

INTISARI

Perkembangan industri LiDAR (*Light Detection and Ranging*) telah meningkat pesat dengan banyaknya perusahaan baru dan variasi sensor yang berkembang dipasaran. LiDAR menjadi *state of the art* untuk bidang survey dan pemetaan. Pemetaan menggunakan sensor LiDAR secara mobile maupun terestrial membutuhkan GNSS (*Global Navigation System Satellite*) sebagai teknik positioning. Kelemahan dari intrusi ini akan sangat terganggu adanya *obstacle* yang menghambat sinyal GNSS sehingga integrasi tidak berjalan dengan maksimal. Untuk mengatasi hal tersebut telah berkembang algoritma SLAM (*Simultaneous Localisation And Mapping*) yang merupakan algoritma kecerdasan buatan untuk estimasi posisi yang biasanya digunakan pada bidang robotika dan mampu bekerja tanpa menggunakan GNSS. Berdasarkan hal tersebut tujuan dari penelitian ini adalah melakukan rancang bangun sistem LiDAR mapping menggunakan algoritma SLAM yang akan di uji pada ruangan terkonfigurasi skala laboratorium.

Penelitian ini dimulai dari tahap perancangan *hardware* menggunakan sensor *laser scanner velodyne VLP-16* dengan dikombinasi sensor GNSS Zed 9fp, IMU Exens 670-DK, dan alat elektronik pendukung lainnya. Integrasi sensor dilakukan dengan perancangan kerangka terlebih dahulu, kemudian dilakukan perancangan *sub system power*, *sub system data I/O handling* dan pengujian alat. Konfigurasi alat dilakukan dengan percobaan kemiringan sensor *laser scanner* dengan kemiringan 0° , 45° , dan 90° , konfigurasi *lever arm* dan konfigurasi parameter integrasi untuk keperluan *time tagging* menggunakan GNSS *time*. Pengujian alat dilakukan dengan skema lintasan membentuk huruf S, O dan angka 8 pada ruangan terkonfigurasi skala laboratorium dengan membuat jalur lintasan, titik kontrol, dan beberapa obyek tabung dan balok untuk keperluan pengujian data. Pengolahan *raw data* LiDAR dilakukan pengolahan dengan menggunakan algoritma SLAM odometri untuk mendapatkan trajektori dari pengambilan data yang nantinya akan digunakan untuk transformasi *raw data* laser scanner menjadi *pointcloud 3D*. Assesment kualitas dari data yang diperoleh dilakukan pengujian terhadap trajektori hasil algoritma SLAM dibandingkan dengan trajektori sesungguhnya hasil integrasi GNSS dengan IMU secara EKF/*Tightly Integration*. Perhitungan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) dilakukan pada hasil trajektori dibandingkan dengan titik kontrol, akurasi posisi *pointcloud*, akurasi dimensional *pointcloud* dan analisis kelas akurasi yang diperoleh menggunakan standar *Level of Accuracy (LoA)* dari *U.S. Institute of Building Documentation*.

Hasil yang didapatkan perancangan perangkat keras LiDAR dengan algoritma SLAM terdiri dari sub sistem utama yaitu sub sistem sinkronisasi Laser Scanner dengan INS, sub sistem *power supply*, sub sistem Data I/O *handling* dan *logging* data. Pada penelitian ini pemanfaatan gimbal diperlukan untuk mengatasi gerakan / getaran yang tidak dapat diatasi oleh sensor IMU karena sangat mempengaruhi proses algoritma SLAM bekerja. Akurasi trajektori yang dihasilkan dengan menggunakan algoritma SLAM dengan beberapa percobaan adalah 0,054 m hingga 0,266 m dan nilai akurasi *pointcloud* yang dihasilkan adalah 0,035 m hingga 0,08 m. Presisi dari *pointcloud 3D* yang dihasilkan adalah 0,032 m hingga 0,051 m dengan resolusi obyek terkecil yang mampu di petakan adalah 0,05 m. Berdasarkan analisis kelas akurasi alat yang dihasilkan mampu memenuhi standart akurasi tertinggi pada level LOA20, dan dapat digunakan untuk pemetaan pemodelan 3D bangunan secara umum. Pengujian pada penelitian ini terbatas pada skala uji laboratorium yang mana selanjutnya penelitian dapat ditingkatkan pada area yang lebih luas dan dibandingkan dengan sistem lain yang telah masuk pada *grade* komersial.

Kata Kunci: rancang bangun, lidar, mapping, algoritma SLAM

ABSTRACT

The development of the LiDAR (Light Detection and Ranging) industry has increased rapidly with many new companies and a variety of sensors growing in the market. LiDAR shows the state of the art on for surveys and mapping. Mapping using LiDAR sensors both mobile and terrestrial requires GNSS (Global Navigation System Satellite) as a positioning technique. The weakness of this integration there are obstacles that decrease the GNSS signal so that the integration does not run optimally. To solved this problem, the SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) algorithm has been developed which is an artificial intelligence algorithm for position estimation which is usually used in the robotics and is able to work without GNSS. Based on this, the purpose of this research is to design a LiDAR mapping system using the SLAM algorithm which will be tested in a laboratory-scale configured room.

This research starts from the hardware design stage using a Velodyne VLP-16 laser scanner sensor combined with a Zed 9fp GNSS sensor, IMU Exens 670-DK, and other supporting electronic devices. Sensor integration is done by designing the framework first, then designing the power sub system, data I/O handling sub system and testing tools. The configuration of the tool was carried out by experimenting with the tilt of the laser scanner sensor with a slope of 0° , 45° , and 90° , configuration of lever arm and configuration of integration parameters for time tagging using GNSS time. Testing of the equipment is carried out with a trajectory scheme forming the letters S, O and number 8 in a laboratory-scale configured room by making a path, control points, and several tube and beam objects for data testing purposes. LiDAR raw data processing is carried out using the SLAM odometry algorithm to obtain trajectories from data retrieval which will later be used for the transformation of laser scanner raw data into 3D pointclouds. The quality assessment of the data obtained is tested on the trajectory of the SLAM algorithm compared with the actual trajectory of the integration of GNSS with IMU by EKF/Tightly Integration. The calculation of the RMSE (Root Mean Square Error) value was carried out on the trajectory results compared to control points, pointcloud position accuracy, pointcloud dimensional accuracy and analysis of accuracy classes obtained using the Level of Accuracy (LoA) standard from the U.S. Institute of Building Documentation.

The results obtained are the LiDAR hardware design with the SLAM algorithm consisting of the main sub-systems, namely the Laser Scanner synchronization sub-system with INS, the power supply sub-system, the Data I/O handling and data logging sub-systems. In this study, the use of gimbals is needed to overcome the movement / vibration that cannot be overcome by the IMU sensor because it greatly affects the process of the SLAM algorithm working. The trajectory accuracy generated using the SLAM algorithm with several experiments is 0.054 m to 0.266 m and the resulting pointcloud accuracy value is 0.035 m to 0.08 m. The precision of the resulting 3D pointcloud is 0.032 m to 0.051 m with the smallest object resolution that can be mapped is 0.05 m. Based on the analysis of the accuracy class, the resulting tool is able to meet the highest accuracy standard at the LOA20 level, and can be used for mapping 3D building models in general. The testing in this study is limited to a laboratory test scale, where further research can be improved on a wider area and compared to other systems that have entered the commercial grade.

Keywords: *designing, lidar, mapping, SLAM algorit*m