



Pemanfaatan Metoda RANSAC Untuk Validasi Rekontruksi Objek 2 Dimensi Dengan Menggunakan LiDAR

(Utilization of the RANSAC Method to Validate the Reconstruction of 2-Dimensi Objects Using LiDAR)

Tri Mulyana^{1*}, Arief Suryadi Satyawan², Sri Desy Siswanti³

¹Teknik Elektro, Universitas Nurtanio
E-mail: tri.m060599@gmail.com

²Badan Riset dan Inovasi Nasional
E-mail: arief.suryadi@akane.waseda.jp

³Universitas Nurtanio
E-mail: desy0712unnur@gmail.com

Abstract— *This research is a development of Random Sample Consensus (RANSAC) technology which is one of the facilities in autonomous type electric vehicles. Random Sample Consensus (RANSAC) is a two-dimensional technology that detects the presence of objects so that the vehicle can respond in the form of braking or maneuvering to avoid these objects. In the application of RANSAC, it is often constrained by anomaly data which affects the accuracy in the detection of actual objects. In this study, it aims to overcome anomaly data. In this study, it was assisted by MATLAB software which was used for analysis, comparison and programming whose results were entered into Excel as a dataset for the Reconstruction of 2-Dimensional Objects Using RANSAC Modifications The result data will be processed using the Linear Regression method or prediction based on previous data and using the Least Square method or the Least Squares method. The results of the study used samplesize and maxdistance which varied, from the first test getting 92.8% of the data declared good and the second test getting 58.33% of the data declared good. The results of this study show that the reconstruction of 2-Dimensional objects from LiDAR data can be validated using the RANSAC method, the Robust Fit line and the Least Square Fit from the image can be changed by setting SampleSize and MaxDistance, in the test results that have been carried out the tested data are declared successful, and the amount of data and the determination of the amount of data can affect the results in the study.*

Keywords— *Random Sample Consensus (RANSAC), SampleSize, MaxDistance, Regresi Linear.*

Abstrak— *Penelitian ini merupakan pengembangan teknologi Random Sample Consensus (RANSAC) yang menjadi salah satu fasilitas dalam kendaraan listrik jenis otonom. Random Sample Consensus (RANSAC) merupakan teknologi dua dimensi yang mendeteksi keberadaan objek sehingga kendaraan dapat merespon dalam bentuk pengereman atau maneuver untuk menghindari objek tersebut. Dalam penerapan RANSAC sering kali terkendala anomaly data yang mempengaruhi keakuratan dalam pendeteksian objek yang sesungguhnya. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengatasi anomaly data. Dalam penelitian ini dibantu dengan software MATLAB yang digunakan untuk analisis, perbandingan dan pemrograman yang hasilnya dimasukkan ke dalam Excel sebagai dataset untuk Rekonstruksi Objek 2 Dimensi Menggunakan Modifikasi RANSAC. Data hasil akan diolah menggunakan metode Regresi Linear atau prediksi berdasarkan data sebelumnya serta menggunakan metode Least Square atau metode kuadrat terkecil. Hasil penelitian menggunakan samplesize dan maxdistance yang bervariasi, dari pengujian pertama mendapatkan 92,8% data dinyatakan bagus dan pengujian kedua mendapatkan 58,33% data dinyatakan bagus. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rekonstruksi objek 2 Dimensi dari data LiDAR dapat divalidasi menggunakan metode RANSAC, Garis Robust Fit dan Least Square Fit dari gambar dapat diubah dengan mengatur SampleSize dan MaxDistance, dalam hasil pengujian*

yang telah dilakukan data yang diuji coba dinyatakan berhasil, dan jumlah data dan penentuan jumlah data dapat memengaruhi hasil dalam penelitian.

Kata Kunci— *Random Sample Consensus (RANSAC), SampleSize, MaxDistance, Regresi Linear.*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kendaraan listrik terjadi sangat pesat, hal ini ditandai dengan meningkatnya berbagai jenis kendaraan listrik, termasuk jenis otonom. Kendaraan listrik jenis ini dapat berupa alat angkut tanpa pengemudi yang cukup efisien dalam membantu mobilitas manusia seperti pada suatu perkantoran ataupun kawasan industri. Untuk dapat bergerak secara otonom dengan sedikit campur tangan manusia dalam pengendaliannya, maka kendaraan listrik otonom harus memiliki fasilitas yang memungkinkan kendaraan tersebut dapat bergerak secara aman dan benar. Salah satu fasilitas nya adalah teknologi *Random Sample Consensus (RANSAC)* dua dimensi yang dapat mendeteksi keberadaan objek sehingga kendaraan dapat merespon dalam bentuk pengereman atau manuver untuk menghindari objek tersebut. Namun demikian penerapan teknologi RANSAC terkadang terkendala oleh adanya *anomaly* data atau *noise* sehingga mempengaruhi keakuratan dalam mendeteksi objek yang sesungguhnya. Permasalahan penting yang di hadapi oleh pengembangan kendaraan listrik otomatis yang aman dan benar adalah kemampuan teknologi RANSAC dua Dimensi untuk mendeteksi dan mengetahui jarak kendaraan terhadap lingkungan sekitar saat beroperasi dengan akurat, ini di karenakan adanya *anomaly* yang tidak di inginkan berupa *noise* atau gangguan lain yang membuat kesalahan dalam pembacaan jarak kendaraan terhadap objek yang sebenarnya, sehingga jika tidak diatasi dengan baik maka dapat mengganggu operasional kendaraan listrik otonom. Untuk mengatasi hal tersebut, maka pada penelitian ini akan di usulkan pengembangan teknologi pereduksi noise pada RANSAC dua dimensi. Adapun teknologi yang di terapkan adalah pengembangan algoritma pengolahan data RANSAC secara sistematis.

II. LANDASAN TEORI

A. RANSAC

Random Sample Consensus (RANSAC) merupakan metode iteratif untuk memperkirakan parameter model matematika dari satu set data yang diamati yang berisi Outlier, ketika *Outlier* diberikan tidak ada pengaruh pada nilai perkiraan. Oleh karena itu, dapat juga diartikan sebagai metode pendeteksian *Outlier*. Ini adalah algoritma non-deterministik dalam arti bahwa itu menghasilkan hasil yang masuk akal hanya dengan probabilitas tertentu, dengan probabilitas ini meningkat karena lebih banyak iterasi yang diizinkan. Algoritma ini pertama kali diterbitkan oleh Fischler dan Bolles di SRI International pada tahun 1981. RANSAC digunakan untuk memecahkan *Location Determination Problem (LDP)*, di mana tujuannya adalah untuk menentukan titik-titik dalam ruang yang diproyeksikan ke sebuah gambar ke dalam serangkaian *Landmark* dengan lokasi yang diketahui. RANSAC menggunakan sub-sampling acak berulang. Asumsi dasarnya adalah bahwa data terdiri dari *Inliers*, yaitu data yang distribusinya dapat dijelaskan oleh beberapa set parameter model. Misalnya, dari nilai ekstrim kebisingan atau dari pengukuran yang salah atau hipotesis yang salah tentang interpretasi data.

B. Pemetaan 2D dan Visualisasi

Pemetaan merupakan salah satu kemampuan untuk mendapatkan posisi dari sebuah sensor dalam koordinat kartesian. Maka untuk *Plotting Point cloud data* LiDAR ini di perlukan data pada koordinat X, dan data koordinat Y. Untuk dapat mendapatkan data x, dan data y, maka digunakan persamaan 2.1 dan 2.2:

$$X = S \cdot \cos \theta \dots \dots \dots (2.1)$$

$$Y = S \cdot \sin \theta \dots \dots \dots (2.2)$$

keterangan :

X = posisi sensor dalam koordinat x

Y = posisi sensor dalam koordinat y

S = informasi jarak tempuh sensor

Θ = arah hadap pada sensor

Sistem koordinat kartesian adalah sistem koordinat yang menetapkan setiap titik secara unik dalam bidang dengan serangkaian koordinat numerik yang merupakan informasi jarak yang bertanda titik dari dua garis berorientasi tegak lurus tetap, dan diukur dalam satuan panjang yang sama. Setiap garis referensi disebut sumbu koordinat atau hanya sumbu (sumbu jamak) dari sistem, dan titik di mana mereka bertemu adalah asalnya, pada pasangan terurut (0,0). Koordinat juga dapat didefinisikan sebagai posisi proyeksi tegak lurus dari titik ke dua sumbu, yang dinyatakan sebagai informasi jarak yang ditandatangani dari titik asal.

C. Regresi Linear

Regresi linear adalah untuk melakukan prediksi berdasarkan data-data yang telah dimiliki sebelumnya. Dengan asumsi hubungan di antara variabel tersebut, dapat didekati oleh suatu persamaan garis lurus, maka model yang mendekati hubungan antar variabel di data tersebut disebut sebagai pemantapan regresi linear.

D. *Least Square*

Metode *least square* atau yang biasa disebut dengan metode kuadrat terkecil merupakan metode yang digunakan untuk menentukan persamaan trend data karena metode ini menghasilkan data secara matematik. Dalam hal ini akan lebih dikhususkan untuk membahas analisis metode *least square* yang dibagi dalam dua kasus, yaitu kasus data genap dan data ganjil. 14 Prinsip dari metode kuadrat terkecil adalah meminimumkan jumlah kuadrat penyimpangannya (selisih) nilai variabel. Kuadrat terkecil adalah pendekatan standar dalam analisis regresi untuk mendekati solusi sistem yang ditentukan lebih (kumpulan persamaan di mana ada lebih banyak persamaan dari pada yang tidak diketahui) dengan meminimalkan jumlah kuadrat dari residu (perbedaan antara nilai yang diamati dan nilai pas yang diberikan oleh model) yang dibuat dalam hasil setiap persamaan individu.

E. *Robust Fit*

Fungsi Robust Fit menggunakan regresi *robust* agar y sesuai dengan fungsi kolom x dan mengembalikan vektor b ke koefisien. *robust fit* berfungsi untuk menimbang ulang algoritma *least square*, dengan menimbang tiap iterasi yang dihitung menggunakan fungsi *bisquare* ke residu iterasi sebelumnya. algoritma ini memberikan beban yang lebih rendah ke titik yang tidak sesuai. hasilnya akan kurang sensitif terhadap outlier ke data yang dibandingkan dengan regresi *least square* biasa.

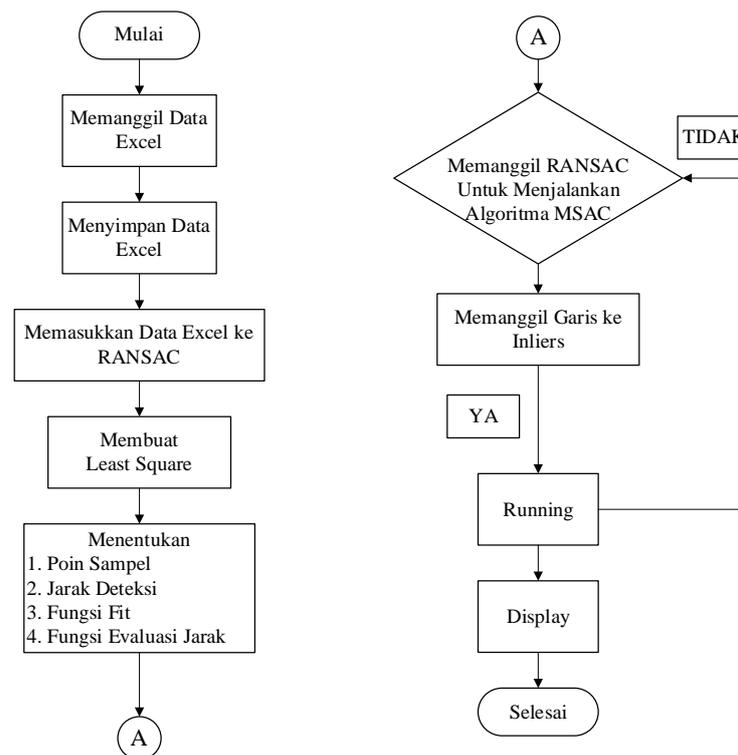
III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

Tabel 1. Tahapan penelitian

No	Tahapan	Metoda	Hasil
1.	Studi literatur.	1. Survei internet. 2. Studi buku dan jurnal terkait	Pemahaman: 1. Mengenai teknologipemetaan menggunakan RANSAC dua dimensi dan pemrosesannya. 2. Pemrograman dengan menggunakan bahasa MATLAB.
2.	Desain teknologi deteksi objek berbasis <i>software</i> RANSAC.	Instalasi <i>software</i> MATLAB.	Desain program Rekontruksi Objek 2D Menggunakan Modifikasi RANSAC dengan MATLAB.

No	Tahapan	Metoda	Hasil
3.	Realisasi perangkat teknologi deteksi objek berbasis software RANSAC pada Komputer.	Konfigurasi dan modifikasi kode software RANSAC pada komputer menggunakan MATLAB.	Mengkonversi data dari sebuah objek yang dihasilkan LiDAR 2D menjadi data excel.
4.	Pengukurankinerja <i>software</i> teknologi Deteksi Objek berbasis RANSAC dua dimensi	1. Pengujian berupa kinerja <i>software</i> RANSAC. 2. Pengujian berupa estimasi parameter.	1. Kinerja <i>software</i> RANSAC. 2. Kinerja <i>software</i> Rekontruksi Objek 2D Menggunakan Modifikasi RANSAC dengan MATLAB.
5.	Melakukan analisis	Analisis kualitatif dan kuantitatif	Pengumpulan data dan penelitian kinerja Rekontruksi Objek 2D Menggunakan Modifikasi RANSAC dengan MATLAB berdasarkan hasil pengujian.

Flow Chart Program RANSAC Untuk membuat program RANSAC, ada beberap tahapan program yang dapat dilihat pada Gambar 1, dengan penjelasan berikut:



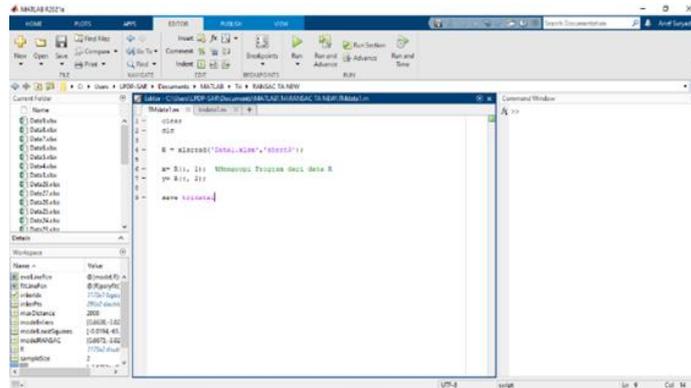
Gambar 1, Flow chart Program RANSAC

IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

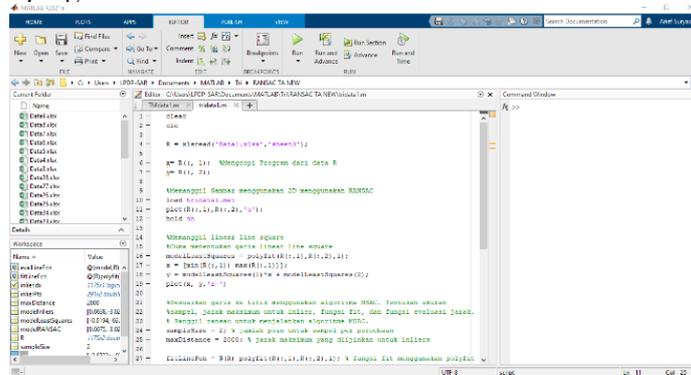
A. Proses Pengujian

Data RANSAC diambil dari data yang telah dibuat pada file excel. Sebelum data dirubah menjadi program RANSAC, buatlah folder baru agar data excel tersebut dapat dipanggil oleh program RANSAC. Pada Gambar 5.1 adalah program untuk proses pemanggilan file excel yang setelah itu data yang berada pada *file* tersebut akan tersimpan dalam *database* MATLAB untuk bisa dipanggil oleh program RANSAC nantinya. Dalam pengujian ini *Samplesize* ditentukan

dari nilai 2 dan nilai maksimalnya disesuaikan dengan *Maxdistance* yang ditentukan. Penentuan *Maxdistance* disesuaikan hingga mencapai garis data RANSAC.



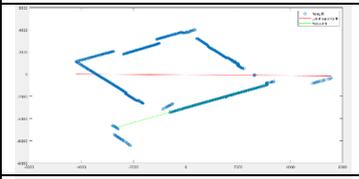
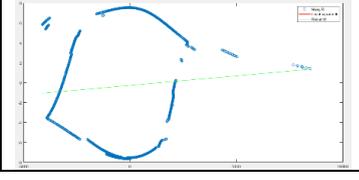
Selanjutnya pada Gambar 5.2 data excel yang telah tersimpan pada *database* MATLAB, akan dipanggil oleh program RANSAC.

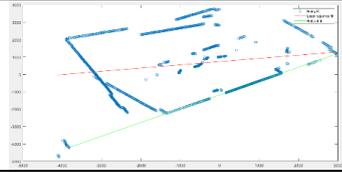
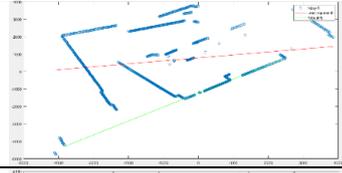
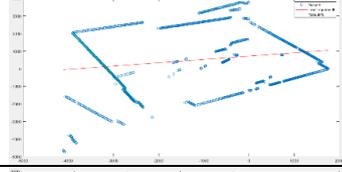
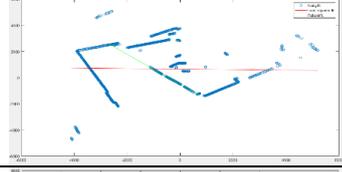
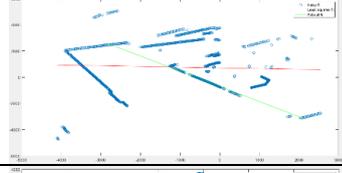
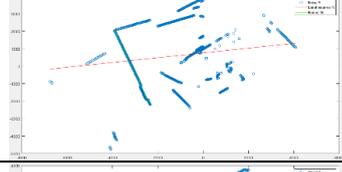
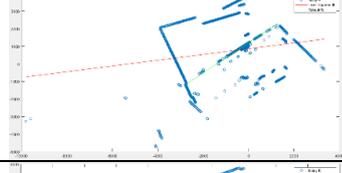
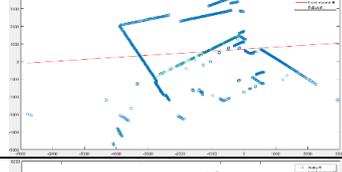
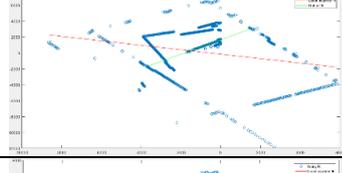
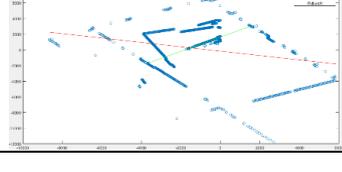


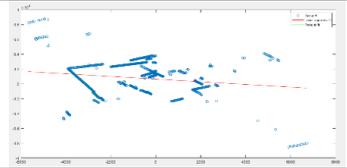
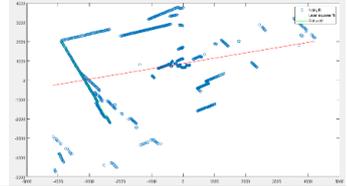
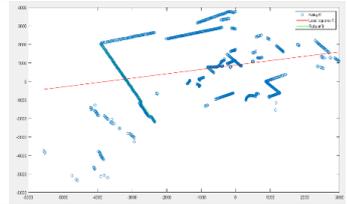
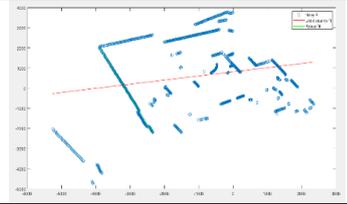
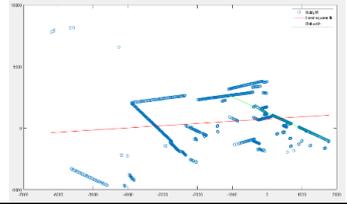
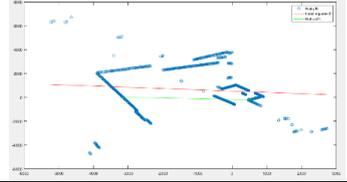
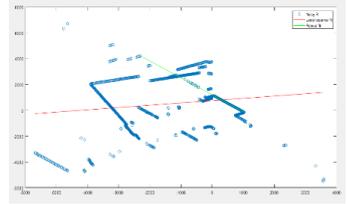
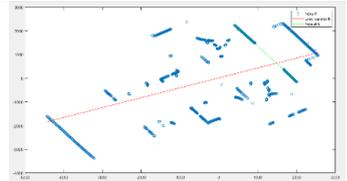
Hasil pengujian yang dinyatakan telah berhasil dapat dipersentasekan dengan rumus $\frac{\text{Data Yang Bagus}}{\text{Total Keseluruhan Data}} \times 100$.

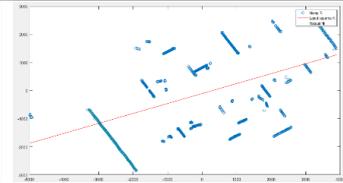
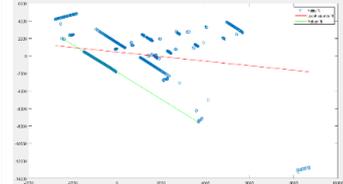
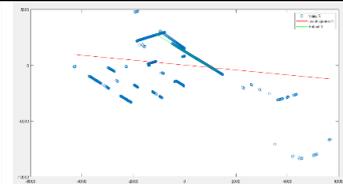
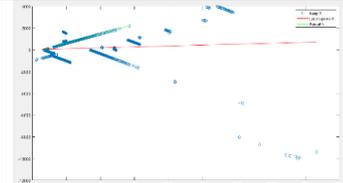
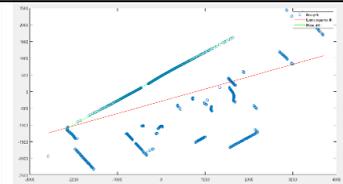
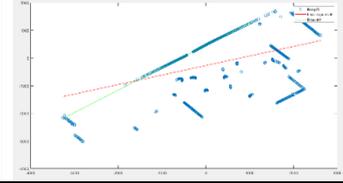
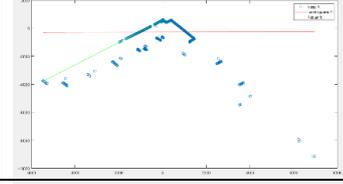
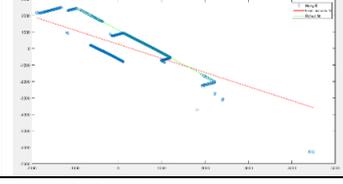
B. Hasil Pengujian Pertama

Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan gambar satu ke gambar lainnya, pengujian ini dengan cara mengubah *Sample Size* dan *MaxDistance* pada program RANSAC. Program ini dengan menambahkan *linear line square*, Algoritma MSAC, *polyfit*, dan *RANSAC Regressor*, juga menambahkan data Excel yang di panggil pada *Software* MATLAB.

No	Data Pengujian	Gambar	Least Square	Hasil Pengujian
1	Program Data 1		<p>Sample size: 2</p> <p>Maxdistance: 2000</p>	Bagus
2	Program Data 2		<p>Sample size: 40</p> <p>Maxdistance: 2000</p>	Tidak Bagus

No	Data Pengujian	Gambar	Least Square	Hasil Pengujian
3	Program Data 3		Sample size: 3 Maxdistance: 2500	Bagus
4	Program Data 4		Sample size: 4 Maxdistance: 3000	Bagus
5	Program Data 5		Sample size: 5 Maxdistance: 3500	Bagus
6	Program Data 6		Sample size: 6 Maxdistance: 4000	Bagus
7	Program Data 7		Sample size: 7 Maxdistance: 4500	Bagus
8	Program Data 8		Sample size: 3 Maxdistance: 3000	Bagus
9	Program Data 9		Sample size: 5 Maxdistance: 10000	Bagus
10	Program Data 10		Sample size: 2 Maxdistance: 2000	Bagus
11	Program Data 11		Sample size: 5 Maxdistance: 5500	Bagus
12	Program Data 12		Sample size: 2 Maxdistance: 2000	Bagus

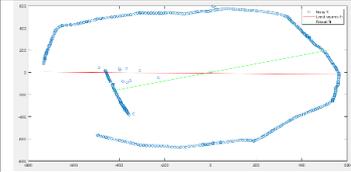
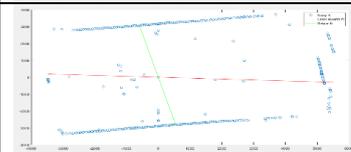
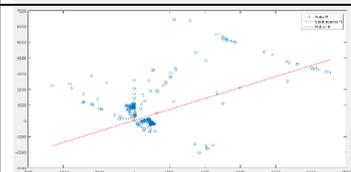
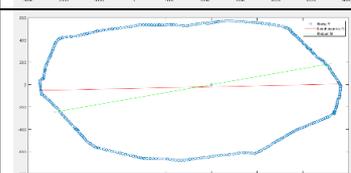
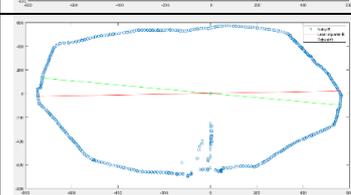
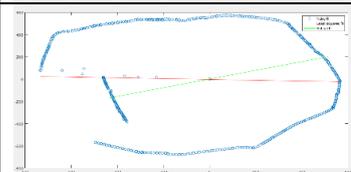
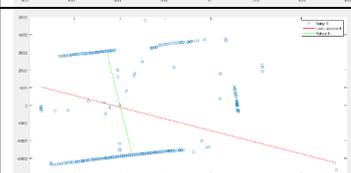
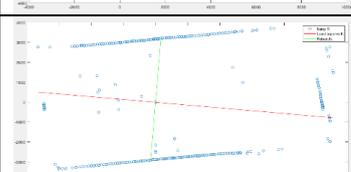
No	Data Pengujian	Gambar	Least Square	Hasil Pengujian
13	Program Data 13		<i>Samplesize:</i> 5 <i>Maxdistance:</i> 5000	Bagus
14	Program Data 14		<i>Samplesize:</i> 3 <i>Maxdistance:</i> 3000	Bagus
15	Program Data 15		<i>Samplesize:</i> 3 <i>Maxdistance:</i> 3500	Bagus
16	Program Data 16		<i>Samplesize:</i> 2 <i>Maxdistance:</i> 3000	Bagus
17	Program Data 17		<i>Samplesize:</i> 3 <i>Maxdistance:</i> 3000	Bagus
18	Program Data 18		<i>Samplesize:</i> 20 <i>Maxdistance:</i> 3000	Tidak Bagus
19	Program Data 19		<i>Samplesize:</i> 3 <i>Maxdistance:</i> 3000	Bagus
20	Program Data 20		<i>Samplesize:</i> 3 <i>Maxdistance:</i> 3000	Bagus

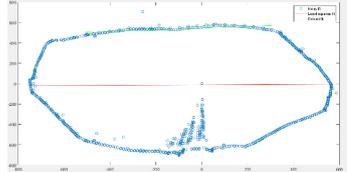
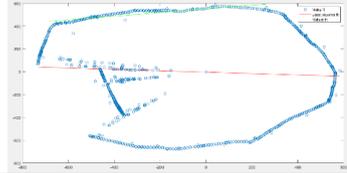
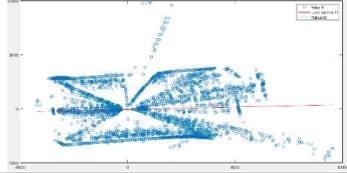
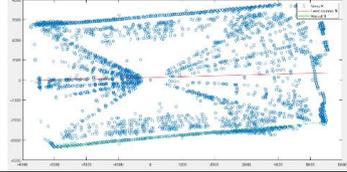
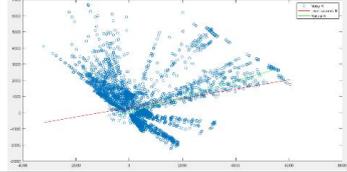
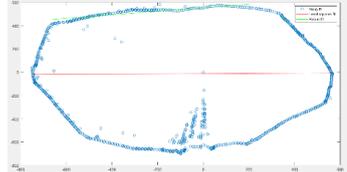
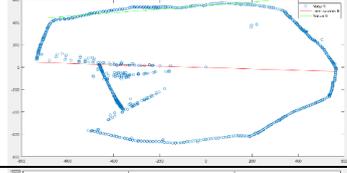
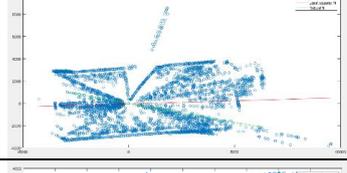
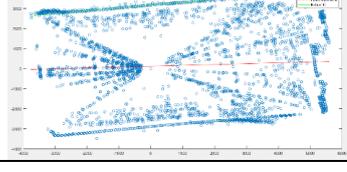
No	Data Pengujian	Gambar	Least Square	Hasil Pengujian
21	Program Data 21		Sample size: 4 Maxdistance: 4000	Bagus
22	Program Data 22		Sample size: 4 Maxdistance: 4000	Bagus
23	Program Data 23		Sample size: 10 Maxdistance: 3000	Bagus
24	Program Data 24		Sample size: 4 Maxdistance: 2000	Bagus
25	Program Data 25		Sample size: 4 Maxdistance: 2000	Bagus
26	Program Data 26		Sample size: 10 Maxdistance: 2500	Bagus
27	Program Data 27		Sample size: 4 Maxdistance: 5000	Bagus
28	Program Data 28		Sample size: 3 Maxdistance: 3500	Bagus

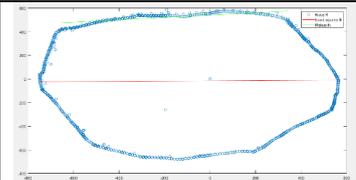
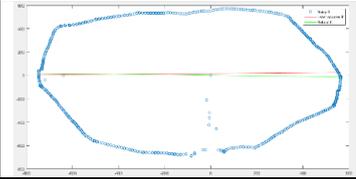
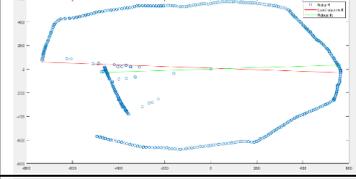
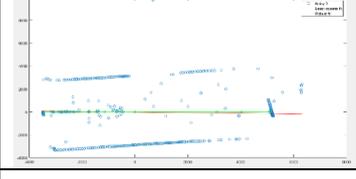
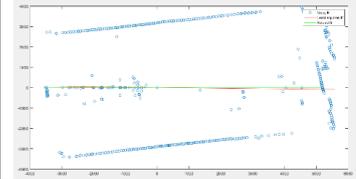
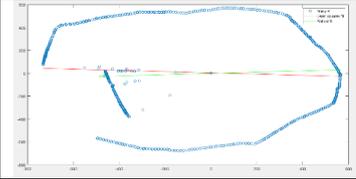
Pada pengujian data ke-1, 92,8% data yang telah diuji coba dinyatakan berhasil. Data Excel yang telah diuji coba berbeda-beda.

C. Hasil Pengujian Kedua

Konstruksi Objek 2 Dimensi dengan metode RANSAC yang digunakan untuk estimasi parameter yang terkontaminasi oleh *outlier* atau titik deviasi rata-rata dalam jumlah besar. *Inlier* digunakan untuk mengetahui data yang terhubung dengan program data yang dibuat.

No	Data Pengujian	Gambar	Linear Square	Hasil Pengujian
1	Algoritma 1 (2)		<i>Samplesize:</i> 6 <i>Maxdistance:</i> 5000	Tidak Bagus
2	Algoritma 1 (Room 34 Opened)		<i>Samplesize:</i> 40 <i>Maxdistance:</i> 4500	Bagus
3	Algoritma 1 (Room 34)		<i>Samplesize:</i> 20 <i>Maxdistance:</i> 8000	Tidak Bagus
4	Algoritma 1		<i>Samplesize:</i> 2 <i>Maxdistance:</i> 2000	Bagus
5	Algoritma 2		<i>Samplesize:</i> 20 <i>Maxdistance:</i> 5000	Tidak Bagus
6	Algoritma 2 (1)		<i>Samplesize:</i> 60 <i>Maxdistance:</i> 6000	Tidak Bagus
7	Algoritma 2 (2)		<i>Samplesize:</i> 4 <i>Maxdistance:</i> 4000	Tidak Bagus
8	Algoritma 2 (Room 34 Opened)		<i>Samplesize:</i> 60 <i>Maxdistance:</i> 8000	Tidak Bagus
9	Algoritma 2 (Room 34)		<i>Samplesize:</i> 40 <i>Maxdistance:</i> 5000	Tidak Bagus

No	Data Pengujian	Gambar	Linear Square	Hasil Pengujian
10	Algoritma 3 (1)		<i>Sample size:</i> 4 <i>Max distance:</i> 2000	Bagus
11	Algoritma 3 (2)		<i>Sample size:</i> 4 <i>Max distance:</i> 4000	Bagus
12	Algoritma 3 (Room 34 Opened)		<i>Sample size:</i> 6 <i>Max distance:</i> 5000	Bagus
13	Algoritma 3 (Room 34)		<i>Sample size:</i> 4 <i>Max distance:</i> 3000	Bagus
14	Algoritma 3		<i>Sample size:</i> 50 <i>Max distance:</i> 5000	Bagus
15	Algoritma 4 (1)		<i>Sample size:</i> 4 <i>Max distance:</i> 2000	Bagus
16	Algoritma 4 (2)		<i>Sample size:</i> 4 <i>Max distance:</i> 4000	Bagus
17	Algoritma 4 (Room 34 Opened)		<i>Sample size:</i> 3 <i>Max distance:</i> 3000	Bagus
18	Algoritma 4 (Room 34)		<i>Sample size:</i> 2 <i>Max distance:</i> 2000	Bagus

No	Data Pengujian	Gambar	Linear Square	Hasil Pengujian
19	Algoritma 4		<i>SampleSize:</i> 4 <i>Maxdistance:</i> 5000	Bagus
20	Noise Remover Raden (1)		<i>SampleSize:</i> 10 <i>Maxdistance:</i> 4000	Tidak Bagus
21	Noise Remover Raden (2)		<i>SampleSize:</i> 20 <i>Maxdistance:</i> 2000	Tidak Bagus
22	Noise Remover Raden (Room 34 Opened)		<i>SampleSize:</i> 10 <i>Maxdistance:</i> 5000	Bagus
23	Noise Remover Raden (Room 34)		<i>SampleSize:</i> 50 <i>Maxdistance:</i> 4000	Bagus
24	Noise Remover Raden		<i>SampleSize:</i> 40 <i>Maxdistance:</i> 6000	Tidak Bagus

Pada pengujian data ke-2, 58,33% data yang telah diuji coba dinyatakan berhasil.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian tugas akhir ini, telah dilakukan penelitian Rekontruksi Objek 2 Dimensi Menggunakan Modifikasi RANSAC dengan MATLAB. Adapun hasil yang didapat bisa disimpulkan sebagai berikut.

1. Rekonstruksikan objek 2 Dimensi dari data LiDAR dapat divalidasi dengan menggunakan metode RANSAC. Metode RANSAC ini digunakan untuk membangun persamaan garis yang tepat dari sejumlah data. Sehingga garis yang dibangkitkan dapat menjadi referensi apakah sejumlah data yang akan diamati merupakan rekontruksi objek 2 dimensi yang benar. Cara memvalidasi dengan cara melihat kesesuaian data *Inlier* dan *Outlier* dari persamaan garis RANSAC. Data-data *Inlier* akan menunjukkan apakah pola data rekontruksi telah sesuai.
2. Garis *Robust Fit* dan *Least Square Fit* dari sebuah gambar dapat dirubah dengan mengatur pada program RANSAC *SampleSize* dan *MaxDistance*.
3. Pada pengujian data ke-1, 92,8% data yang telah diuji coba dinyatakan berhasil. Dan pada pengujian data ke-2, 58,33% data yang telah diuji coba dinyatakan berhasil.

4. Keberhasilan banyak dipengaruhi oleh penentuan nilai *SampleSize* dan *MaxDistance*, atau artinya banyak dipengaruhi oleh banyak jumlah data yang digunakan dan penentuan banyaknya data yang masih dianggap memiliki kedekatan dengan garis yang diperoleh dari perhitungan RANSAC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini hingga makalah ini dapat dipublikasikan pada Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia 2021, diantaranya kepada:

- a. LPDP (Lembaga Pengelola Dana Pendidikan) sebagai sponsor penelitian.
- b. BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) sebagai penyedia prasarana penelitian.
- c. Universitas Nurtanio sebagai penyedia prasarana penelitian.
- d. AAU (Akademi Angkatan Udara) sebagai konferensi dan prosiding.
- e. Serta rekan-rekan – rekan peneliti lainnya.

REFERENSI

- [1] Merlyn Inova Christie Latukolan. 2020. Penerapan LiDAR Untuk Pemetaan Ruang Berbasis Metode RANSAC. <https://repository.telkomuniversity.ac.id/pustaka/164604/penerapan-lidar-untuk-pemetaan-ruangan-berbasis-metode-ransac.html>; Dikunjungi 6 Juli 2022.
- [2] Wang, Xiangdong, Yunfei Cai, dan Tingmin Shi. 2015. “Road Edge Detection Based on Improved RANSAC and 2D LIDAR Data.” In *ICCAIS 2015 - 4th International Conference on Control, Automation and Information Sciences*, 191–96. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- [3] Gramedia Blog. 2020. Random Sampling: Pengertian, Jenis, Kelebihan dan Kekurangan. http://www.gramedia.com/literasi/random-sampling/#Pengertian_Random_Sampling; Dikunjungi 7 Juli 2022.
- [4] Berita Unik. 2011. Perkalian Matrik 2x2: cara mengerjakan dan contoh soal.
- [5] <https://kumparan.com/berita-unik/perkalian-matriks-2x2-cara-mengerjakan-dan-contoh-soal-1vpZ1ckkOpf/full>; dikunjungi 7 Juli 2022.
- [6] Advernesia. 2020. Bilangan Acak Pada MATLAB (rand, randn, dan randi). <https://www.advernesia.com/blog/matlab/pembangkitan-bilangan-acak-pada-matlab/> ; dikunjungi 8 Juli 2022.
- [7] Sophia Maulidatul Adha. 2022. Vektor Matematika – Pengertian, Rumus, dan Contoh Soal. <https://akupintar.id/info-pintar/-/blogs/vektor-matematika-pengertian-rumus-dan-contoh-soal>; Dikunjungi 9 Juli 2022.
- [8] Kholida Qothrunnada. 2021. Pengertian Mean, Median, Modus, dan Cara Menghitungnya. <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5813307/pengertian-mean-median-modus-dan-cara-menghitungnya>; Dikunjungi 9 Juli 2022.
- [9] Kucinggila. 2017. Pengertian Dan Contoh Fungsi Perulangan For Dalam Bahasa Pemrograman C++.
<http://kucing-gilak.blogspot.com/2017/02/for-berfungsi-untuk-mengulang.html>; Dikunjungi 9 Juli 2022.
- [10] Rosyid, Mas’ud Abdur, Yusuf Suhaimi Daulay, Denden Mohamad Arifin, Ardian Infantono, Arief Suryadi Satyawan, Ema Ema, dan Raden Aditya Satria Nugraha. 2021. “Pengembangan Algoritma Pereduksi Noise Pada Point Cloud Data LiDAR Dua Dimensi Untuk Aplikasi Kendaraan Listrik Otonom Sederhana.” *Prosiding Seminar Nasional Sains Teknologi Dan Inovasi Indonesia (SENASTINDO)* 3 (December). Akademi Angkatan Udara: 145–56.
- [11] Uti Solichah. 2016. Pendeteksian Gawang Menggunakan Algoritma RANSAC Pada Platform Darwin-Op Berbasis Peraturan KRSBI 2012.