



LiDAR : Teknologi Penting Yang Tak Diketahui Banyak Khalayak

**Oleh : Frans Dhito Putra Dirgantara, Arief Suryadi Satyawan,
Ema.**

Di zaman modern seperti sekarang ini, manusia hidup berdampingan dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat. Teknologi bertujuan agar dapat membantu pekerjaan manusia menjadi lebih mudah. Namun banyak dari kita yang masih belum menyadari bahwa ada banyak teknologi yang belum diketahui namun sebenarnya sangat membantu kita dalam berbagai hal, salah satu contohnya adalah LiDAR atau *Light Detection and Ranging*. Dimasa sekarang LiDAR banyak digunakan seperti pada kendaraan otonom, pesawat, robot, peralatan militer, bahkan saat ini bisa ditemukan pada telepon genggam pintar. LiDAR membuat pekerjaan manusia menjadi mudah dalam pelaksanaannya. Sekarang marilah kita dalam seperti apakah LiDAR tersebut, serta bagaimana prinsip kerjanya.

Tanpa kita sadari LiDAR telah mulai digunakan sejak dahulu kala. Revolusi kecanggihan LiDAR bermula pada saat jutaan tahun yang lalu di alam liar dimana kelelawar menggunakan sistem yang sekarang dikenal sebagai sistem sonar atau navigasi suara. Mereka memancarkan suara dari hidung mereka dan menerima gema melalui telinga mereka sebagai bentuk dua antena. Hal ini menjadikan kelelawar mampu menggambarkan secara tiga dimensi lingkungan daerah sekitarnya, sehingga memungkinkan mereka untuk menghindari rintangan dan menemukan mangsa mereka. Sekitar tahun 1960, model sistem kerja kelelawar ini awalnya dirancang untuk mendeteksi kapal-kapal yang ada di laut dari pesawat udara, dan pada era tahun 1970 di berbagai negara pengguna seperti Amerika Serikat, Kanada, dan Australia hasilnya dinilai cukup berhasil. Seiring berjalannya waktu, teknologi LiDAR berkembang dengan sangat cepat terutama di berbagai negara maju terutama sebagai alat survei baik melalui udara (airborne) dan darat (ground). Hal ini juga diikuti dengan peningkatan kesadaran dan pemahaman tentang LiDAR terhadap bidang-bidang lain yang awalnya tidak berhubungan.



Figure 1. Contoh LiDAR Velodyne Puck¹

LiDAR adalah sensor aktif untuk menjalankan metode pendeteksian objek dengan cara memancarkan cahaya laser dan menerima pantulan cahaya tersebut saat mengenai objek, serta dari mekanisme perjalanan cahaya tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengukur jarak objek yang terdeteksi. LiDAR bekerja dengan prinsip yang sama seperti sistem radar (radio detection and ranging) namun sinyal yang digunakannya berbeda. Jika sistem radar menggunakan gelombang radio, maka LiDAR menggunakan sinar ultraviolet, infrared, atau sinar spektrum elektromagnetik. LiDAR biasanya digunakan untuk pengukuran dengan memproyeksikan objek sekitar yang dideteksi menjadi peta lingkungan yang sangat tepat, berkualitas tinggi, dan bisa juga menjadikannya gambar 3 dimensi (3D) secara *real-time*. Sistem LiDAR terdiri dari *scanner*, *laser*, dan biasanya terdapat GPS (Global Positioning System) *Receiver*. Elemen lain yang tidak kalah penting untuk pengumpulan dan analisis data adalah optik dan *photodetector*. LiDAR biasanya digunakan oleh para ilmuwan dan profesional pemetaan untuk memeriksa lingkungan yang mereka amati[1]. LiDAR sebagian besar digunakan untuk pengaplikasian di udara, *mobile*, dan *terrestrial*. LiDAR memiliki berbagai macam jenis yang dibagi menjadi 2 kategori yaitu *airborne* dan *terrestrial*.

1. Pada kategori *airborne*, LiDAR dipasangkan pada pesawat terbang atau helikopter. Sinar laser dipancarkan ke tanah kemudian dikembalikan ke sensor LiDAR. Terdapat dua jenis LiDAR *airborne* yaitu topografi dan *bathymetric*. LiDAR topografi digunakan untuk memperoleh model permukaan untuk digunakan dalam berbagai macam pengaplikasian seperti kehutanan, hidrologi, geomorfologi, pemetaan kota, dan masih banyak lagi. LiDAR *bathymetric* adalah jenis *airborne* LiDAR yang dapat menembus air, kebanyakan LiDAR *bathymetric* mengumpulkan ketinggian dan kedalaman air secara bersamaan. LiDAR *bathymetric* menggunakan laser *infrared* untuk memantulkan dari pesawat ke

¹ https://eak2mvmp4a.exactdn.com/wp-content/uploads/2019/08/Velodyne_Puck.png?strip=all&lossy=1&ssl=1

permukaan tanah kemudian ada tambahan sinar laser berwarna hijau untuk bergerak dalam air. Dengan adanya dua laser tersebut maka bisa digunakan untuk menentukan kedalaman air dan garis elevasi pantai. Informasi dari *bathymetric* digunakan pada dekat garis pantai, pelabuhan, dekat pantai dan tepiannya. *Bathymetric* LiDAR juga bisa digunakan untuk menemukan objek di dasar laut.

Figure 2 Contoh Pengaplikasian Sistem LiDAR Airborne²



2. Untuk kategori *terrestrial* terdapat dua jenis LiDAR yaitu *mobile* dan *static*. Pada jenis *mobile*, LiDAR dipasang pada kendaraan yang bergerak sedangkan pada jenis statis, LiDAR biasanya dipasang pada tripod atau perangkat stationer. Kedua jenis sensor LiDAR tersebut menggunakan laser yang aman untuk mata. *Terrestrial* LiDAR mengumpulkan *point cloud* atau titik yang sangat padat dan sangat akurat yang memungkinkan mengidentifikasi objek secara tepat. *Point cloud* ini dapat digunakan untuk melakukan survei jalan raya dan kereta api, memetakan ruang ekterior dan interior, dan bahkan bisa untuk membuat model kota secara 3D. *Mobile* LiDAR mengumpulkan *point cloud* dari *platform* yang bergerak. Sistem *Mobile* LiDAR dapat mencakup sejumlah sensor LiDAR yang dipasang pada kendaraan bergerak seperti motor, mobil, kereta api, dan bahkan kapal. Sistem *Mobile* LiDAR biasanya terdiri dari sensor LiDAR, kamera, GPS (Global Positioning System), dan INS (Inertial Navigation System), seperti halnya kategori *Airborne* LiDAR. Data *Mobile* LiDAR dapat digunakan untuk menganalisis infrastruktur seperti jalan, tiang lampu, dan banyak lagi. Untuk *Static* LiDAR, mengumpulkan *point cloud* dari lokasi statis. Biasanya, sensor *Static* LiDAR dipasang pada dudukan tripod dan merupakan *imaging system* dan pengukuran berbasis LiDAR yang sepenuhnya *portable*. Sistem *Terrestrial* LiDAR ini dapat mengumpulkan

² https://miro.medium.com/max/620/1*hpNbSUE2v24h94pJQtGnpg.jpeg

point cloud di dalam gedung maupun di luar gedung. Pengaplikasian LiDAR ini umumnya untuk bidang teknik, pertambangan, survei, dan arkeologi [2].



Figure 3 Contoh Pengaplikasian LiDAR Static³

Apa saja komponen utama pada LiDAR ? berikut adalah penjelasannya.

1. Laser

Laser dikategorikan berdasarkan panjang gelombangnya. Laser dengan panjang gelombang 100 - 1000 nm umum digunakan untuk keperluan *non-scientific*, laser tipe ini dapat dengan mudah difokuskan dan dilihat oleh mata. Untuk alasan keamanan, biasanya daya pada laser ini dibatasi dengan standar yang aman untuk mata manusia. Kemudian ada juga laser dengan panjang gelombang 1550 nm. Laser tipe ini memiliki panjang gelombang dan daya yang lebih tinggi dari tipe laser sebelumnya, namun tipe cahaya yang dihasilkan tidak terfokus dan aman untuk mata manusia. Laser jenis ini banyak digunakan pada perangkat kaca mata *night-vision* untuk keperluan militer. LiDAR untuk *mapping* udara, umumnya menggunakan YAG laser dengan panjang gelombang 1064 nm atau 532 nm (bathymetric meter).

2. Pemindai dan Optik

Kecepatan pencitraan gambar yang dapat dihasilkan tergantung pada kecepatan pindai objek dari suatu sistem LiDAR. Berbagai macam mode pemindaian tersedia untuk berbagai keperluan, seperti *azimuth & elevation*, *dual oscillating plane mirrors*, *dual axis scanner* dan *polygonal mirrors*. Jenis perangkat optik menentukan resolusi dan jangkauan yang dapat dipindai oleh sistem LiDAR.

³ https://earthobservatory.sg/files/facilities/facilities_Lidar.jpg

3. *Photo Detector dan Receiver*

Photo detector / receiver adalah perangkat yang berfungsi untuk membaca dan merekam pulsa laser yang dipantulkan dari objek terukur. Ada dua macam *photo detector* yang umum digunakan pada sistem LiDAR, yaitu *photodiode* dan *photomultipliers*.

4. Navigasi dan Sistem Pemetaan

Saat sensor LiDAR dipasang pada *platform* bergerak seperti satelit, pesawat, atau kendaraan dan robot, sistem menganalisa kondisi awal untuk dijadikan posisi dan orientasi absolut. GPS umumnya digunakan untuk menentukan informasi koordinat geografis, sedangkan sensor *Inertia Measurement Unit* (IMU) digunakan untuk menentukan orientasi. Kombinasi kedua data dari perangkat tersebut digunakan sebagai metode penerjemahan data sensor ke *static points* yang kemudian diolah lebih lanjut untuk aplikasi keberbagai sistem [3].

Sekarang, tentunya akan bertanya-tanya sebenarnya bagaimana LiDAR bekerja ?. LiDAR adalah alat untuk mengukur bentuk dan kontur tanah dan lingkungan. Sensor memantulkan pulsa laser dari objek yang dituju dan kemudian mengukur waktu (dan jarak) setiap pulsa yang ditempuh. Ilmu ini didasarkan pada cahaya dan optic, yaitu mengukur panjang gelombang dalam nanodetik. Dalam sistem LiDAR, cahaya dipancarkan dari laser yang ditembakkan dengan cepat. LiDAR mengumpulkan informasinya dengan mengirimkan sinar laser dan mengumpulkan cahaya yang dipantulkan objek. Sinar laser yang bergerak akan dipantulkan dan menghasilkan titik-titik benda dilingkungan seperti bangunan dan pohon. Energi cahaya yang dipantulkan kemudian kembali ke sensor LiDAR.

Time of Flight atau TOF adalah cara LiDAR mengukur lingkungan dan merupakan teknik yang paling layak dan terbukti baik digunakan untuk mendeteksi objek target. Secara bersamaan, saat laser menyala, *firmware* dalam sistem LiDAR menganalisis dan mengukur data. Lensa penerima optik dalam sistem LiDAR bertindak seperti teleskop yang mengumpulkan fragmen foton cahaya yang kembali dari lingkungan. Laser menghasilkan dan menembakkan miliaran foton, tetapi untuk setiap 1 juta foton yang dikirim, maka 1 foton akan kembali. Laser mengirimkan 1 juta foton untuk menghasilkan 1000 foton informasi kembali. Semakin banyak sinar laser yang digunakan dalam suatu system LiDAR, semakin banyak informasi tentang

lingkungan yang dikumpulkan. Sistem laser LiDAR tunggal dengan 8 atau lebih sedikit laser berada pada posisi yang kurang menguntungkan karena lebih sedikit foton yang diambil, sehingga lebih sedikit informasi dibandingkan dengan sistem LiDAR multi-laser yang dilengkapi dengan 16 sinar laser atau lebih [4].

Apakah pemanfaatan LiDAR bagi kita? dan apa kegunaan LiDAR bagi kehidupan kita ? berikut pengaplikasian LiDAR sesuai pada bidangnya.

1. Pertanian

LiDAR digunakan untuk membantu petani dalam menentukan area mana pada lahan mereka untuk penyebaran benih dan pupuk, serta memindai tanaman untuk mencari keberadaan gulma. Teknologi ini juga menentukan dimana harus menyemprotkan pupuk sesuai dengan lokasi lahan pertanian. Deteksi serangga juga dapat dilakukan dengan menggunakan LiDAR. LiDAR juga dapat untuk membuat peta topologi dari *lading* dan mengungkapkan lereng dan paparan sinar matahari dari tanah pertanian. Beberapa peneliti pertanian juga menyebutkan bahwa LiDAR mampu untuk memperoleh *dataset* informasi topologi dengan kondisi tanah pertanian dari tahun-tahun sebelumnya. Dari informasi ini peneliti mengungkapkan bahwa LiDAR bisa menentukan kategori tanah pertanian menjadi kelas tinggi, menengah, atau rendah, untuk menghasilkan zona penyebaran kondisi lahan. Kondisi ini berharga bagi petani karena dapat menunjukkan di

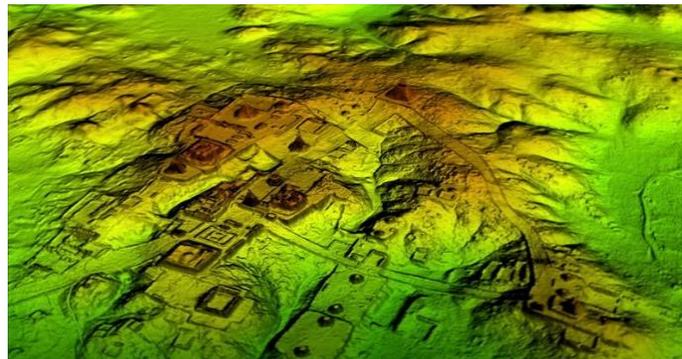


daerah mana tempat menerapkan penyebaran pupuk agar mencapai hasil panen tertinggi.

Figure 4. Drone menggunakan LiDAR untuk Mapping lahan pertanian⁴

2. Arkeologi

Lidar memiliki banyak peranan penting dalam pengaplikasiannya dibidang arkeologi. Fungsi dari LiDAR tersebut yaitu membantu dalam perencanaan survei lapangan, pemetaan fitur bawah kanopi hutan dengan memberikan gambaran secara luas dan detail. LiDAR juga membantu arkeolog untuk membuat *Digital Elevation Model* (DEM) dengan resolusi tinggi dari situs-situs arkeolog. LiDAR dapat dengan mudah diintegrasikan ke dalam *System Information Geographic* (SIG) untuk analisis dan interpretasi. Dengan kemampuan LiDAR dapat menghasilkan resolusi tinggi dataset dengan cepat dan relatif murah. Selain efisiensi, kemampuan untuk menembus kanopi hutan telah memberikan penemuan fitur yang tidak dapat dibedakan melalui geospasial tradisional dan sulit



dijangkau melalui survei lapangan.

Figure 5. Menemukan Peninggalan Suku Maya menggunakan LiDAR⁵

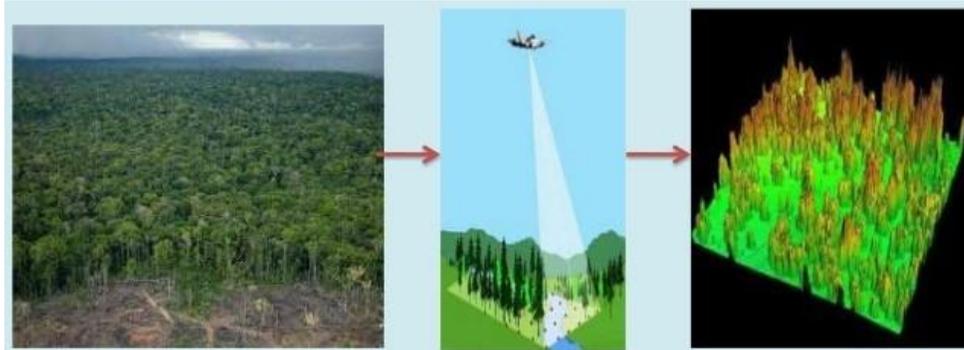
3. Biologi dan Konservasi

Pengaplikasian LiDAR juga terdapat dibidang kehutanan seperti kanopi ketinggian, pengukuran biomassa, dan luas daun semua bisa dipelajari dengan menggunakan sistem LiDAR. Peta topografi juga dapat dihasilkan dengan mudah dari LiDAR, termasuk untuk

⁴ <http://totalgeosurvey.com/wp-content/uploads/2021/08/WhatsApp-Image-2021-08-13-at-15.27.21-1-800x600.jpeg>

⁵ <https://img.okezone.com/content/2018/02/02/56/1853874/teknologi-laser-temukan-peninggalan-tersembunyi-suku-maya-Uy69kOkVWt.jpg>

penggunaan dalam varian produksi dari peta kehutanan. LiDAR memungkinkan juga



penelitian para ilmuwan untuk tidak hanya mengukur tinggi pohon namun bisa juga untuk menentukan keanekaragaman hayati di hutan. Teknologi ini diharapkan kedepannya bisa melestarikan dan melindungi tanaman-tanaman terlindungi.

Figure 6. Proses membuat peta topografi⁶

4. Geofisika dan Geomorfologi

Peta resolusi tinggi elevasi digital yang dihasilkan oleh LiDAR telah memicu kemajuan signifikan dalam bidang geomorfologi. Kemampuan LiDAR untuk mendeteksi fitur topografi halus seperti teras sungai dan tepi saluran sungai, mengukur elevasi permukaan tanah, menghasilkan turunan spasial elevasi, dan mendeteksi perubahan elevasi pada suatu permukaan bumi adalah sangat dibutuhkan. Dalam geofisika dan tektonik, kombinasi pesawat berbasis LiDAR dan GPS telah berevolusi menjadi alat penting untuk mendeteksi kesalahan dan mengukur material pengangkatan. Luaran dari kedua teknologi dapat menghasilkan model elevasi yang sangat akurat untuk mengukur elevasi tanah melalui pepohonan. Seperti contohnya, sebuah sistem berbasis satelit NASA (National Aeronautics and Space Administration) ICESat yang mencakup sistem LiDAR digunakan untuk tujuan memantau *glacier* dan melakukan analisis perubahan pesisir dengan menggunakan *Airborne Topografi Mapper* milik NASA. Kombinasi ini juga digunakan oleh para ilmuwan tanah saat membuat survei tanah. Pemodelan medan detail memungkinkan ilmuwan tanah untuk mengamati perubahan bentuk lahan.

⁶ https://s3.ap-south-1.amazonaws.com/atg-storage-s3/assets/Frontend/images/article_image/feature_inside-101700000020181846727894.png

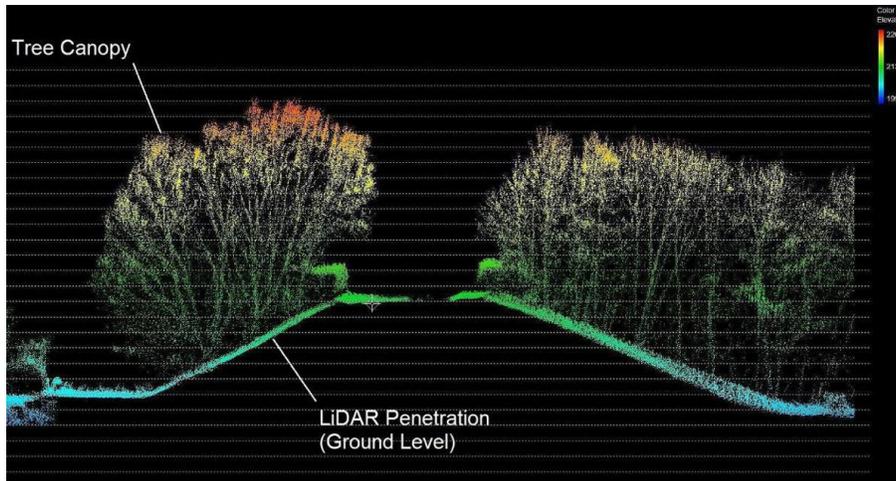
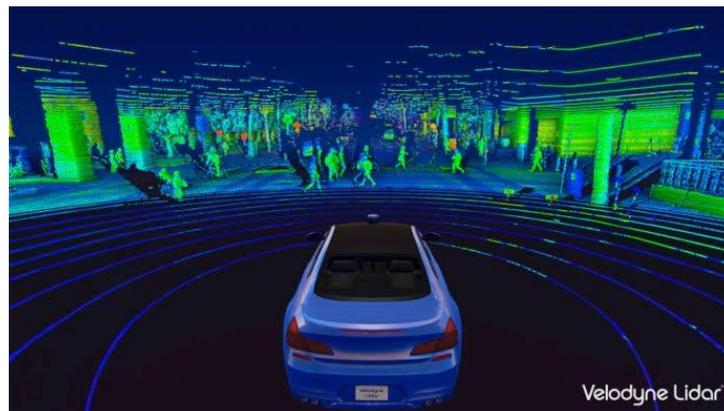


Figure 7. Penggunaan LiDAR untuk menentukan elevasi tanah⁷

5. Transportasi

LiDAR telah digunakan dalam sistem *Adaptive Cruise Control* (ACC) untuk mobil. Sistem seperti ini sudah diaplikasikan oleh Siemens dan Hella menggunakan perangkat LiDAR yang dipasang pada bagian depan kendaraan seperti *bumper* untuk memantau jarak antara kendaraan di depannya. Bila kendaraan didepannya melambat atau terlalu dekat maka ACC menerapkan rem untuk memperlambat kendaraan dan jika jalan didepan kosong maka ACC akan membuat kendaraan untuk mempercepat ke preset



kecepatan oleh pengemudi.

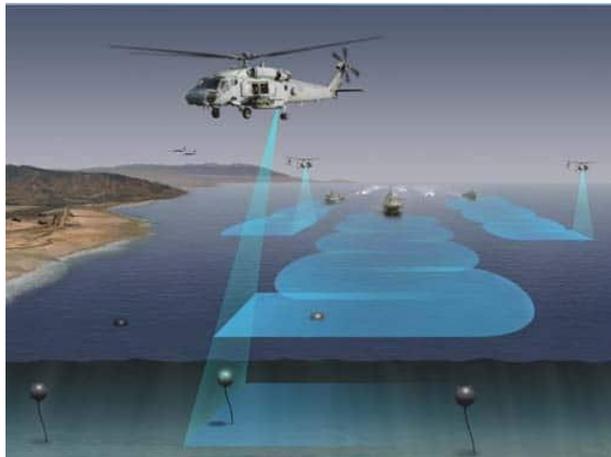
Figure 8. Penggunaan LiDAR Pada Autonomous Vehicle⁸

⁷ <https://www.neoexplor.com/berkas/lidar-mapping-3.jpg>, source : Pt.Borneo Explorindo

⁸ https://static.seekingalpha.com/uploads/2021/1/10/saupload_velodyne.jpg , source: velodyn

6. Militer

Dalam dunia militer LiDAR memiliki beberapa pengaplikasian, contohnya untuk memberikan citra resolusi yang lebih tinggi dalam mengidentifikasi target musuh seperti *tank* atau *panzer*. LiDAR sangat umum dipakai di dunia militer, contohnya seperti *Airborne Laser Mine Detection System (ALMDS)*, yang digunakan untuk *mine counter* dalam peperangan. Sebuah laporan NATO (North Atlantic Treaty Organization) dalam dokumen RTO-TR-SET-098 menyebutkan bahwa berdasarkan hasil sistem LiDAR, satuan tugas merekomendasikan bahwa sistem LiDAR adalah pilihan terbaik untuk aplikasi jarak dekat dari *standoff* sistem deteksi UV LI. *Long range Standoff Biology Detection System (LR-BSD)* dikembangkan untuk angkatan darat AS untuk memberikan peringatan sedini mungkin atas serangan biologis. Ini adalah sistem udara yang dibawa oleh helikopter untuk mendeteksi awan *aerosol* buatan yang mengandung senjata biologis



dan kimia pada jarak jauh [5].

Figure 9. Penggunaan Airborne Laser Mine Detection System (ALMDS)⁹

Kita sudah mengetahui LiDAR itu seperti apa dan pengaplikasiannya diberbagai macam bidang, namun kita masih belum mengetahui apa saja keuntungan dan kekurangan LiDAR.

1. Akurasi

Teknologi LiDAR menawarkan hasil yang sangat akurat dan konsisten. Dengan menggunakan panjang gelombang yang pendek dapat mendeteksi objek kecil dan

⁹ https://navalpost.com/wp-content/uploads/2020/05/Airborne_Laser_Mine_Detection_System.jpg

membuat model 3D yang tepat, sehingga memungkinkan untuk mengklasifikasi objek dengan baik.

2. Kecepatan

Sensor mengirimkan pulsa laser dan menerimanya kembali dalam nanodetik, sehingga memungkinkan untuk memindai area yang luas dalam waktu yang cukup singkat dengan volume data yang tinggi.

3. Dapat Mengumpulkan Data Dari Berbagai Lokasi

Tempat-tempat yang sulit dijangkau, seperti pegunungan tinggi, hutan lebat dan daerah yang sulit dijangkau dapat dengan mudah dipetakan dengan teknologi LiDAR.

4. Fungsi Otomatis

Teknologi LiDAR memungkinkan aplikasi dijalankan dengan otomatis, tidak seperti halnya pada survei yang menggunakan teknologi konvensional yang membutuhkan banyak peralatan untuk mendapatkan data topografi pada area yang sama.

5. Biaya Rendah

Mengingat kecepatan dan area luas yang dapat dipindai, ditambah dengan hasil yang sangat akurat, LiDAR jauh lebih murah daripada metode survei dan pemetaan tanah lainnya. Teknologi ini adalah cara yang terjangkau untuk menghasilkan survei topografi yang kompleks.

Kecepatan, biaya, dan volume data yang sangat akurat cenderung menjadikan LiDAR pilihan yang tepat, tetapi penting untuk mengetahui kerugiannya saat kita merencanakan penggunaannya.

1. Memerlukan Upaya Lebih Untuk Pemanfaatan LiDAR

Pemrosesan data LiDAR bersifat kompleks dan membutuhkan pemahaman yang mendalam tentang cara kerja sensor dan pengolahan datanya.

2. Membeli Sensor LiDAR Kelas Atas Itu Mahal

Sampai saat ini komponen LiDAR dengan kemampuan yang baik masih cukup mahal, sehingga aplikasinya masih terbatas pada hal-hal yang mengharuskan kinerja yang sangat baik pula, seperti pada aplikasi kendaraan otonom atau pemetaan udara. Untuk aplikasi yang lebih sederhana masih relatif mahal untuk penggunaannya [6].

Dengan pembahasan seperti ini kita berharap kepada seluruh masyarakat khususnya masyarakat Indonesia akan paham dan mengerti bahwa teknologi LiDAR sangatlah berperan penting dalam kehidupan kita. Kita juga berharap bahwa nanti teknologi LiDAR bisa berkembang lebih jauh dan bervariasi lagi.

Referensi

1. Rachman Abdul A.S. , “3D-LiDAR Multi Object Tracking For Autonomous Driving”, November 9,2017.
2. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/las-dataset/types-of-lidar.htm> , 15 Januari 2022.
3. https://digiwarestore.com/id/digiware-news/43_apakah-lidar-itu-dan-bagaimana-cara-kerjanya , 15 Januari 2022
4. Frost & Sullivan, “LiDAR: Driving the Future of Autonomous Navigation”, 2016.
5. Mehendale Ninad, “Review on LIDAR Technology”, 2020.
6. <https://flyguys.com/advantages-disadvantages-lidar-technology/>, 15 Januari 2022.