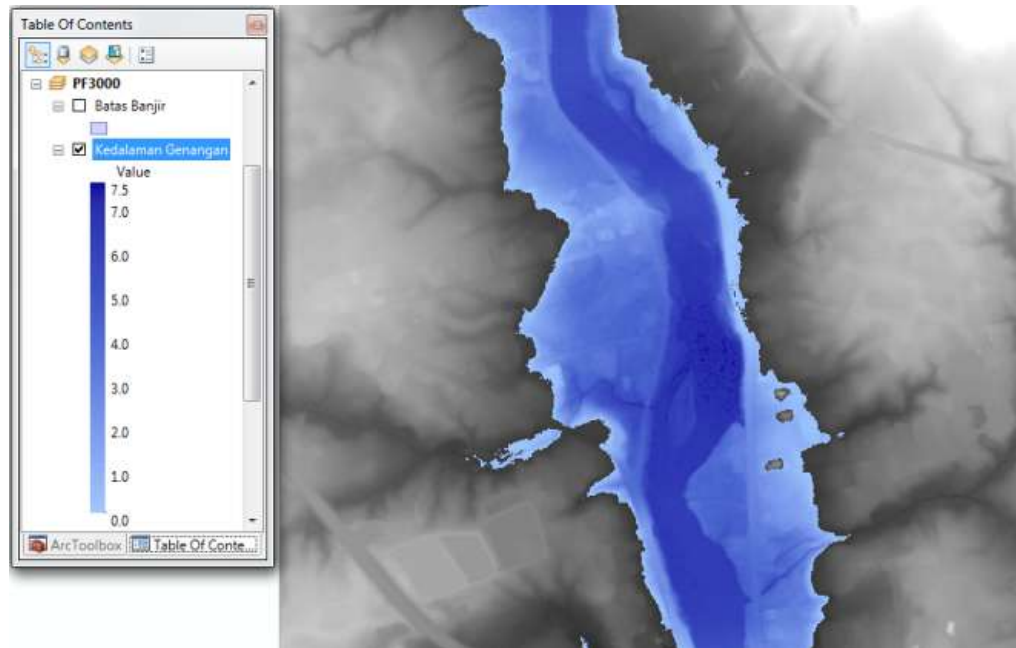
Profil muka air banjir yang telah disimulasikan selanjutnya diimpor ke dalam HEC-GeoRAS 10.1, sehingga dapat dilakukan delineasi genangan banjir berdasarkan ketinggian muka air di sepanjang sungai. Delineasi genangan banjir menghasilkan batas-batas dan kedalaman genangan banjir. Gambar 7, 8, dan 9 masing-masing menunjukkan genangan banjir untuk debit $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$, $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $3.000 \text{ m}^3/\text{s}$.



Gambar 7. Genangan banjir $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$



Gambar 8. Genangan banjir $2.000 \text{ m}^3/\text{s}$

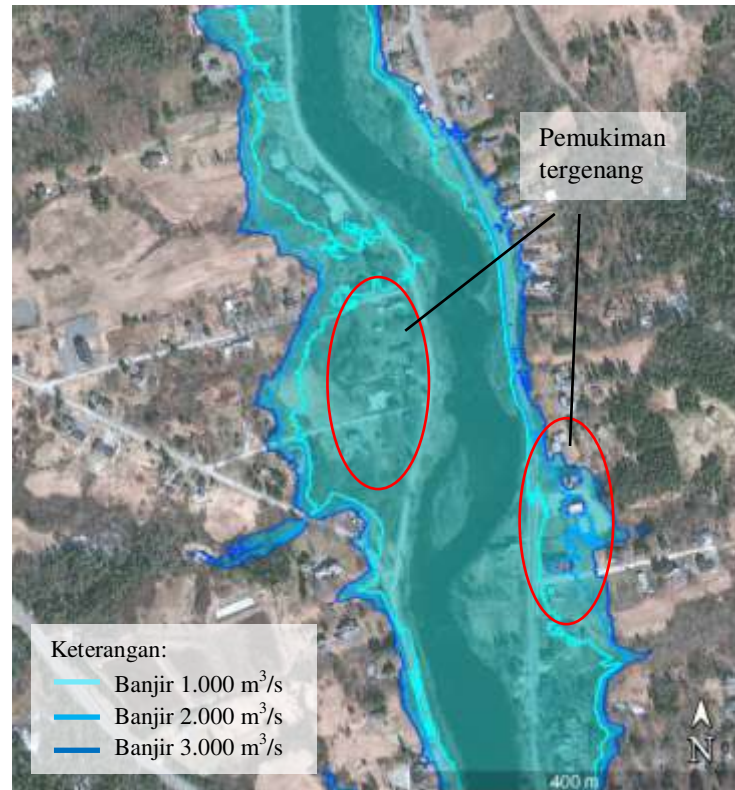
Gambar 9. Genangan banjir 3.000 m³/s

Berdasarkan Gambar 7, 8, dan 9 di atas dapat dilihat bahwa semakin besar debit banjir, maka luasan dan kedalaman banjir juga semakin meningkat. Untuk debit banjir 1.000 m³/s, kedalaman genangan berkisar antara 0 – 5 m. Untuk debit banjir 2.000 m³/s, kedalaman banjir berkisar antara 0 – 6,5 m, sedangkan untuk debit banjir 3.000 m³/s, kedalaman banjir berkisar antara 0 – 7,5 m.

Pemetaan Genangan Banjir

Batas-batas genangan banjir yang telah diperoleh dapat digunakan untuk pemetaan genangan banjir. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat *overlay* antara batas-batas genangan dengan foto udara. Gambar 10 di bawah ini menunjukkan pemetaan genangan banjir tersebut.

Pada Gambar 10 di atas dapat terlihat bahwa daerah pemukiman di kanan dan kiri sungai tergenang banjir. Hasil pemetaan genangan banjir tersebut sangat memberikan gambaran yang baik bagaimana dampak genangan banjir terhadap daerah di sekitar sungai, terutama daerah pemukiman.



Gambar 10. Batas-batas genangan banjir

5. KESIMPULAN

Beberapa hal yang dapat penulis simpulkan dari hasil dan pembahasan di atas adalah:

1. Data LIDAR dapat digunakan untuk membuat DEM dengan ketelitian yang sangat baik.
2. Penggunaan DEM yang teliti sangat memudahkan dalam pembuatan alur dan penampang melintang sungai secara cepat dan akurat, dibandingkan dengan pemasukan data secara manual.
3. Teknologi LIDAR sangat membantu dalam analisis genangan banjir, sehingga dapat diperkirakan batas-batas dan kedalaman genangan banjir.
4. Pemetaan genangan banjir berdasarkan simulasi model hidrodinamik dapat memberikan gambaran yang sangat baik mengenai daerah-daerah di sekitar sungai yang berpotensi tergenang banjir.

Saran yang dapat penulis sampaikan adalah bahwa pemerintah melalui Badan Informasi Geospasial (BIG) harus lebih mendorong peningkatan ketersediaan dan akses data LIDAR, khususnya untuk keperluan pengelolaan banjir di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackerman, C.T., *et al.*, 2010, *Geospatial Capabilities of HEC-RAS For Model Development and Mapping*, 2nd Joint Federal Interagency Conference, Las Vegas, NV.
- Al Amin, M.B., *et al.*, 2015, *Visualisasi Potensi Genangan Banjir di Sungai Lambidaro Melalui Penelusuran Aliran Menggunakan HEC-RAS (Studi Pendahuluan Pengendalian Banjir Berwawasan Lingkungan)*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil I (SeNaTS I), Denpasar, pp. 123 – 132.
- Akan, A.O., 2006, *Open Channel Hydraulics, First Edition*, Butterworth-Heinemann, Burlington.
- Brunner, G.W., 2010, *HEC-RAS River Analysis System User's Manual Version 4.1*, U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Washington DC.
- Di Baldassarre, G., 2012, *Floods in a Changing Climate: Inundation Modeling*, Cambridge University Press, New York.
- Dingman, S.L., 2009, *Fluvial Hydraulics*, Oxford University Press, New York.
- FEMA-Region 10, 2009, *Floodplain Management – NFIP Guidebook*.
- Goodell, C. dan Warren, C., 2006, *Flood Inundation Mapping Using HEC-RAS*, Obras y Proyectos, Edición N°2, Primavera, pp. 18 – 23.
- Hodgson, M.E., *et al.*, 2003, *An Evaluation of LIDAR- and IFSAR-Derived Digital Elevation Models in Leaf-on Conditions with USGS Level 1 and Level 2 DEMs*, Remote Sensing of Environment, Vol. 84, pp. 295 – 308.
- Johnson, L.E., 2009, *Geographic Information Systems in Water Resources Engineering*, CRC Press, Florida.
- Mercer, B., 2001, *Comparing LIDAR and IFSAR: What Can You Expect?*, Proceedings of Photogrammetric Week, Stuttgart.
- Merwade, V., 2012, *Tutorial on Using HEC-GeoRAS with ArcGIS 10 and HEC-RAS Modeling*, School of Civil Engineering, Purdue University.
- National Research Council of The National Academies, 2007, *Elevation Data for Floodplain Mapping*, The National Academies Press, Washington, D.C.
- Shamsi, U.M., 2005, *GIS Applications for Water, Wastewater, and Stormwater System*, CRC Press, Florida.
- Sinnakaudan, S.K., 2009, *Integrated Triangular Irregular Network (ITIN) Model for Flood Plain Analysis*, International Journal of Geoinformatic, Vol. 5, No. 2, pp. 47 – 55.
- Yang, J., *et al.*, 2006, *Applying The HEC-RAS Model and GIS Techniques in River Network Floodplain Delineation*, Canada Journal of Civil Engineering, Vol. 33, pp. 19 – 28.