



# Rekonstruksi Objek Dua Dimensi Menggunakan Modifikasi RANSAC

## *(Reconstruction of Two-Dimensional Objects Using RANSAC Modification)*

Yohanes Wahyu Christian<sup>1</sup>, Arief Suryadi Satyawan<sup>2</sup>, Ike Yuni Wulandari<sup>3</sup>,  
Denden Mohamad Ariffin<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universitas Nurtanio Bandung

Email: yohanespn@gmail.com

<sup>2</sup> Badan Riset dan Inovasi Nasional

Email: arief.suryadi@akane.waseda.jp

<sup>3</sup> Universitas Nurtanio Bandung

Email: ikeyuni@unnur.ac.id

<sup>4</sup> Prodi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara, Yogyakarta

Email: denden8552@aa.u.ac.id

*Abstract—RANSAC (Random Sample Consensus) can be used as mathematical model parameters of a set of observed data contains inlier and outlier data. In manufacture can also be used to build exact line equations from a number of data, by validating the data by looking at the inlier and outlier data of a project being worked on. To create a program in making this final project, the author uses two-dimensional data that is processed by LiDAR (Light Detection and Ranging), the author conducts data collection and research on the performance of two-dimensional object reconstruction using RANSAC modifications in Python. In the first experiment using data from LiDAR detection, the authors limit that the variable value of the residual threshold is above 3000, so it can be expressed as an imperfect image, from the first test it is produced with 92.85% perfect data, while for the second test it gets 52% data. Perfect. Reconstruction of 2D objects from LiDAR data can be validated using the RANSAC method. Ransac method is used to build the exact equation of the line from a number of data. So that the generated line can be a reference whether the amount of data to be observed is a correct 2-dimensional object reconstruction. How to validate by looking at the suitability of the inlier and outlier data from the RANSAC line equation. Inliers data will indicate whether the pattern of the reconstruction data is appropriate.*

*Keywords— LiDAR, Python, RANSAC (random sample consensus).*

Abstrak— RANSAC (*Random Sample Consensus*) dapat digunakan sebagai parameter model matematika dari satu set data yang diamati berisi data *inlier* dan *outlier*. Dalam pembuatannya dapat juga ini digunakan untuk membangun persamaan garis yang tepat dari sejumlah data, dengan memvalidasi data dengan cara melihat data *inlier* dan *outlier* dari sebuah proyek yang dikerjakan. Untuk membuat program pada pembuatan tugas akhir ini, penulis menggunakan data dua dimensi yang diolah oleh LiDAR (*Light Detection And Ranging*), penulis melakukan pengumpulan data dan penelitian kinerja rekonstruksi objek dua dimensi menggunakan modifikasi RANSAC dengan Python. Pada percobaan pertama menggunakan data hasil deteksi LiDAR, penulis membatasi bahwa nilai variabel dari residual threshold diatas 3000 maka dapat dinyatakan sebagai gambar yang belum sempurna, dari pengujian pertama dihasilkan dengan 92,85% data yang sempurna, sedangkan untuk pengujian yang kedua mendapatkan 52% data yang sempurna. Rekonstruksi 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 rekonstruksi objek 2 dimensi yang benar. Cara memvalidasi dengan cara melihat kesesuaian data inlier dan outlier dari persamaan garis RANSAC. Data-data inliers akan menunjukkan apakah pola data rekonstruksi telah sesuai.

Kata Kunci— LiDAR, Python, RANSAC (random sample consensus).

## I. PENDAHULUAN

Di era globalisasi, banyak perkembangan teknologi terjadi sangat pesat, hal ini ditandai dengan meningkatnya di berbagai bidang komputer, saat ini banyak sekali program yang semakin canggih, dalam modifikasi ini harus memiliki metode yang memungkinkan objek dua dimensi tersebut dapat berkonstruksi secara aman dan benar. Salah satu metode yang penulis gunakan untuk membuat konstruksi ini adalah RANSAC, RANSAC (Random Sample Consensus) dapat digunakan sebagai parameter model matematika dari satu set data yang diamati berisi data *inlier* dan *outlier*, RANSAC juga salah satu program yang digunakan dalam pembuatan RANSAC untuk mengkonstruksi objek dua dimensi dengan sedikit campur tangan manusia dalam pembuatannya dapat juga ini digunakan untuk membangun persamaan garis yang tepat dari sejumlah data, dengan memvalidasi data dengan cara melihat data *inlier* dan *outlier* dari sebuah proyek yang dikerjakan. Untuk membuat program pada pembuatan tugas akhir ini, penulis menggunakan data dua dimensi yang diolah oleh LiDAR (Light Detection And Ranging). LiDAR dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengetahui jarak objek terhadap lingkungan sekitar saat beroperasi dengan akurat, pada penerapan teknologi LiDAR dengan metode RANSAC terjadi kendala pada pendeteksian noise sehingga mempengaruhi bentuk gambar dalam mendeteksi objek yang sesungguhnya, ini dikarenakan adanya noise atau gangguan lain yang membuat kesalahan dalam validasi terhadap objek yang sebenarnya.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Raspberry Pi 4[6]

Raspberry Pi merupakan sebuah *Single Board Computer* (SBC) atau komputer papan tunggal yang merupakan salah satu perangkat jenis komputer yang biasa disebut Raspi, Raspberry Pi memiliki ukuran seperti kartu kredit dengan *operating* sistem seperti pada komputer umumnya yang dapat melakukan pengolahan data, pengoperasian *game* komputer, program *computing* dan juga digunakan untuk memutar video dari resolusi rendah harga tinggi. Raspberry Pi memiliki beberapa piranti diantaranya *USB port*, *Ethernet port*, *micro USB port*, *Processor*, *GPIO*, dan *HDMI*.

Raspberry Pi memiliki dua model: model A dan model B, raspberry Pi tidak memiliki layar monitor seperti komputer pada umumnya sehingga sebagai gantinya Raspberry Pi menggunakan *port* HDMI untuk menghubungkan ke Monitor digital dan Linux yang dilengkapi dengan prosesor dan *SD Card* sebagai ruang penyimpanan. Raspberry Pi memiliki kelebihan yang menyerupai komputer pada umumnya, yang dapat melakukan segala hal yang dapat dilakukan oleh komputer atau laptop dengan sistem operasi Linux. Seperti membuat program hingga membangun server.

### B. Thonny Python IDE

*Thonny python* merupakan IDE yang dikembangkan oleh *University of Tartu* di Estonia, aplikasi ini digunakan untuk memulai bahasa pemrograman dan pengembangan dengan *python*, juga bisa digunakan untuk menuliskan kode program bahasa *python*. Keunggulan *thonny python* adalah dapat diadatkan untuk pembelajaran *python* dan tidak membutuhkan memori yang besar untuk menjalankannya.

### C. PIP

PIP atau biasa disebut *Python Installer Package* merupakan sebuah cara untuk mengolah, memasang, menghapus, dan memperbaharui modul-modul *python* dalam bentuk direktori, memungkinkan sebuah modul untuk diakses pada proyek yang kita gunakan.

Secara sederhana, paket (atau *packages*) pada *python* adalah direktori biasa, yang di dalamnya terdapat modul-modul *python*.

### D. Inlier and Outlier

*Inlier* merupakan observasi data yang tidak biasa atau dibandingkan dengan dataset lainnya. Karena merupakan bagian dari dataset, biasanya sulit diperoleh daripada *outlier*, oleh karena itu memerlukan penggunaan data eksternal untuk melakukannya, *Outlier* merupakan titik data yang

sangat berbeda dari pengamatan sebelumnya. *Outlier* dapat berbahaya bagi pembelajaran karena dapat mengurasi model dari akurasi. Untuk menghilangkan *outlier* dari dataset dapat terjadi jika kesalahan dalam pengukuran.

#### E. *Residual Threshold* [11]

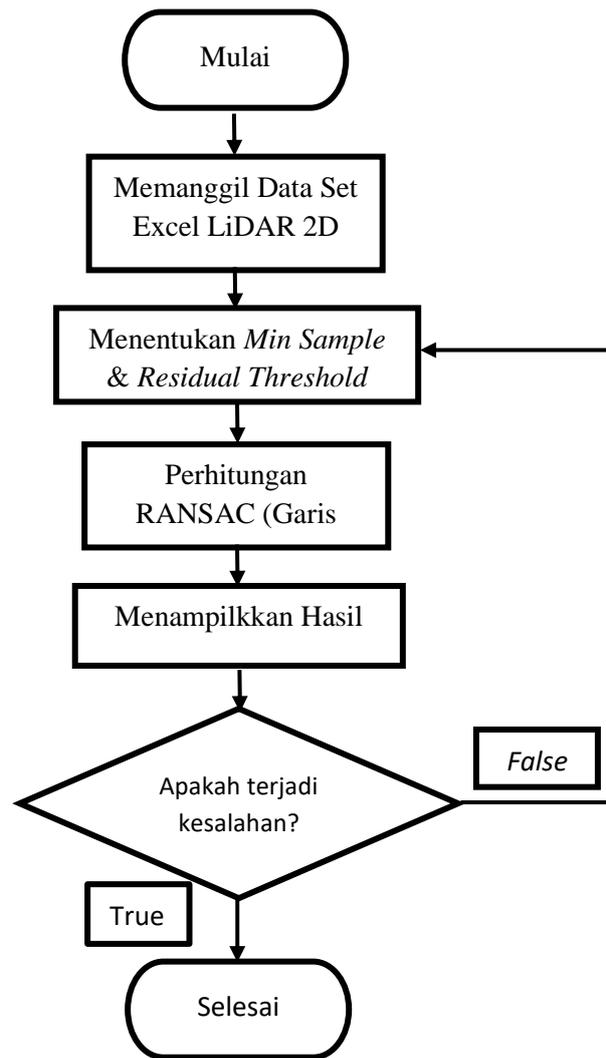
*Residual* adalah selisih antara nilai sesungguhnya dengan nilai prediksi pada analisis regresi linear, baik berganda maupun sederhana. Analisis regresi linear bisa dipergunakan untuk memprediksi suatu nilai, yaitu nilai Y dan akan mempunyai selisih atau residual dengan nilai yang sesungguhnya. *Residual Threshold* juga merupakan salah satu program yang terdapat pada RANSAC berfungsi untuk mengatur data *inlier*.

### III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

Metodologi penelitian ini dilakukan secara sistematis mulai dari studi literatur hingga pembuatan laporan tugas akhir. Secara lebih detail tahapan metoda dan hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Tahapan Penelitian

No	Tahapan	Metoda	Hasil
1.	Studi literatur	1. Survei internet 2. Studi buku dan jurnal terkait	Pemahaman: 1. Mengenai teknologi pemetaan menggunakan RANSAC dua dimensi dan pemrosesannya. 2. Pemrograman dengan bahasa python
2.	Desain Software	Menggunakan <i>software</i> pemrograman Python	Desain <i>software</i> aplikasi pendeteksian objek berbasis LiDAR ( <i>Light Detection and Ranging</i> ).
3.	Realisasi perangkat lunak pada laptop	Menggunakan <i>software</i> pemrograman Python	Mengkonversi data dari sebuah objek yang dihasilkan LiDAR menjadi grafis gambar 2D
4.	Pengukuran kinerja software teknologi deteksi objek berbasis RANSAC dua dimensi	Pengukuran skala laboratorium dan lapangan	1. Kinerja <i>software</i> bahasa Pemrograman Python 2. Kinerja <i>Software</i> Rekonstruksi objek 2D menggunakan Modifikasi RANSAC dengan Python
5.	Melakukan analisis	Analisis kualitatif dan analisis kuantitatif	Pengumpulan data dan penelitian kinerja Rekonstruksi Objek 2D Menggunakan Modifikasi RANSAC dengan Python
6.	Pembuatan laporan tugas akhir	Penyusunan tugas akhir	Laporan tugas akhir



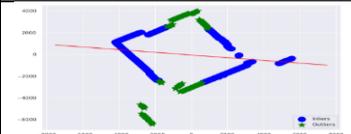
Gambar 1. Flowchart

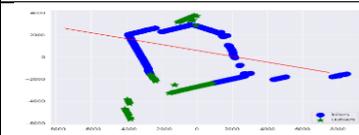
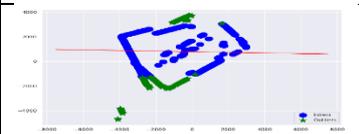
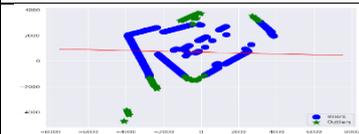
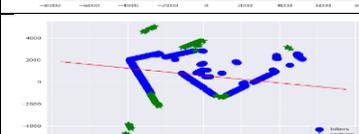
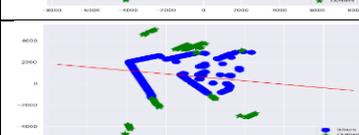
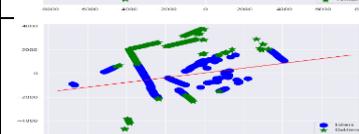
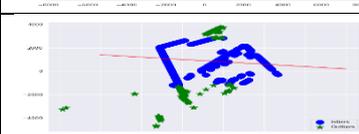
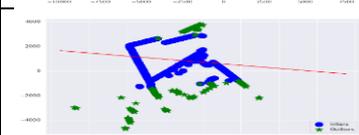
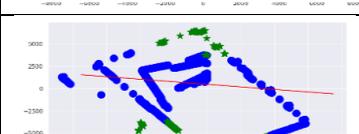
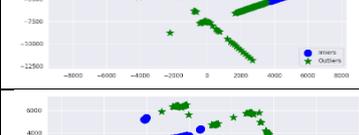
#### IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

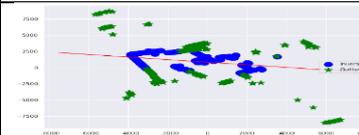
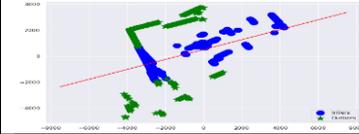
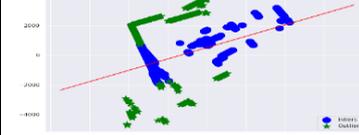
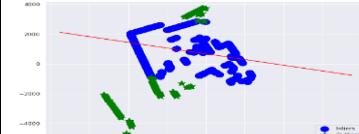
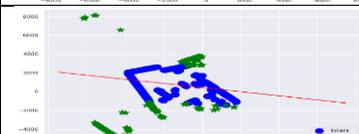
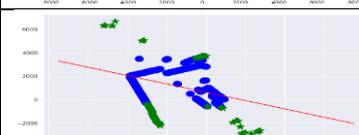
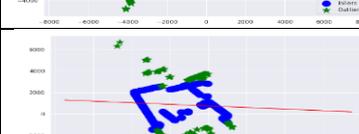
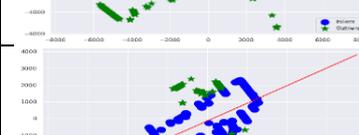
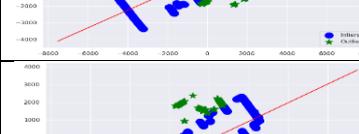
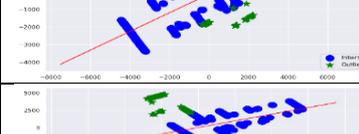
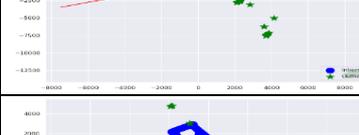
##### A. Pengujian Pertama

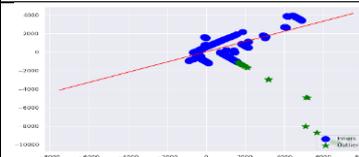
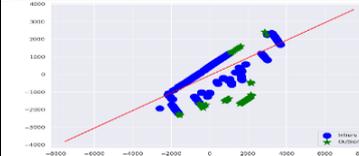
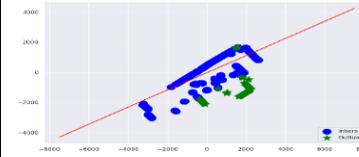
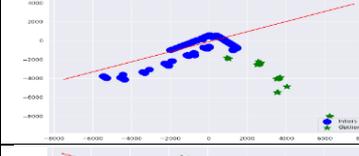
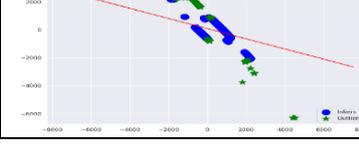
Pengujian ini dilakukan dengan merubah *residual threshold* dari 100 sampai 5000. Program ini dengan menambahkan *library numpy, pandas, matplotlib, openpyxl, library linier regresion* dan *ransac regressor*, juga menambahkan data excel yang di panggil pada *software Thonny Python IDE*. Data yang dihasilkan LiDAR disimpan kemudian dimasukan kedalam file sehingga pada setiap percobaan memiliki data yang berbeda, pada pengujian pertama menggunakan 28 data mulai dari data 1 hingga data 28.

Tabel 2. Pengujian Pertama

Pengujian 1	Res	Min Sample	Hasil	Ket
Data 1	2500	10		Sempurna

Pengujian 1	Res	Min Sample	Hasil	Ket
Data 2	2500	40		Sempurna
Data 3	2000	10		Sempurna
Data 4	2000	10		Sempurna
Data 5	2000	10		Sempurna
Data 6	2000	10		Sempurna
Data 7	2000	10		Sempurna
Data 8	1500	10		Sempurna
Data 9	2000	10		Sempurna
Data 10	2000	10		Sempurna
Data 11	4000	50		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya.
Data 12	5000	50		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya.

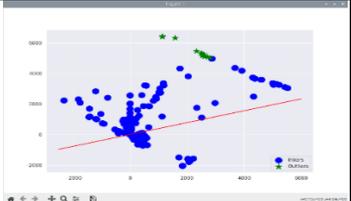
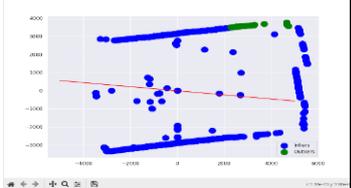
Pengujian 1	Res	Min Sample	Hasil	Ket
Data 13	1500	10		Sempurna
Data 14	1500	10		Sempurna
Data 15	2000	10		Sempurna
Data 16	2000	10		Sempurna
Data 17	2000	10		Sempurna
Data 18	2000	10		Sempurna
Data 19	2000	10		Sempurna
Data 20	1500	10		Sempurna
Data 21	1500	10		Sempurna
Data 22	2000	10		Sempurna
Data 23	2500	50		Sempurna

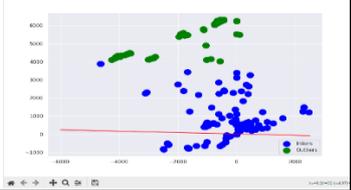
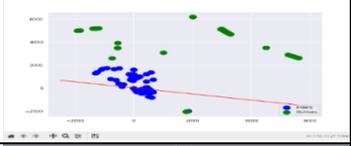
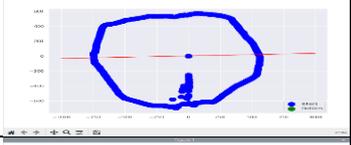
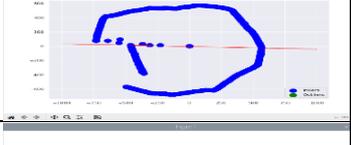
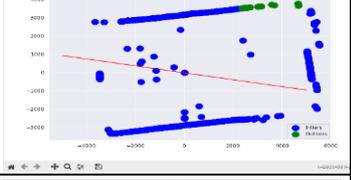
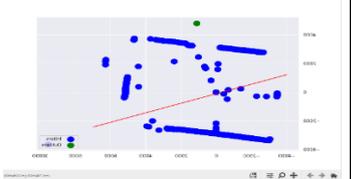
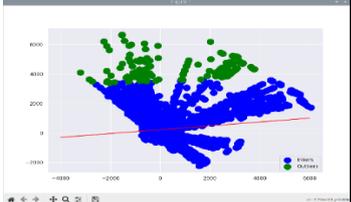
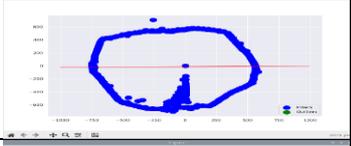
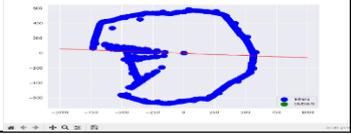
Pengujian 1	Res	Min Sample	Hasil	Ket
Data 24	2000	10		Sempurna
Data 25	1000	10		Sempurna
Data 26	1000	10		Sempurna
Data 27	1500	10		Sempurna
Data 28	800	10		Sempurna

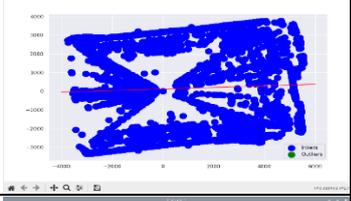
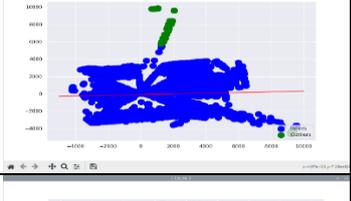
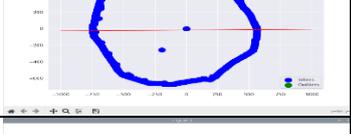
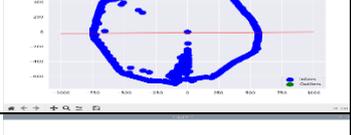
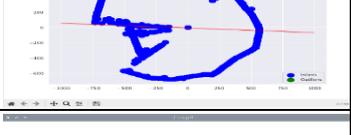
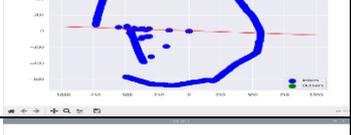
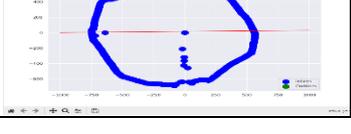
**B. Pengujian Kedua**

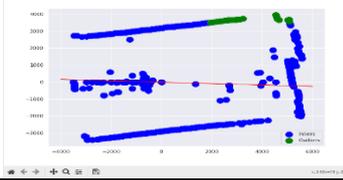
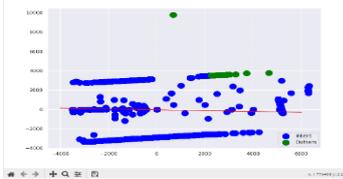
Pengujian ini dilakukan dengan merubah residual threshold dari 100 sampai 5000. Program ini dengan menambahkan library numpy, pandas, matplotlib, openpyxl, library linier regression dan ransac regressor, juga menambahkan data excel yang di panggil pada software Thonny Python IDE. Data yang dihasilkan LiDAR disimpan kemudian dimasukan kedalam file sehingga pada setiap percobaan memiliki data yang berbeda, pada pengujian pertama menggunakan 25 data mulai dari data A hingga data Y.

**Tabel 3 Pengujian Kedua**

Pengujian 2	Res	Min Sample	Hasil	Ket
Data A	5000	10		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya.
Data B	800	10		Sempurna
Data C	3500	10		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya.

Pengujian 2	Res	Min Sample	Hasil	Ket
Data D	4000	10		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya.
Data E	2000	10		Sempurna
Data F	800	50		Sempurna
Data G	800	50		Sempurna
Data H	800	50		Sempurna
Data I	3500	10		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya.
Data J	4000	10		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya.
Data K	3000	10		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya.
Data L	800	10		Sempurna
Data M	800	10		Sempurna

Pengujian 2	Res	Min Sample	Hasil	Ket
Data N	3500	50		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya.
Data O	5000	10		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya.
Data P	800	10		Sempurna
Data Q	800	10		Sempurna
Data R	800	10		Sempurna
Data S	3500	10		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya.
Data T	6000	10		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya.
Data U	800	10		Sempurna
Data V	800	10		Sempurna

Pengujian 2	Res	Min Sample	Hasil	Ket
Data W	800	10		Sempurna
Data X	3500	10		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya.
Data Y	3500	10		Belum Sempurna, karena pengujian dilakukan pada siang hari maka adanya pengaruh intensitas cahaya

Tabel 4. Hasil Pengujian Pertama

Pengujian 1	Residual awal	Residual Akhir	Min Sample
Data 1	100	2500	10
Data 2	100	2500	40
Data 3	100	2000	10
Data 4	100	2000	10
Data 5	100	2000	10
Data 6	100	2000	10
Data 7	100	2000	10
Data 8	100	1500	10
Data 9	100	2000	10
Data 10	100	2000	10
Data 11	100	4000	50
Data 12	100	5000	50
Data 13	100	1500	10
Data 14	100	1500	10
Data 15	100	2000	10
Data 16	100	2000	10
Data 17	100	2000	10
Data 18	100	2000	10
Data 19	100	2000	10
Data 20	100	1500	10
Data 21	100	1500	10
Data 22	100	2000	10
Data 23	100	2500	50
Data 24	100	2000	10
Data 25	100	1000	10
Data 26	100	1000	10
Data 27	100	1500	10
Data 28	100	800	10

Residual digunakan untuk mencari data inlier pada sebuah gambar, semakin besar nilai variable dari sebuah residual maka akan memperbanyak data inlier pada sebuah gambar, dari

Tabel 5.3 terdapat ada dua data yang sangat besar atau terdapat dua data yang mengatur data inlier dengan susah, dapat dihitung bahwa data yang menggunakan residual besar akan dinyatakan belum sempurna maka dapat dirumuskan seperti:

$$\frac{\text{Data Sempurna}}{\text{Total Data}} \times 100\%$$

Maka akan menghasilkan :  $\frac{26}{28} \times 100\% = 92,85\%$

**Tabel 5. Hasil Pengujian Kedua**

Pengujian 2	Res Awal	Min Sample	Res Akhir
Algoritma 1 (1)	100	10	5000
Algoritma 1 (2)	100	10	800
Algoritma 1 (room 34)	100	10	3500
Algoritma 1 (room 34 opened)	100	10	4000
Algoritma 2 (1)	100	10	2000
Algoritma 2 (2)	100	50	800
Algoritma 2 (3)	100	50	800
Algoritma 2 (4)	100	50	800
Algoritma 2 (room 34)	100	10	3500
Algoritma 2 (room 34 opened)	100	10	4000
Algoritma 3 (1)	100	10	3000
Algoritma 3 (2)	100	10	800
Algoritma 3 (3)	100	10	800
Algoritma 3 (room 34)	100	50	3500
Algoritma 3 (room 34 opened)	100	10	5000
Algoritma 4 (1)	100	10	800
Algoritma 4 (2)	100	10	800
Algoritma 4 (3)	100	10	800
Algoritma 4 (room 34)	100	10	3500
Algoritma 4 (room 34 opened)	100	10	6000
Algoritma 5 (1)	100	10	800
Algoritma 5 (2)	100	10	800
Algoritma 5 (3)	100	10	800
Algoritma 5 (room 34)	100	10	3500
Algoritma 5 (room 34 opened)	100	10	3500

Tabel 5 terdapat beberapa data yang sudah diwarnai merah karena pada pembuatan ransac susah untuk mengatur nilai variable pada residual threshold nya, dapat dihitung bahwa data yang menggunakan residual besar akan dinyatakan belum sempurna maka dapat dirumuskan seperti:

$$\frac{\text{Data Sempurna}}{\text{Total Data}} \times 100\%$$

Maka akan menghasilkan  $\frac{13}{25} \times 100\% = 52\%$

## V. KESIMPULAN

Pada penelitian tugas akhir ini, telah dilakukan penelitian objek dua Dimensi dengan metode RANSAC. Adapun hasil yang didapat dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rekonstruksi objek dua 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 rekonstruksi objek dua dimensi yang benar. Cara memvalidasi dengan cara melihat kesesuaian data *inlier* dan *outlier* dari persamaan

garis RANSAC. Data-data *inliers* akan menunjukkan apakah pola data rekonstruksi telah sesuai.

2. Data benar banyak dipengaruhi oleh penentuan nilai *residual threshold*-nya, yang berarti jika penentuan *residual threshold* sesuai maka seluruh data *inlier* merupakan data rekonstruksi yang benar.
3. Pada percobaan pertama menggunakan data hasil deteksi LiDAR, penulis membatasi bahwa nilai *variable* dari *residual threshold* diatas 3000 maka dapat dinyatakan sebagai gambar yang belum sempurna, dari pengujian pertama dihasilkan dengan 92,85% data yang sempurna, sedangkan untuk pengujian yang kedua mendapatkan 52% data yang sempurna.

### UCAPAN TERIMA KASIH

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

1. LPDP (Lembaga Pengelola Dana Pendidikan) sebagai sponsor penelitian.
2. BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) sebagai penyedia prasarana penelitian.
3. Universitas Nurtanio sebagai penyedia prasarana penelitian.
4. AAU (Akademi Angkatan Udara) sebagai penyelenggarakonferensi dan prosiding.
5. Serta rekan-rekan –rekan peneliti.

### Referensi

- [1] K.G Derpanis. 2020. Overview of the RANSAC Algorithm. Diakses pada 30 Juni 2022.
- [2] S.F. Pane, R.M. Awangga, and M. Az. 2018. Klasifikasi Data Lokasi Barang Menggunakan Region Of Interest (ROI) Dan Algoritma Ransac. Diakses pada 30 Juni 2022.
- [3] O. Kaspi, A. Yosipof, and H. Senderowitz. 2017. Algoritma RANdom SAmple Consensus (RANSAC) untuk material-informatika: aplikasi untuk sel surya fotovoltaik. Diakses pada 30 Juni 2022.
- [4] D.A Jatmiko and S.U Prini. 2020. Study and Performance Evaluation Binary Robust Invariant Scalable Keypoints (BRISK) for Underwater Image Stitching. Diakses pada 30 Juni 2022.
- [5] D. Barath and J Matas. 2018. Graph-Cut RANSAC. Diakses pada 30 Juni 2022
- [6] Edi. 2020. Mengenal Raspberry Pi Komputer Papan Tunggal Seukuran Credit Card. Diakses pada 30 Juni 2022.
- [7] Hosting, Jagoan. 2021. Bahasa Pemrograman Python: Pengertian, Contoh, dan Kegunaan. Diakses pada 30 Juni 2022.
- [8] Diagram kartesius. <https://lovelyristin.com/apa-yang-dimaksud-diagram-kartesius>. Diakses pada 13 juli 2022.
- [9] Inlier dan Outlier. [https://www.researchgate.net/figure/The-performance-of-RANSAC-for-line-fitting-82\\_fig18\\_323863727](https://www.researchgate.net/figure/The-performance-of-RANSAC-for-line-fitting-82_fig18_323863727). Diakses 14 September 2022.
- [10] Residual Threshold. <https://www.konsultanstatistik.com/2021/04/apa-itu-residual-pada-regresi-linear.html>. Diakses pada 14 September 2022.
- [11] Memory SD Card. <https://www.ukmagicstore.com/product/sandisk-a1-flash-cards-class-10-memory-card-128gb-micro-sd-card-32gb-tf-card-64gb-tarjeta-micro-sd-16gb-microsd-carte-sd/>. Diakses pada 25 juli 2022.
- [12] Power supply. <https://www.amazon.ca/Official-Raspberry-Pi-Supply-Output/dp/B07W8XHMJZ>. Diakses pada 25 Juli 2022.
- [13] Adaptor converter HDMI female to micro hdmi male type D <https://images.app.goo.gl/4MW1kk3mHTV9uV2X7>. Diakses pada 25 juli 2022.
- [14] Adaptor Converter VGA female to HDMI male. <https://images.app.goo.gl/EoFxtkn65nAcAavD6>. Diakses pada 25 Juli 2022.
- [15] Insert SD Card. <https://images.app.goo.gl/DfDuBm1Ji1AsLD3i6>. Diakses pada 25 juli 2022.

- [16] Merakit peralatan pendukung pada raspberry. <https://images.app.goo.gl/53oFWFzB7x92kzLj9>. Diakses pada 25 juli 2022.
- [17] Raden Aditya Satria Nugraha, Pengembangan Software Aplikasi Pendeteksian Objek Berbasis Lidar (*Light Detection and Ranging*), 2020.
- [18] Mas'ud Abdur Rosyid, Pengembangan Software Teknik Noise Removal Point Cloud Data Lidar Dua Dimensi Untuk Aplikasi Kendaraan Listrik Otonom, 2021.