

**DESAIN SISTEM KONTROL *LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN*  
UNTUK KESTABILAN *UNMANDED AERIAL VEHICLE* TIPE  
*OCTOCOPTER***

**SKRIPSI**



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh  
**ADITYA ANDREANS**  
**09020222021**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA**

**2026**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : ADITYA ANDREANS  
NIM : 09020222021  
Program Studi : Matematika  
Angkatan : 2022

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "DESAIN SISTEM KONTROL *LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN* UNTUK KESTABILAN *UNMANNDED AERIAL VEHICLE* TIPE *OCTOCOPTER*". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 28 Desember 2025

Yang menyatakan,  
  
ADITYA ANDREANS  
NIM. 09020222021




## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Proposal skripsi oleh

Nama : Aditya Andreans  
NIM : 09020222021  
Judul proposal skripsi : DESAIN SISTEM KONTROL *LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN* UNTUK KESTABILAN *UNMANNDED AERIAL VEHICLE* TIPE *OCTOCOPTER*

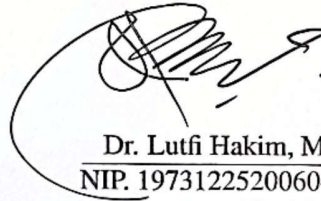
telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I



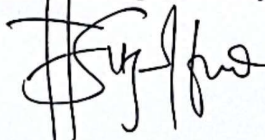
Dr. Ahmad Hanif Asyhar, M. Si  
NIP. 198601232014031001

Pembimbing II



Dr. Lutfi Hakim, M.Ag  
NIP. 197312252006041001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Matematika  
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Yuniar Farida, M.T  
NIP. 197905272014032002

## PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh

Nama : Aditya Andreans  
NIM : 09020222021  
Judul Skripsi : DESAIN SISTEM KONTROL *LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN* UNTUK KESTABILAN *UNMANNED AERIAL VEHICLE* TIPE *OCTOCOPTER*

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
pada tanggal 5 Januari 2026

Mengesahkan,  
Tim Penguji

Penguji I

Dr. Yuniar Farida, M.T  
NIP. 197905272014032002

Penguji II

Wika Dianita Utami, M.Sc  
NIP. 199206102018012003

Penguji III

Dr. Ahmad Hanif Asyhar, M. Si  
NIP. 198601232014031001

Penguji IV

Dr. Lutfi Hakim, M.Ag  
NIP. 197312252006041001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. A. Saepul Hamdani, M.Pd  
NIP. 196507312000031002



UIN SUNAN AMPEL  
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300  
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Aditya Andreans  
NIM : 09020222021  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika  
E-mail address : aditya.andreans04@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi     Tesis     Desertasi     Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Desain Sistem Kontrol Linier Quadratic Gaussian untuk Kestabilan  
Unmanned Aerial Vehicle tipe Octocopter

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 13 Januari 2026

Penulis

( Aditya Andreans )  
nama terang dan tanda tangan

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN</b>	<b>iv</b>
<b>MOTTO</b>	<b>v</b>
<b>PERSEMBAHAN</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xv</b>
<b>I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah . . . . .	1
1.2. Rumusan Masalah . . . . .	4
1.3. Tujuan Penelitian . . . . .	5
1.4. Manfaat Penelitian . . . . .	5
1.5. Batasan Masalah . . . . .	5

<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>7</b>
2.1. Unmanned Aerial Vehicle . . . . .	7
2.2. Desain <i>Octocopter</i> . . . . .	7
2.2.1. Gerak <i>Thrust</i> . . . . .	8
2.2.2. Gerak <i>Roll</i> . . . . .	9
2.2.3. Gerak <i>Pitch</i> . . . . .	11
2.2.4. Gerak <i>Yaw</i> . . . . .	11
2.3. Model <i>Octocopter</i> . . . . .	13
2.3.1. Sistem Koordinat <i>Octocopter</i> . . . . .	13
2.3.2. Gaya Gravitasi pada <i>Octocopter</i> . . . . .	15
2.3.3. Sistem Kinematik <i>Octocopter</i> . . . . .	16
2.3.4. Sistem Dinamik <i>Octocopter</i> . . . . .	17
2.3.5. Momen Torsi <i>Octocopter</i> . . . . .	20
2.3.6. Model Matematika . . . . .	22
2.4. Linearisasi . . . . .	25
2.5. Analisis Sistem . . . . .	25
2.5.1. Kestabilan . . . . .	25
2.5.2. Keterkontrolan dan Keteramatan . . . . .	27
2.6. <i>Kalman Filter</i> . . . . .	28
2.6.1. Definisi . . . . .	28
2.6.2. Algoritma <i>Kalman Filter</i> . . . . .	29
2.7. Metode <i>Linear Quadratic Gaussian</i> (LQG) . . . . .	32
2.8. Integrasi Keilmuan . . . . .	33
<b>III METODE PENELITIAN</b>	<b>36</b>
3.1. Jenis Penelitian . . . . .	36
3.2. Sumber Data . . . . .	36
3.3. Tahapan Penelitian . . . . .	37

<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>40</b>
4.1. Titik Keseimbangan Model <i>Octocopter</i> . . . . .	40
4.2. Pelinieran Model <i>Octocopter</i> . . . . .	43
4.3. Analisis Sistem . . . . .	46
4.3.1. Uji Kestabilan . . . . .	46
4.3.2. Uji keteramatan . . . . .	47
4.3.3. Uji Keterkontrolan . . . . .	48
4.4. Perancangan Kontrol LQG . . . . .	49
4.5. Simulasi LQG . . . . .	52
4.5.1. Simulasi pada Ketinggian 2 Meter . . . . .	53
4.5.2. Simulasi pada Ketinggian 3 Meter . . . . .	55
4.5.3. Simulasi pada Ketinggian 4 Meter . . . . .	57
4.6. Analisis Hasil Simulasi . . . . .	59
4.7. Integrasi Keilmuan . . . . .	61
4.8. Diskusi . . . . .	62
<b>V PENUTUP</b>	<b>64</b>
5.1. Kesimpulan . . . . .	64
5.2. Saran . . . . .	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>65</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>69</b>

## DAFTAR TABEL

2.1	Nilai parameter <i>octocopter</i> . . . . .	8
4.1	Nilai Uji Coba Matriks $Q_{12 \times 12}$ . . . . .	51
4.2	Karakteristik Respon Sistem dengan Ketinggian 2 Meter. . .	53
4.3	Karakteristik Respon Sistem dengan Disturbance pada Ketinggian 2 Meter. . . . .	54
4.4	Karakteristik Respon Sistem dengan Ketinggian 3 Meter. . .	56
4.5	Karakteristik Respon Sistem dengan Disturbance pada Ketinggian 3 Meter. . . . .	57
4.6	Karakteristik Respon Sistem dengan Ketinggian 4 Meter. . .	58
4.7	Karakteristik Respon Sistem dengan Disturbance pada Ketinggian 4 Meter . . . . .	59
4.8	Perbandingan Waktu Stabil untuk Setiap Ketinggian Awal . .	60
4.9	Perbandingan <i>Settling Time</i> untuk Setiap Ketinggian Awal .	60
4.10	Perbandingan Maximum <i>Overshoot</i> untuk Setiap Ketinggian Awal . . . . .	60

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Desain <i>octocopter</i> . . . . .	8
2.2	Gerak <i>Thrust</i> . . . . .	9
2.3	Gerak <i>Roll</i> . . . . .	10
2.4	Sistem Koordinat <i>Roll</i> . . . . .	10
2.5	Gerak <i>Pitch</i> . . . . .	11
2.6	Sistem Koordinat <i>Pitch</i> . . . . .	12
2.7	Gerak <i>Yaw</i> . . . . .	12
2.8	Sistem Koordinat <i>Yaw</i> . . . . .	13
2.9	Sistem koordinat <i>octocopter</i> . . . . .	14
3.1	<i>Flowchart</i> Alur Pengolahan Data . . . . .	39
4.1	Simulasi LQG dengan Ketinggian 2 Meter. . . . .	54
4.2	Simulasi LQG dengan Disturbance pada Ketinggian 2 Meter. . . . .	55
4.3	Simulasi LQG dengan Ketinggian 3 Meter. . . . .	56
4.4	Simulasi LQG dengan Disturbance pada Ketinggian 3 Meter. . . . .	57
4.5	Simulasi LQG dengan Ketinggian 4 Meter. . . . .	58
4.6	Simulasi LQG dengan Disturbance pada Ketinggian 4 Meter. . . . .	59

## ABSTRAK

### DESAIN SISTEM KONTROL *LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN* UNTUK KESTABILAN *UNMANNED AERIAL VEHICLE* TIPE *OCTOCOPTER*

Perkembangan teknologi saat ini mendorong kemajuan dengan pesat pada bidang *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau juga dikenal dengan nama *drone*. Salah satu jenis UAV adalah *octocopter* yang memiliki sistem dinamik nonlinear dan tidak stabil, sehingga diperlukan perancangan sistem kontrol yang baik untuk menghasilkan *octocopter* yang stabil. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem dari *octocopter* dan juga menerapkan rancangan sistem kontrol *Linear Quadratic Gaussian* (LQG) guna menghasilkan *octocopter* yang stabil saat terbang di udara. Metode LQG sendiri merupakan kombinasi dari metode *Kalman Filter* sebagai peng-estimasi variabel *state* yang tidak terukur dan *Linear Quadratic Regulator* (LQR) sebagai pengontrol proses menggunakan *state* yang telah diestimasi. Perancangan LQG dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB *simulink*, dengan melihat respon sistem dari kestabilan *roll*, *pitch*, dan *yaw*. Hal ini dikarenakan ketiga parameter tersebut merepresentasikan kestabilan orientasi yang menjadi dasar kestabilan sistem. Hasil analisis sistem menunjukkan *octocopter* yang digunakan memiliki titik stabil melalui metode nilai eigen. Selain itu terpenuhi juga untuk uji keteramatan dan keterkontrolan dikarenakan nilai *rank* sama dengan besar vektor *state* yaitu sebesar 12 yang didapatkan dari analisis bebas linear pada baris dan kolomnya. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa LQG mampu menstabilkan *octocopter* dengan baik, dengan catatan waktu kurang dari 0,3 detik pada semua gerak rotasi *octocopter*.

**Kata kunci:** Gerak Rotasi, LQG, *Octocopter*, Sistem Kontrol, UAV

## ABSTRACT

### DESIGN OF A LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN CONTROL SYSTEM FOR THE STABILITY OF AN OCTOCOPTER-TYPE UNMANNED AERIAL VEHICLE

Current technological developments are driving rapid progress in the field of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), also known as drones. One type of UAV is the octocopter, which has a nonlinear and unstable dynamic system, requiring the design of a good control system to produce a stable octocopter. This study aims to analyze the octocopter system and also apply the Linear Quadratic Gaussian (LQG) control system design to produce a stable octocopter when flying in the air. The LQG method itself is a combination of the Kalman Filter method as an estimator of unmeasured state variables and the Linear Quadratic Regulator (LQR) method as a process controller using the estimated state. The LQG design in this study was carried out using MATLAB Simulink software, by observing the system response in terms of roll, pitch, and yaw stability. This is because these three parameters represent orientation stability, which is the basis of system stability. The system analysis results show that the octocopter used has a stable point through the eigenvalue method. In addition, the controllability and stability tests are also satisfied with a rank of 12 obtained from the linear freedom analysis on the rows and columns. The simulation results show that LQG is able to stabilize the octocopter well, with a time of less than 0,3 seconds for all octocopter rotational movements.

**Keywords:** Rotational Motion, LQG, Octocopter, Control System, UAV

## DAFTAR PUSTAKA

- Alifah, Z. N. (2022). Desain Kontrol pada Quadcopter Menggunakan Linear Quadratic Gaussian (LQG). Program Studi S1 Matematika Terapan.
- Cholik, C. A. (2021). Perkembangan Teknologi Informasi Komunikasi / ICT dalam Berbagai Bidang. *Jurnal Fakultas Teknik UNISA Kuningan*, 2(2):39–46.
- Elhesasy, M., Khader, R., Dief, T. N., Kamra, M. M., Okasha, M., and Alnuaimi, S. K. (2024). Experimental Identification of the Translational Dynamics of a Novel Two-Layer Octocopter. *Drones*, 8(7):286.
- Fabil, I. (2021). Pemanfaatan Teknologi Uav Dalam Pengambilan Keputusan Pengelolaan Sumber Daya Air (Studi Kasus: Pu-Pengairan Provinsi Lampung). *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 9(3):90–95.
- Farida, Y. and Wulandari, L. (2018). Forecasting Rainfall at Surabaya using Vector Autoregressive (VAR) Kalman Filter Method. In *Proceedings of the International Conference on Mathematics and Islam (ICMIs 2018)*, pages 342–349, Surabaya, Indonesia. SCITEPRESS – Science and Technology Publications.
- Fricitarani, A., Hayati, A., Ramdani, Hoirunisa, I., and Rosdalina, G. M. (2023). Strategi Pendidikan untuk Sukses di Era Teknologi 5.0. *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Teknologi Informasi (JIPTI)*, 4(1):56–68.
- Haddadi, S. J. and Zarafshan, P. (2016). Experimental Stability Study of an Octorotor Using an Intelligent Controller. In *2016 Artificial Intelligence and Robotics (IRANOPEN)*, pages 42–47, Qazvin, Iran. IEEE.
- Hafeez, A., Husain, M. A., Singh, S., Chauhan, A., Khan, M. T., Kumar, N., Chauhan, A., and Soni, S. (2023). Implementation of Drone Technology for Farm Monitoring & Pesticide Spraying: A Review. *Information Processing in Agriculture*, 10(2):192–203.

- Hidayat, R. and Mardiyanto, R. (2016). Pengembangan Sistem Navigasi Otomatis pada UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dengan GPS (Global Positioning System) Waypoint. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2):A898–A903.
- Huang, R., Sheng, H., Chen, Q., Ran, Z., Xue, Z., Li, J., and Liu, T. (2024). Adaptive Configuration Control of Combined UAVs Based on Leader-Wingman Mode. *Chinese Journal of Aeronautics*, 37(12):416–433.
- Hur, S. and Leithead, W. E. (2017). Model Predictive and Linear Quadratic Gaussian Control of a Wind Turbine. *Optimal Control Applications and Methods*, 38(1):88–111.
- Khan, A., Gupta, S., and Gupta, S. K. (2022). Emerging UAV Technology for Disaster Detection, Mitigation, Response, and Preparedness. *Journal of Field Robotics*, 39(6):905–955.
- Kim, Y. and Bang, H. (2019). Introduction to Kalman Filter and Its Applications. In Govaers, F., editor, *Introduction and Implementations of the Kalman Filter*, chapter 2. IntechOpen, London.
- Laghari, A. A., Jumani, A. K., Laghari, R. A., and Nawaz, H. (2023). Unmanned Aerial Vehicles: A Review. *Cognitive Robotics*, 3:8–22.
- Lei, Y., Wang, J., and Li, Y. (2023). The Aerodynamic Performance of a Novel Overlapping Octocopter Considering Horizontal Wind. *Aerospace*, 10(10):902.
- Makarov, M., Maniu, C. S., Tebbani, S., Hinojosa, I., Beltrami, M. M., Kienitz, J. R., Menegazzi, R., Moreno, C. S., Rocheron, T., and Lombarte, J. R. (2015). Octorotor UAVs for Radar Applications: Modeling and Analysis for Control Design. In *2015 Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems (RED-UAS)*, pages 288–297, Cancun, Mexico. IEEE.
- Maulina, D. A. (2024). *Desain Kendali Fuzzy Optimal Control Untuk Trajectory Tracking Pada 8-Copter*. Phd thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mikkelsen, M. (2015). Development, Modelling and Control of a Multirotor Vehicle.

- Minh, T. B., Vo, H., and Thah, L. H. (2023). Development of a Novel V-frame Octocopter: Design, Kinematic Analysis and Simulation Using PID Controllers with Ziegler Nichols Tuning Method. *International Journal of Intelligent Unmanned Systems*, 11(3):320–340.
- Noor, F. (2020). Historiografi Drone: Dari Militer Hingga Sinema. *ProTVF*, 4(2):185.
- NU Online (2015). Anjuran Islam tentang Etos Kerja dan Profesionalisme. Diakses pada 27 Desember 2025.
- Oscarson, O. (2015). Design, Modeling and Control of an octocopter.
- Osmic, N., Tahirovic, A., and Lacevic, B. (2022). Octocopter Design: Modelling, Control and Motion Planning. *arXiv preprint arXiv:2212.01210*.
- Patel, J. S., Fioranelli, F., and Anderson, D. (2018). Review of Radar Classification and RCS Characterisation Techniques for Small UAVs or Drones. *IET Radar, Sonar & Navigation*, 12(9):911–919.
- Rahman, M. D., Wigraha, N. A., and Widayana, G. (2017). Pengaruh Ukuran Katup Terhadap Torsi dan Daya pada Sepeda Motor Honda Supra Fit. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 5(3).
- Salihbegovic, A., Capin, V., Sokic, E., and Osmic, N. (2023a). Trajectory Tracking of the Octo-rotor Unmanned Aerial Vehicle Exposed to Parametric Uncertainties and External Disturbances Using First Order Sliding Mode Control. In *2023 XXIX International Conference on Information, Communication and Automation Technologies (ICAT)*, pages 1–8. IEEE.
- Salihbegovic, A., Talic, A., Osmic, N., and Sokic, E. (2023b). 3d trajectory tracking of a quad-rotor unmanned aerial vehicle via the first order sliding mode control. In *2023 9th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*, pages 1530–1535. IEEE.
- Saputra, T. and Serdianus, S. (2022). Peran Pendidikan Agama Kristen dalam Menjawab Tantangan Perkembangan Teknologi di Era Posthuman. *Jurnal Gamaliel : Teologi Praktika*, 4(1):44–61.

Škrinjar, J. P., Škorput, P., and Furdić, M. (2019). Application of Unmanned Aerial Vehicles in Logistic Processes. In Karabegović, I., editor, *New Technologies, Development and Application*, pages 359–366, Cham. Springer International Publishing.

Song, Z. What is Multirotors? How does it work?  
<https://www.rchackers.com/blogs/airplanes/what-is-multirotors-how-does-it-work?srsltid=AfmBOor94vUVtlqMUeIIGgKlseI6j8VhJxiUvJXysi4cwpabIZrwbWVM>.  
Diakses: 25 September 2025.

Subiono (2013). *Sistem Linear dan Kontrol Optimal*. Jurusan Matematika FMIPA-ITS, Surabaya.

Suroso, I. (2018). Analisis Peran Unmanned Aerial Vehicle Jenis Multicopter dalam Meningkatkan Kualitas Dunia Fotografi Udara di Lokasi Jalur Selatan Menuju Calon Bandara Baru di Kulonprogo. *REKAM: Jurnal Fotografi, Televisi, Animasi*, 14(1):17–25.

Velagic, J., Osmic, N., Klovo, V., and Lacevic, H. (2022). Design of LQR Controller for 3D Trajectory Tracking of Octocopter Unmanned Aerial Vehicle. In *2022 8th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*, number May, pages 63–68. IEEE.

Yilidrim, S., Cabuk, N., and Bakircioglu, V. (2023). Experimentally Flight Performances Comparison of Octocopter, Decacopter & Dodecacopter Using Universal UAV. *Measurement*, 213:112689.

Zhu, H., Li, D., Nie, H., Wei, X., and Wei, Y. (2023). Multiobjective Optimization of a Staggered-Rotor Octocopter Design Based on a Surrogate Model. *Aerospace Science and Technology*, 139:108387.

Zhu, H., Nie, H., Zhang, L., Wei, X., and Zhang, M. (2020). Design and Assessment of Octocopter Drones with Improved Aerodynamic Efficiency and Performance. *Aerospace Science and Technology*, 106:106206.