

PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI BERDASARKAN ANALISIS EKSPRESI TOPOGRAFI DAN POLA PENGALIRAN MENGGUNAKAN DATA LIDAR DI DESA SINDANGLAYA, KABUPATEN SERANG, PROVINSI BANTEN

IRRIGATION NETWORK PLANNING BASED ON TOPOGRAPHIC EXPRESSION ANALYSIS AND FLOWING PATTERNS USING LIDAR DATA IN SINDANGLAYA VILLAGE, SERANG REGENCY, BANTEN PROVINCE

Shobar Arif¹⁾, M. Nurcholis^{1)*}, Partoyo¹⁾, dan I. Q. Himawan²⁾

¹⁾ Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Yogyakarta

²⁾ PT ASI Pudjiastuti Geosurvey

^{*)} Corresponding author e-mail: nurcholis@upnyk.ac.id

ABSTRACT

LIDAR (Light Detection and Ranging) is a remote sensing technology that provides elevation measurement data quickly and accurately. Sindanglaya village has an area of 73.8 ha, and become an irrigation development planning area. The purpose of this research is to make irrigation canal planning based on DEM and orthophoto data from LIDAR. The method used is DEM data processing into detailed contours and flow patterns. Contour data is used as material for planning irrigation networks, drainage patterns as planning for drainage channels and orthophoto is used as land use material. The tools and materials used in managing the data are computers with AutoCad 3D software, ArcGis 10.3, Global Mapper and Corel Draw X7. Based on the data processing, maps and sketches of irrigation canal planning were obtained based on the combination of irrigation Planning Criteria (KP). The irrigation system is planned to use a hydraulic ramp pump from the Cidanau river to the rice fields of Sindanglaya Village. The irrigation network made is included in the technical irrigation category, which consists of one primary network with a length of 600 m, three secondary networks (124 m, 270 m and 114 m), 9 tertiary networks (260 m, 164 m, 200 m, 64 m, 215 m, 120 m, 80 m, 70 m and 25 m), three drainage networks (554 m, 700 m and 939 m), one weir building on the Cidanau river, 9 tapping structures on tertiary canals, 7 tapping structures with doors for the secondary channel and three tunnel structures.

Keywords: lidar, detailed contour, drainage pattern, irrigation network.

ABSTRAK

LIDAR (*Light Detection and Ranging*) merupakan teknologi penginderaan jauh yang menyediakan data pengukuran elevasi dengan cepat dan akurat. Desa Sindanglaya mempunyai luas 73,8 ha, dan menjadi daerah perencanaan pengembangan irigasi. Tujuan penelitian ini adalah pembuatan perencanaan jaringan irigasi berdasarkan data DEM dan *orthophoto* dari LIDAR. Metode yang digunakan adalah pengolahan data DEM menjadi kontur detail dan pola pengaliran. Data kontur digunakan sebagai bahan perencanaan jaringan irigasi, pola pengaliran sebagai perencanaan saluran drainase dan *orthophoto* digunakan sebagai bahan tataguna lahan. Alat dan bahan yang digunakan dalam mengelola data tersebut adalah komputer dengan *software* AutoCad 3D, ArcGis 10.3, Global Mapper dan Corel Draw X7. Berdasarkan pengolahan data tersebut diperoleh peta dan sketsa perencanaan saluran irigasi yang dibuat berdasarkan paduan Kriteria Perencanaan (KP) irigasi. Sistem irigasi direncanakan menggunakan pompa hidrolis *ramp pump* dari sungai Cidanau menuju areal persawahan Desa Sindanglaya. Jaringan irigasi yang dibuat termasuk kedalam kategori irigasi teknis, yang terdiri dari satu jaringan primer dengan panjang 600 m, tiga jaringan sekunder (124 m, 270 m

dan 114 m), 9 jaringan tersier (260 m, 164 m, 200 m, 64 m, 215 m, 120 m, 80 m, 70 m dan 25 m), tiga jaringan drainase (554 m, 700 m dan 939 m), satu bangunan bendung di sungai Cidanau, 9 bangunan sadap pada saluran tersier, 7 bangunan sadap dengan pintu bagi pada saluran sekunder dan tiga bangunan terowongan.

Kata Kunci: lidar, kontur detail, pola pengaliran, jaringan irigasi.

PENDAHULUAN

Desa Sindanglaya berada di kawasan DAS Cidanau dan berada pesisir pantai timur Banten, Kabupaten Serang, Provinsi Banten, mempunyai luas wilayah 738.099 m². Keadaan masyarakat pada umumnya bekerja sebagai petani, namun produksi hasil pertanian (khususnya padi) tidak terlalu tinggi, karena masyarakat hanya bergantung pada musim penghujan untuk melakukan tanam padi, serta adanya kemungkinan lahan bersifat salin (berada di wilayah pesisir pantai). Usaha yang dapat digunakan dalam menunjang hasil produksi tersebut adalah dengan pembuatan perencanaan saluran irigasi.

Desa Sindanglaya merupakan salah satu kawasan yang ditargetkan pemerintah Provinsi Banten menjadi daerah yang mempunyai jaringan irigasi di masa mendatang, dalam proses pembangunan irigasi erat kaitannya terhadap tahap perencanaan irigasi, yang menjadi dasar pertimbangan segi teknis dan ekonomis sistem irigasi yang akan dibangun. Kriteria Perencanaan Irigasi (KP) merupakan prosedur yang mengatur tentang perencanaan dan pembangunan sistem irigasi yang disusun oleh Direktorat Jendral Pengelolaan Sumberdaya Air. Data yang dibutuhkan dalam tahap perencanaan adalah data topografi, hidrologi dan geologi, data-data tersebut pada umumnya diambil dari lembaga Badan Geospasial Nasional.

Salah satu cara untuk mendapatkan informasi data topografi dan informasi bentuk lahan adalah dengan memanfaatkan penginderaan jarak jauh. Teknologi LIDAR (*Light Detection and Ranging*) merupakan sebuah teknologi penginderaan jauh yang memanfaatkan teknologi sensor sinar laser yang dapat memberikan informasi karakteristik topografi permukaan tanah. Data yang dihasilkan oleh LIDAR berupa DEM (*Digital Elevation Model*) dan citra foto udara (*orthophoto*). Data DEM dapat digunakan sebagai pembuatan kontur detail (topografi) dan pola pengaliran yang bisa dimanfaatkan sebagai acuan dalam pembuatan perencanaan jaringan irigasi dan drainase.

Atas dasar pemanfaatan teknologi LIDAR yang semakin berkembang, peneliti memberanikan diri untuk mencoba memanfaatkan teknologi LIDAR sebagai data dasar dalam merencanakan jaringan irigasi di Desa Sindanglaya, karena data LIDAR mampu menyampaikan informasi secara *real time* jika dibandingkan dengan data dari Badan Geospasial Nasional dan pengukuran dengan menggunakan teodolit tidak akan digunakan lagi dalam pengukuran elevasi karena data LIDAR (kontur detail) mempunyai nilai akurasi yang sangat tinggi, sehingga diharapkan perencanaan jaringan irigasi di Desa Sindanglaya dapat berjalan lebih cepat, tepat dan akurat.

BAHAN DAN METODE

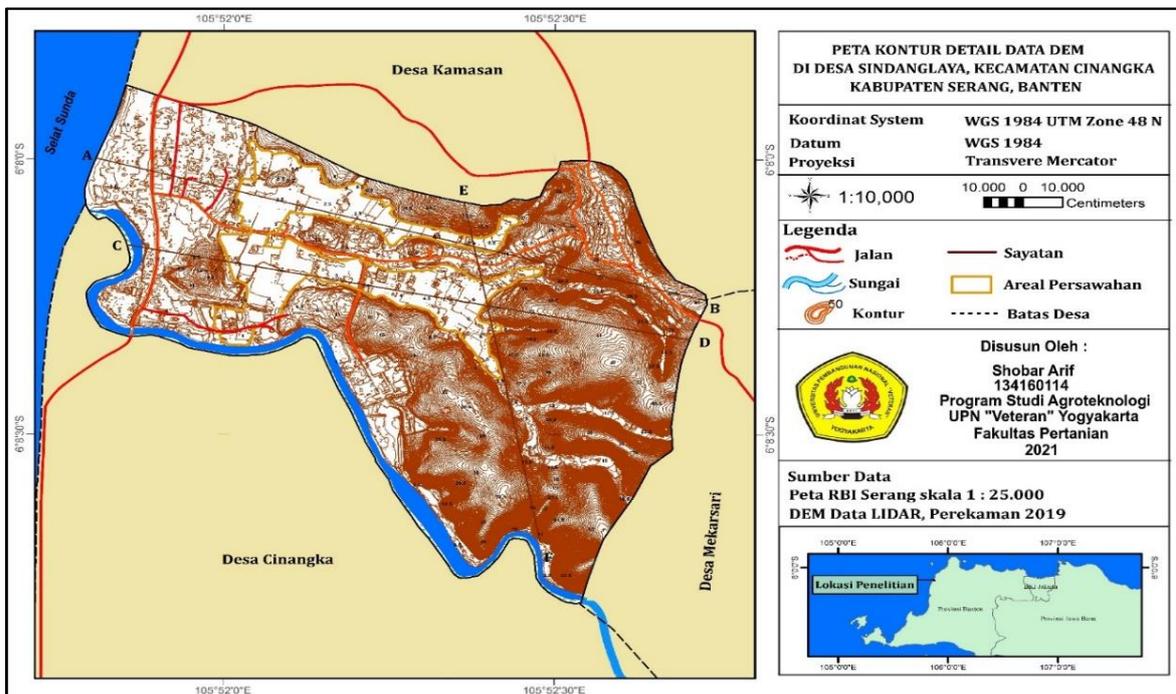
Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan metode akuisisi dan pengolahan data LIDAR untuk mendapatkan informasi elevasi dan morfologi daerah penelitian. Proses akuisisi dilaksanakan dengan pengambilan data LIDAR dilapangan dengan mempertimbangkan akomodasi dan logistik alat yang akan digunakan, pengambilan data dilakukan dengan cara menyiami daerah penelitian menggunakan wahana terbang yang membawa komponen LIDAR. Pengolahan data dilaksanakan di PT. ASI Pudjiastuti Geosurvey Jakarta dengan

menggunakan perangkat lunak *AutoCad 3D*, *Global Mapper* dan *ArcGis*. Hasil dari pengolahan data ini berupa *Orthophoto*, DEM (*Digital Elevation Model*), kontur detail dan pola pengaliran. Data tersebut kemudian di *overlay* dengan data pendukung lainnya seperti data geologi, peta RBI dan tataguna lahan untuk pembuatan perencanaan jaringan irigasi dan drainase di Desa Sindanglaya dengan dasar panduan Kriteria Perencanaan Irigasi (KP.01).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kontur Detail

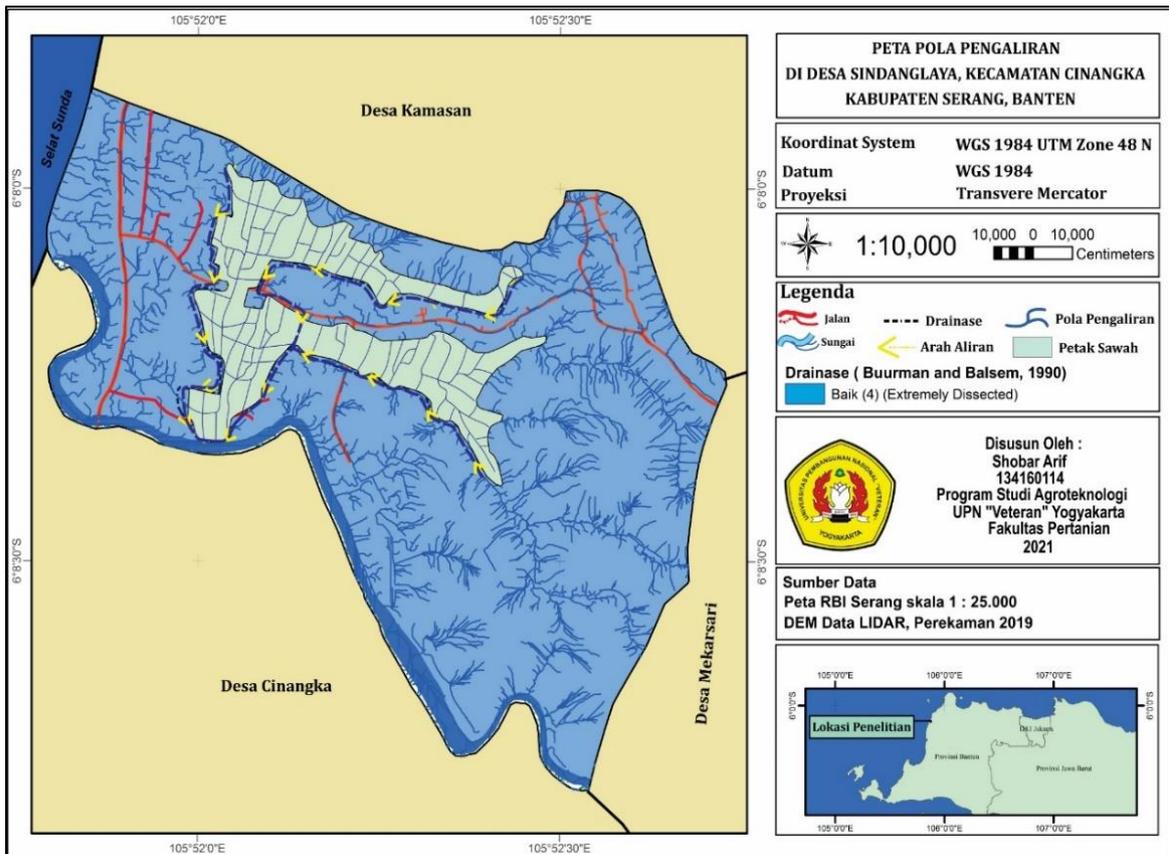
Hasil identifikasi kontur detail daerah penelitian mempunyai nilai ketinggian 0-45 MDPL, dengan interval kontur 5 m. Areal persawahan di daerah penelitian mempunyai ketinggian rata-rata 5-8 MDPL, sedangkan sungai Cidanau berada pada ketinggian Data kontur digunakan dalam melihat nilai elevasi daerah penelitian serta digunakan untuk menentukan sistem irigasi yang akan di bangun secara teknis dan ekonomis, selain itu data kontur juga dapat dimanfaatkan untuk penempatan plot bangunan perencanaan jaringan irigasi. Hasil data kontur dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kontur Detail

2. Pola Pengaliran

Pola pengaliran yang terbentuk (Gambar 2) merupakan jenis dendritic, mempunyai kerapatan yang tinggi yang menunjukkan bahwa daerah ini mudah tererosi, hal ini sesuai dengan data geologi yang didominasi oleh endapan alluvial. Data pola pengaliran dapat dijadikan peta perencanaan jaringan drainase, dengan cara mendigitasi area yang menjadi tempat tampungan air (*recipient*) pada pola pengaliran.



Gambar 2. Pola Pengaliran

3. Data Geologi

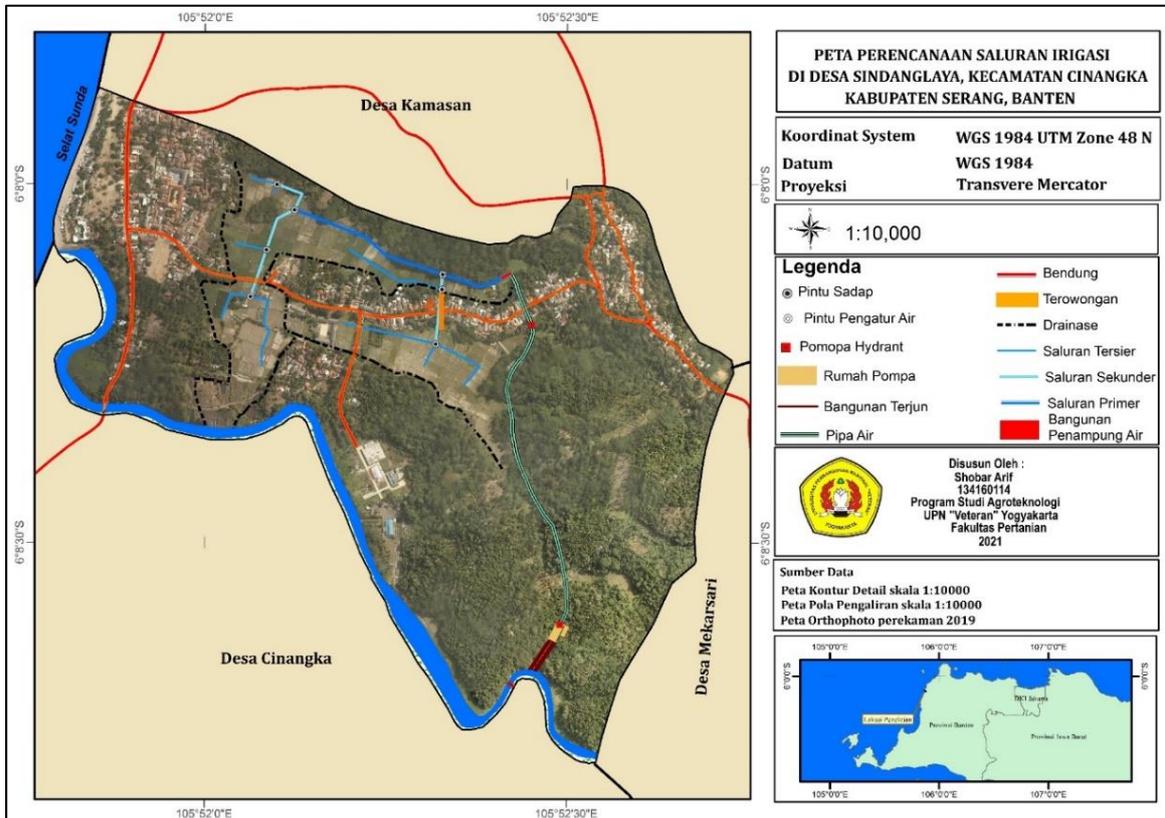
Daerah penelitian didominasi oleh susunan batuan Tuff Banten Atas (Qvtb) dan endapan Alluvial (Qa). Daerah dataran rendah didominasi oleh endapan alluvial, yang digunakan masyarakat sebagai pemukiman dan lahan pertanian sedangkan pada daerah dataran tinggi didominasi oleh tuff banten atas yang merupakan kawasan perbukitan. Daerah Banten mempunyai sebuah sesar yang berjarak 13,5 km dari lokasi penelitian dan terbentang sejauh 17 km. Sesar ini merupakan jenis sesar tidak aktif yang artinya tidak berpotensi menimbulkan gempa, sehingga dengan mengetahui dan mengidentifikasi sesar ini, perencanaan jaringan irigasi dapat dilaksanakan di Desa Sindanglaya secara baik dan aman.

4. Peta dan Sketsa Perencanaan Jaringan Irigasi.

Peta dan sketsa perencanaan jaringan irigasi dibuat berdasarkan panduan Kriteria Perencanaan Irigasi (KP.01). Data utama yang dibutuhkan berupa data topografi dan pola pengaliran, sedangkan data pendukung berupa data geologi, data curah hujan. Data kontur berfungsi sebagai penentu nilai ketinggian wilayah dalam pembuatan rute saluran pembawa dan saluran utama jaringan irigasi. Pembuatan saluran irigasi dan saluran pembawa dilakukan dengan cara mendigitasi daerah yang memungkinkan dilalui saluran tersebut dengan mempertimbangkan aspek elevasi. Pola pengaliran digunakan dalam pembuatan drainase, dengan mendigitasi daerah yang menjadi tempat tampungan air serta mencocokkan dengan parit yang telah dibuat masyarakat setempat yang kemudian dialirkan ke suatu permukaan yang memiliki ketinggian tempat yang lebih rendah, proses ini dibuat dengan menggunakan *software ArcGis 10.3*. Hasil data tersebut kemudian di *overlay* dengan menggunakan peta geologi, *orthophoto* dan tataguna lahan, untuk mengetahui tempat yang dituju sebagai target perencanaan pembangunan irigasi adalah tempat yang

tepat sasaran, tepat guna dan bebas dari ancaman bencana lingkungan yang berpotensi mengganggu keberlangsungan sarana irigasi.

Berdasarkan analisis data tersebut, jaringan irigasi yang dirancang merupakan sistem irigasi dengan menggunakan stasiun pompa, karna dari segi ekonomis dan teknis, irigasi dengan sistem gravitasi kurang mendukung dengan keadaan topografi yang bergelombang. Peta perencanaan saluran irigasi dapat dilihat pada Gambar 3.

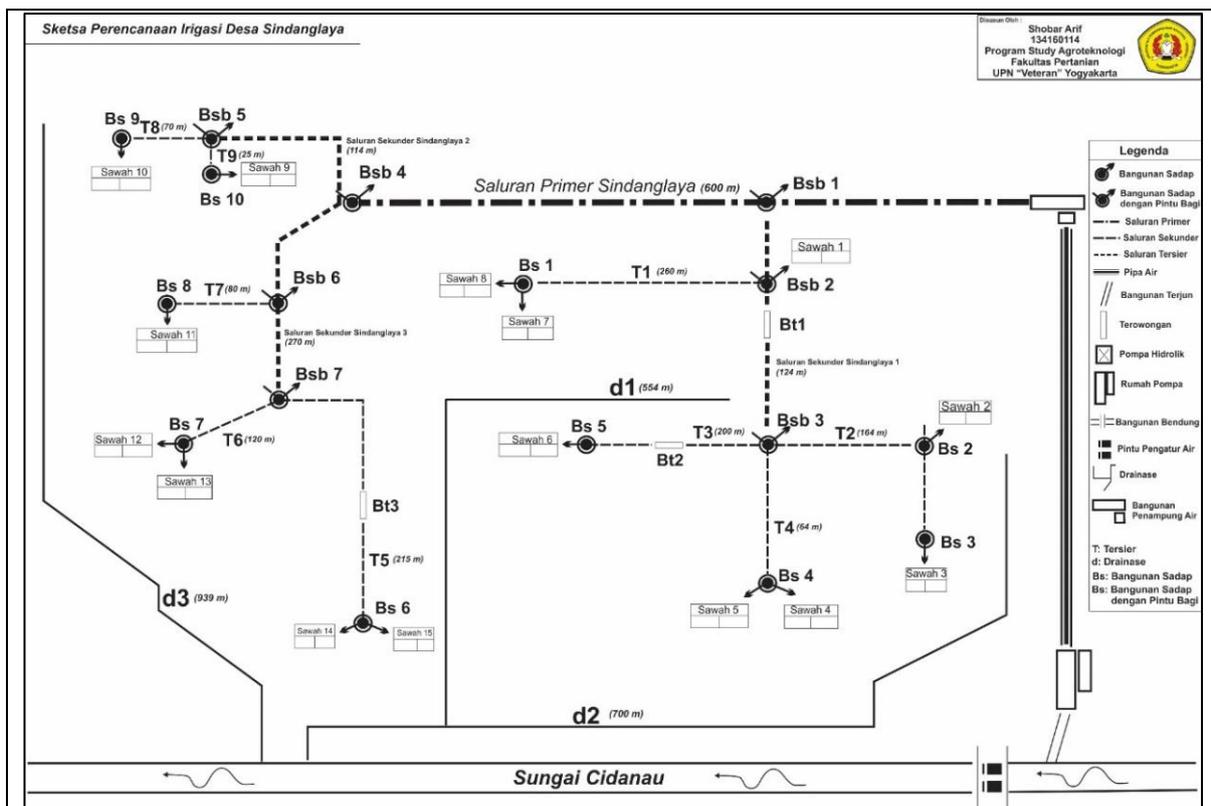


Gambar 3. Peta Perencanaan Jaringan Irigasi

Sketsa Perencanaan Jaringan Irigasi (Gambar 4) merupakan duplikat dari peta perencanaan jaringan irigasi yang digunakan untuk mempermudah pembaca dalam memahami peta perencanaan irigasi, mulai dari nama tempat, jenis saluran dan bangunan irigasi lainnya yang disajikan secara 2 dimensi dengan mengikuti panduan KP. Berdasarkan UU No. 17 tahun 2019 pasal 15, yang mengatur pengelolaan sumber daya air sungai serta pengembangan dan pengelolaan irigasi, perencanaan jaringan irigasi dapat dilakukan di Desa Sindanglaya dengan pemanfaatan sungai Cidanau sebagai sumber utama air irigasi. Sungai Cidanau merupakan sungai dengan debit air tahunan 5.282 m³/detik, pemanfaatan sungai untuk kebutuhan air baku sebesar 2.854 m³/detik per tahun sedangkan pada bidang pertanian hanya sebesar 24,36% dari total jumlah debit air sungai Cidanau dan masih bisa dikembangkan lagi. Desa Sindanglaya mempunyai sawah seluas 30 ha dengan kebutuhan air irigasi 44,6 liter/detik (mulai dari fase persemaian hingga generatif) dengan keadaan topografi yang berbukit, maka diperlukan sistem irigasi yang mampu menaikkan muka air hingga ketinggian 24 MDPL. Sistem irigasi yang digunakan merupakan stasiun pompa dengan menggunakan pompa hidrolik *ramp pump*, pompa yang digunakan mempunyai diameter 4 inch dengan kemampuan mengeluarkan debit air 270 liter/menit, bangunan ini diletakan pada daerah yang mempunyai topografi yang landai di sebelah badan sungai dengan ketinggian 7 MDPL. Untuk menunjang jumlah air yang masuk ke pompa, maka dibuat bangunan bendung yang berfungsi untuk menaikkan dan mengatur muka air, agar air yang diperlukan cukup

untuk ke pompa. Bangunan bendung dibangun di badan sungai Cidanau dengan ketinggian 9 MDPL, agar mampu mengalirkan dan memberikan tekanan pada pompa.

Hasil *outlet* air pompa hidrolik akan diangkut oleh pipa galvanis, dialirkan menuju bangunan penampung (*reservoir*). Bangunan penampung berfungsi sebagai *received* air dari pipa irigasi dan menjadi tempat untuk pengendapan sedimen yang terbawa. Jaringan primer menyalurkan air ke jaringan sekunder dan di distribusikan menuju jaringan tersier yang dilengkapi dengan bangunan sadap dengan pintu bagi yang berfungsi membagi dan mengukur kapasitas debit. Jaringan tersier merupakan jaringan yang langsung mengalirkan air menuju lahan persawahan dengan dilengkapi bangunan sadap. Jaringan drainase yang direncanakan berfungsi untuk mengurangi air berlebih. Bangunan pendukung lainnya adalah terowongan yang digunakan apabila jaringan irigasi melewati fasilitas umum.



Gambar 5. Sketsa Perencanaan Jaringan Irigasi

Teknologi LIDAR merupakan salah satu inovasi baru yang digunakan penulis dalam pembuatan jaringan irigasi. Data LIDAR mempunyai nilai elevasi dengan akurasi yang tinggi (DEM) yang digunakan dalam pembuatan kontur detail dan pola pengaliran, selain itu foto citra yang dihasilkan dikombinasikan dengan GPS *Ground* yang telah di koreksi ulang (*orthophoto*), sehingga apabila perencanaan dilanjutkan ke dalam tahap identifikasi, pengukuran ulang elevasi dan kegiatan *ground check* tidak diperlukan lagi dalam penentuan jaringan irigasi dan drainase.

Hasil sistem irigasi yang dibuat merupakan sitem irigasi teknis karena pembuatan saluran irigasi dan saluran drainase dibuat secara terpisah serta adanya bangunan sadap dan bagi untuk mengatur jumlah dan kebutuhan air sawah

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Data LIDAR berupa DEM (*Digital Elevation Model*) dapat digunakan sebagai dasar pembuatan kontur detail dan pola pengaliran.
2. Peta dan sketsa perencanaan jaringan irigasi dibuat berdasarkan data kontur detail dan pola pengaliran. Data kontur digunakan sebagai penentuan daerah irigasi, bangunan irigasi serta untuk mengetahui morfologi daerah penelitian, sedangkan pola pengaliran digunakan untuk membuat perencanaan jaringan drainase.
3. Teknologi LIDAR dalam bidang pertanian dapat diigunakan dalam pembuatan peta dan sketsa jaringan irigasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asriyah, N, dan A.B, Harto . 2017. Pemanfaatan Teknologi *Light Detection And Ranging* (Lidar) Dalam Pemodelan Banjir Akibat Luapan Air Sungai. *Forum Peneliti Muda Indonesia*. Bogor. Hlm 254-270.
- Buurman and Balsem. 1990. *Land Unit Clasification For The Reconnaissance Soil Survey Of Sumatra*. Centre For Soil Agroclimate Research. Bogor
- Duantari, N., & Cahyono, A. B. 2017. Analisis Perbandingan DTM (Digital Terrain Model) dari LiDAR (Light Detection and Ranging) dan Foto Udara dalam Pembuatan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesia. *Jurnal Teknik ITS*, 6:2.
- Gitleman, L. 2014. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*. (Abstrac)
- Irsyad, F. 2011. Analisis Debit Sungai Cidanau dengan Aplikasi SWAT (Thesis). Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Fakultas Teknik Sipil. 79 hlm.
- Julzarika, A. 2009. Pemodelan 3D Pulau Batu Mandi Menggunakan Digital Elevation Model (Dem) Turunan Digital Surface Model (Dsm) Shuttle Radar Topography Mission (Srtm) 90 Dengan Interpolasi Cokriging. *Jurnal Penginderaan Jauh Vol. 6:22-31*.
- Direktorat Jenderal Prasarana Dan Sarana Pertanian. 2014. *Pedoman Teknis Irigasi Perpipaan*. Kementrian Pertanian. Jakarta.
- Direktorat Jendral Sumber Daya Air. 2019. *Modul Pengenalan Sistem Irigasi*. Kementrian PUPR. Jakarta
- Direktorat Sumber Daya Air Dan Konstruksi. 2017. *Geoteknik Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar*. Kementrian PUPR. Jakarta.
- Direktorat Jendral Pengelolaan Sumberdaya Air. 2010. *Jaringan Irigasi 14 Kriteria*

- Perencanaan – Jaringan Irigasi*. Kp-01. Kementrian PUPR. Jakarta.
- Direktorat Jendral Pengelolaan Sumberdaya Air. 2010. *Jaringan Irigasi 14 Kriteria Perencanaan – Jaringan Irigasi*. Kp-02. Kementrian PUPR. Jakarta
- Direktorat Jendral Pengelolaan Sumberdaya Air. 2010. *Jaringan Irigasi 14 Kriteria Perencanaan – Jaringan Irigasi*. Kp-03. Kementrian PUPR. Jakarta
- Direktorat Jendral Pengelolaan Sumberdaya Air. 2010. *Jaringan Irigasi 14 Kriteria Perencanaan – Jaringan Irigasi*. Kp-04. Kementrian PUPR. Jakarta.
- Ksatria, Budi. 2012. Perencanaan Saluran Irigasi. ([http//https://www.ilmutekniksipil.com/bangunan-air/perencanaan-saluran-irigasi](http://https://www.ilmutekniksipil.com/bangunan-air/perencanaan-saluran-irigasi), diakses: 26 Agustus 2021)
- Langoy, N. E. 2016. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Daerah Irigasi Tababo (Tugas Akhir). Manado. Politeknik Negri Manado, Fakultas Teknik Sipil. 31 hlm.
- Lumbanbatu, U. M., Hidayat, S., & Poedjopradjitno, S. 2012. Potensi Bencana Pelulukan Di Daerah Labuhan Kabupaten Pandeglang Provinsi Banten. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 22(2), 115–130.
- Mareta, N. (n.d.). Pola Aliran Sungai Dan Kondisi Air Tanah Di Daerah Wado Dan Sekitarnya : Untuk Perencanaan Kawasan Relokasi. Balai Informasi dan Geospasial. Hlm: 101–112.
- Marpaung, L. 2016. Evaluasi Jaringan Saluran Irigasi Paya Sordang Kabupaten Tapanuli Selatan (Skripsi). Medan. Universitas Medan Area. 73 hlm.
- Nawangside, Dipo. 2009. Airborne Altimetric LIDAR: Aplikasi dan Permasalahan. Bandung. Institut Teknik Bogor, Program Studi Teknik Geodesi & Geomatika Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan.
- Natakusuma, R. 2014. Studi Lingkungan Pengendapan Pada Formasi Cipacar Dan Formasi Bojong Menggunakan Metode Granulometri Dan Kalsimetri Daerah Cimarga Dan Sekitarnya, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten (Skripsi). Hal: 5–11. Universitas Trisakti.
- Ngadenin, et al. 2004. Pemetaan Geologi Dan Identifikasi Sesar Aktif Di Lokasi Calon Tapak Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (Pltn) Ketapang Dan Sekitarnya. Madura. *Prosiding*, Hal: 164–182.
- Nugroho, P and Parseno. 2004. Evaluasi Geometri Citra Ikonos Level Geo Daerah Datar Terhadap Peta Orthophoto Skala 1:25.000. *Media Teknik* 26: 36-41.
- Pertiwi, A. 2011. Metoda Interpolasi Inverse Distance Untuk Peta Ketinggian (Kontur). Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan. *Jurnal ISBN 979-26-0255-0*.
- Prasetyo, B. H., & Setyorini, D. 2008. Karakteristik Tanah Sawah Dari Endapan Aluvial Dan Pengelolaannya. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 2(1), 1–14.
- Putra, I. W. K. E. 2016. Sistem Kerja Sensor Laser pada LIDAR. *Jurnal Media Komunikasi Geografi*, 17(1), 59–70.
- Rachman, et al. 2018. Pengelolaan Sawah Salin Berkadar Garam Tinggi. In *Iaard Press*. Jakarta.
- Rensburg, J. Van. (2006). *Global Shadows: Africa in the Neoliberal World Order*, 44(2), 8–10.
- Rogers, J. D. and B. C. Doyle. 2004. Mapping of Seismically-Induced Landslippage in the Benton Hills and Crowley’s Ridge, New Madrid Seismic Zone, Missouri and Arkansas. *Department of Geological Sciences & Engineering*. Missouri. University of

- Missouri-Rolla.
- Safi'i, A. N., & Hartanto, P. 2019. Pembuatan Digital Terrain Model (DTM) dari Light Detection and Ranging (LiDAR) menggunakan Metode Morfologi Sederhana. *Teknik*, 40(1): 40-47.
- Sardiman. 2017. Perhitungan Saluran Drainase. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 21–25.
- Sarwendami. 2018. Identifikasi Perubahan Guna Lahan Permukiman Menjadi Kegiatan Komersial Serta Dampaknya Terhadap Perubahan Mata Pencaharian Dan Pendapatan Masyarakat Di Kelurahan Lebak Siliwangi Kota Bandung. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 15–31.
- Seruni, A. 2015. Efisiensi Penggunaan Air Irigasi Pada Tanaman Padi Sawah Menggunakan Pengairan Intermitten. (<https://sasaqgagah14.wordpress.com/2015/05/24/efisiensi-penggunaan-air-irigasi-pada-tanaman-padi-sawah-menggunakan-pengairan-intermitten-2/>, diakses: 27 Agustus 2021)
- Shamsi, U.M., 2005. GIS Applications for Water, Wastewater, and Stormwater System. CRC Press. Florida.
- Siti, dkk. 2020. Analisis Pengembangan Sumber Daya Air Das Tukad Saba Dengan Dibangunnya Waduk Titab Di Kabupaten Buleleng . 8(1), 28–35.
- Sukiyah. 2017. Sistem Informasi Geografis Konsep dan Aplikasinya dalam Analisis Geomorfologi Kuantitatif. *Unpad Press*. Bandung. Hal 24-28.
- Sunandar, I., & Syarifudin, D. 2014. Lidar : Penginderaan Jauh Sensor Aktif Dan Aplikasinya Di Bidang Kehutanan. *Jurnal Planologi Unpas*, 1(2), 145.
- Suryono. 2018. Analysis of Factors That Caused Critical Land Change in Tateli, Kecamatan Mandolang. *Jurnal Spasial*, 5(3), 319–328.
- Syahrudin dan Farida. 2017. Analisis Kebutuhan Air Irigasi Untuk Daerah Irigasi Cimanukan, Kabupaten Garut. *Jurnal Irigasi Vol. 13 No.1*. ISSN: 2302-7312.
- Republik Indonesia. 2009. Undang-Undang Republik Indonesia No. 41 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan. Jakarta: Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.
- Wahidy, Al. 2013. Analisis Ekspresi Topografi Untuk Pemetaan Longsorlahan Di Wilayah Kabupaten Kulonprogo (Skripsi). Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Fakultas Geografi. 16 hlm.
- Yunawan, C. 2014. Analisis Pola Aliran dan Perencanaan Saluran Drainase di Sekitar Jalan Meranti-Tanjung Kampus Demaga IPB (Skripsi). Bogor. Institut Pertanian Bogor, Fakultas Teknik Sipil. 70 hlm.
- Zulkarnain, et al. 2018. Rancang Bangun Pompa Air Tenaga Dinamik (Pompa Hidram) untuk Irigasi Konversi. 1–6. (Abstr).
- Zeiler, M. 1999. Modeling our World. *The ESRI Guide to Geodatabase Design*. New York: Environmental Systems Research Institute.