

Implementasi Sensor Resistif TGS813 untuk Pendeteksian Konsentrasi Gas Etanol di Udara *Ambient*

Karina Alma Fidya¹, Kasnawi Al Hadi¹, Arif Budiarto^{1*}

¹Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.29303/geoscienceed.v6i2.1029>

Article Info

Received:

Revised:

Accepted:

Correspondence:

Phone: -

Abstrak: Etanol merupakan salah satu jenis senyawa volatil yang mudah menguap di udara *ambient*. Gas etanol dapat berasal dari berbagai sumber emisi. Gas etanol juga dapat dihasilkan dari proses respirasi manusia yang kemudian dimanfaatkan sebagai *biomarker* akan kondisi tertentu, seperti identifikasi gejala penyakit medis, psikologi, dan lain sebagainya. Sejalan dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem e-nose berbasis sensor TGS813 untuk pengukuran gas etanol dan kualitas udara dengan akurasi tinggi. Sensor TGS813 dipilih karena respon spesifiknya terhadap etanol, dengan rasio resistansi (R_0/R_s) sebesar 1 pada 100 ppm. Hal ini didukung dengan kemampuannya membedakan konsentrasi secara linear melalui integrasi dengan algoritma klasifikasi *multivariate*. Sistem ini diharapkan tidak hanya mengukur kadar etanol, namun juga sebagai peluang sistem pemantauan kualitas udara *portable*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem memiliki rasio resistansi sebesar 1 pada 100 ppm, dan memiliki 10-100 ppm etanol dari respon linier ($R^2 = 0,98$), yang menghasilkan selektivitas tinggi. Kalibrasi menggunakan filter HEPA dan analisis multivariat memungkinkan diferensiasi sumber etanol (eksogen/entogen). Sensor memiliki respons cepat (30 detik) dan resolusi 5 ppm, yang cocok untuk mendeteksi keberadaan gas etanol di udara *ambient*.

Keywords: e-nose; konsentrasi gas etanol; kualitas udara; sensor TGS813; udara *ambient*

Citation: Fidya, K. A., Hadi, K. A., & Budiarto, A. (2025). Implementasi sensor TGS813 untuk pendeteksian konsentrasi gas etanol di udara *ambient*. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi dan Geofisika (Gescienceed)*, 6(2), 1105-1109. doi: <https://doi.org/10.29303/geoscienceed.v6i2.1029>

Pendahuluan

Etanol (C_2H_5OH) merupakan senyawa organik volatil (VOC) yang tidak berwarna dan mudah terbakar. Senyawa ini telah dimanfaatkan secara luas sebagai aditif bahan bakar, antiseptik, pelarut, dan minuman berakohol (Zelege, 2024). Meskipun memiliki emisi CO_2 yang lebih rendah dibandingkan bensin, etanol yang menguap di udara dapat membentuk ozon troposferik yang berbahaya bagi kesehatan manusia (Torres et al., 2024). Jika etanol dikonsumsi secara berlebihan dapat memicu risiko kanker esofagus, hati, saluran pernapasan, serta etanol menjadi penyumbang 4% kasus kanker secara global (Rumgay et al., 2021). Selain dampak eksogen, etanol endogen dalam tubuh manusia

dihasilkan dari proses metabolisme bakteri atau kondisi patologis seperti diabetes dan infeksi *Helicobacter pylori* yang dapat menjadi biomarker penting untuk diagnosis dini terhadap penyakit (Fernández-Sola, 2020).

VOC diproduksi oleh berbagai proses biologis dalam tubuh manusia, senyawa ini dilepaskan melalui beberapa cara, termasuk napas yang dihembuskan, keringat, urin, feses, dan bahkan cairan lakrimal (Moura et al., 2023). Nafas manusia mengandung ribuan senyawa VOC seperti etanol, aseton, dan hidrogen dalam konsentrasi sangat rendah (ppb-ppm) (Palaczek & Rydosz, 2024). Senyawa ini mampu melewati membran biologis dan memasuki tubuh manusia yang berpotensi menyebabkan masalah kesehatan seperti asma, PPOK, dan bahkan kanker tertentu karena

Email: abudiarto@unram.ac.id

paparan kronis (Moura et al., 2023). Kadar VOC yang terlalu rendah dalam tubuh juga mempengaruhi kesehatan seperti kekurangan nutrisi yang akan berpengaruh pada kesehatan secara keseluruhan (Alhadawiah et al., 2025).

Kadar etanol dalam napas atau BrAC (*Breath Alcohol Concentration*) berkorelasi langsung dengan kadar darah (BAC) melalui rasio 2100:1, yang berarti 2100 mL udara napas mengandung etanol setara dengan 1 mL darah, menjadikannya dasar pengukuran non invasif dengan *breathalyzer*. Namun akurasi metode ini rentan terhadap faktor fisiologis seperti aliran darah hati dan kondisi hiperglikemia, di mana metabolisme etanol dan enzim alkohol dehydrogenase (AHD) dan aldehid dehydrogenase (ALDH) terhambat, meningkatkan akumulasi etanol dalam darah (Paprocki et al., 2022; Stamation, 2025).

Teknologi *electronic nose* (e-nose) muncul sebagai solusi inovatif untuk mengatasi keterbatasan ini. Dengan meniru sistem olfaksi manusia, e-nose mampu mengidentifikasi pola kompleks VOC dalam napas menggunakan *array* sensor dan algoritma *machine learning* (Tan & Xu, 2020). Aplikasi e-nose dalam bidang medis telah terbukti efektif mendeteksi napas (Karakaya et al., 2019). Namun yang menjadi tantangan adalah sensitivitas sensor dalam mendeteksi konsentrasi rendah (ppb-ppm) serta interferensi senyawa VOC lain seperti aseton dan metana (Dapeng et al., 2024).

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem e-nose berbasis sensor TGS813 untuk pengukuran gas etanol dan kualitas udara dengan akurasi tinggi. Sensor TGS813 dipilih karena respon spesifiknya terhadap etanol, dengan rasio resistansi (R_0/R_s) sebesar 1 pada 100 ppm. Hal ini didukung dengan kemampuannya membedakan konsentrasi secara linear melalui integrasi dengan algoritma klasifikasi *multivariate*. Sistem ini diharapkan tidak hanya mengukur kadar etanol, namun juga sebagai peluang sistem pemantauan kualitas udara *portable*.

Metode

Pengujian sistem pengukuran dilakukan dengan merubah larutan menjadi gas. Larutan pertama menggunakan etanol dengan cara larutan etanol ditimbang menggunakan neraca analitik untuk menimbang massa mula-mula (m_0). Larutan tersebut dimasukkan ke dalam *exposure chamber* yang terbuat dari akrilik dengan ketebalan 5 mm (mencegah kebocoran sistem dari ekosistem luar).

Larutan etanol tersebut diubah menjadi gas menggunakan *atomizer* yang dидiamkan dalam *chamber* selama 60 s. Gas keluaran etanol kemudian dialirkan menuju sistem pengukuran dengan luas penampang (A) lubang *outlet* sebesar $5,024 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ menuju sistem pengukuran. Data pengukuran tegangan (V) keluaran

sensor yang berasal dari pin ADS1115 dicatat (Anggriani et al., 2024), data tersebut dilakukan sebanyak tiga kali perulangan, di mana dalam satu kali perulangan terdapat 20 data (per 5 s) (Tabel 1).

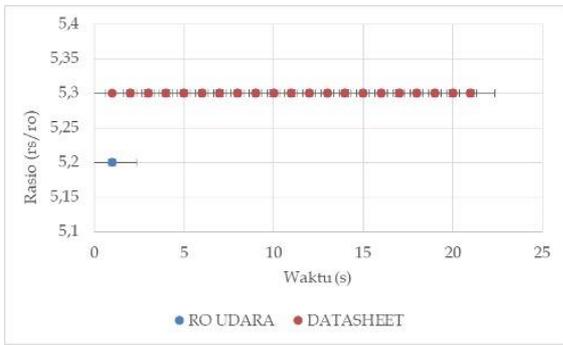
Tabel 1. Variasi pengujian menggunakan beberapa gas

Jenis Sampel	Formula	Konsentrasi (ppm)
Etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	100
Formaldehida	CH_2O	38
Karbon dioksida	CO_2	100
Isobutana	C_4H_{10}	100
Karbon Monoksida	CO	100

Proses kalibrasi sistem pengukuran dilakukan dengan menggunakan HEPA filter untuk menyaring sampel udara bersih. Kalibrasi dilakukan menggunakan *suction pump* dengan laju alir (v) sebesar 2 m/s yang dihubungkan dengan input dari *exposure chamber* menggunakan PTFE *tube* yang dilekatkan dengan *pneumatic connector* dan pada *output exposure chamber*. Udara keluaran kemudian dialirkan menuju sistem pengukuran dengan luas penampang (A) lubang *outlet* sebesar $5,024 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ menuju sistem pengukuran. Data pengukuran tegangan (V) keluaran sensor yang berasal dari pin ADS1115 dicatat, data tersebut dilakukan sebanyak tiga kali perulangan dengan satu kali perulangan terdapat 90 data (per 5 s). Data keluaran sensor merupakan bilangan sebesar 0 hingga 65535, sedangkan V_{ref} melambangkan tegangan referensi.

Hasil dan Pembahasan

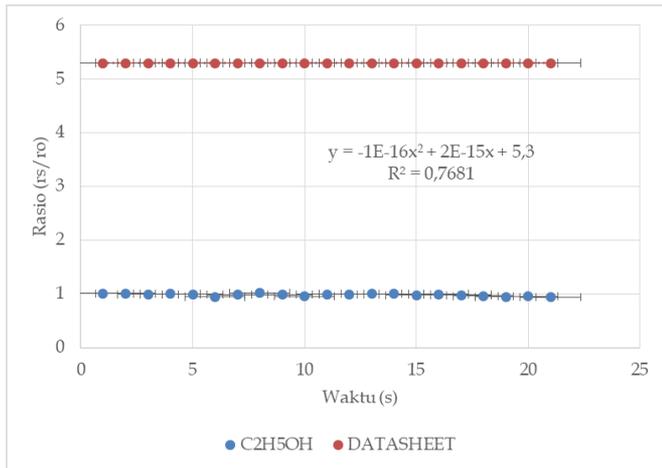
Hasil kalibrasi yang ditampilkan pada (**Gambar 1**) diperoleh dalam bentuk rasio yang dihasilkan dari tampilan layar e-nose. Sebelum memulai proses kalibrasi, dilakukan *pre-treatment* untuk sensor TGS813, yang melibatkan pemanasan sensor selama 40 menit untuk memastikan performa optimal dan kestabilan dalam mendeteksi parameter yang diukur. Seluruh proses ini dilakukan di dalam *chamber* dengan kelembaban konsisten antara 68% - 69% guna meminimalkan pengaruh faktor eksternal. Selain itu, suhu dalam *chamber* dikontrol dengan seksama pada suhu 26°C - 27°C , dan konsentrasi gas oksigen konstan 20-20,5% Vol guna menjamin bahwa hasil kalibrasi yang diperoleh berada dalam kondisi terbaik, sesuai dengan *datasheet*.



Gambar 1. Nilai rasio udara bersih (R_0) sensor dan udara bersih *datasheet*

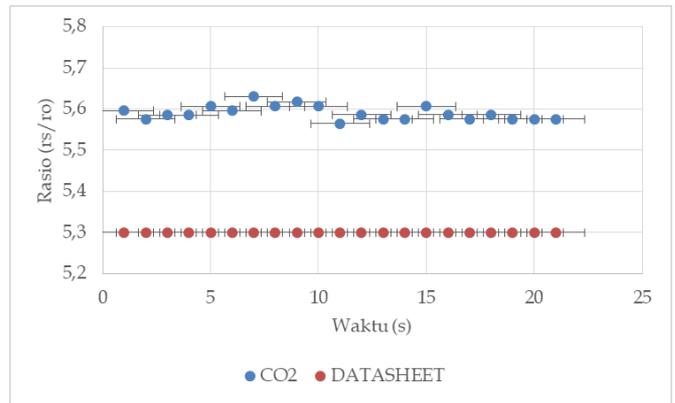
Data pada **Gambar 1** menunjukkan bahwa titik biru merupakan udara bersih yang memiliki rata-rata rasio sebesar 5,2 di mana data ini diperoleh dari tiga kali perulangan. Titik berwarna merah menunjukkan data rasio udara berdasarkan *datasheet* dengan rata-rata sebesar 5,3. **Gambar 1** membuktikan bahwa sensor TGS813 telah terkalibrasi dan *output* rasio yang sesuai dengan *datasheet* sensor TGS813, yakni sebesar 5,3.

Karakterisasi E-nose dengan Berbagai Variasi Gas



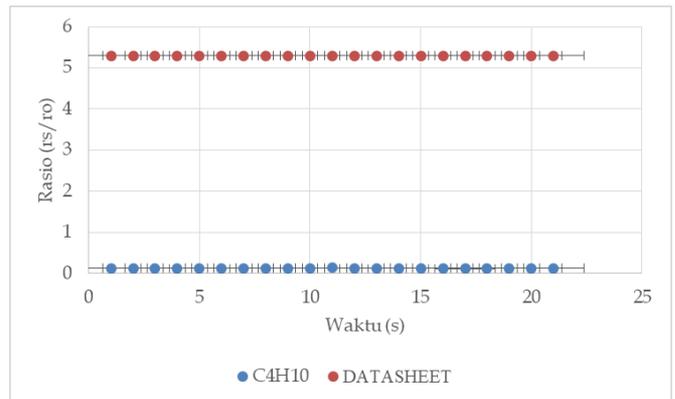
Gambar 2. Nilai rasio gas etanol (C_2H_5OH)

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara rasio (rs/ro) terhadap waktu pengukuran dalam satuan detik untuk sampel gas *ethanol* (C_2H_5OH) menggunakan sensor TGS813. Nilai rasio rata-rata yang ditampilkan untuk gas C_2H_5OH sebesar 1, di mana nilai ini berada di bawah nilai rasio rata-rata udara bersih. Sensor TGS813 menunjukkan sensitivitas tinggi terhadap gas C_2H_5OH yang mana pernyataan ini sesuai dengan *datasheet* sensor TGS813. Respon sensor yang stabil dan linear menginterpretasikan kemampuan sensor dalam mendeteksi gas dengan akurat dan stabil.



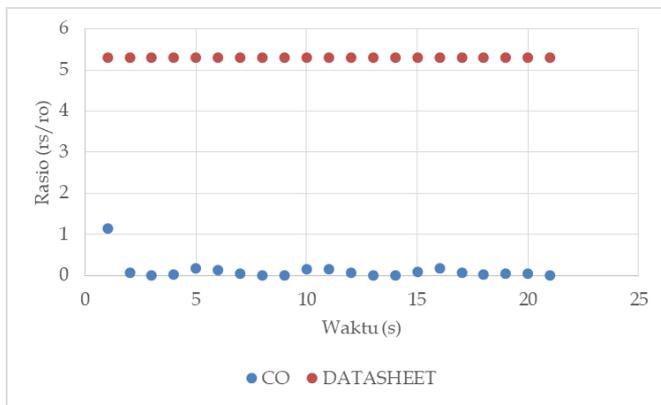
Gambar 3. Nilai rasio gas karbon dioksida (CO_2)

Gambar 3 menampilkan hasil karakterisasi e-nose terhadap CO_2 sebagai sampel gas, dengan nilai rata-rata rasio sebesar 5,6 terhadap waktu per satuan detik. Tampak pada gambar bahwa besar rasio gas CO_2 yang deteksi sensor berada di atas rasio udara bersih berdasarkan *datasheet* (titik merah). Hal ini menyiratkan bahwa sensor TGS813 tidak memiliki sensitivitas terhadap gas CO_2 .



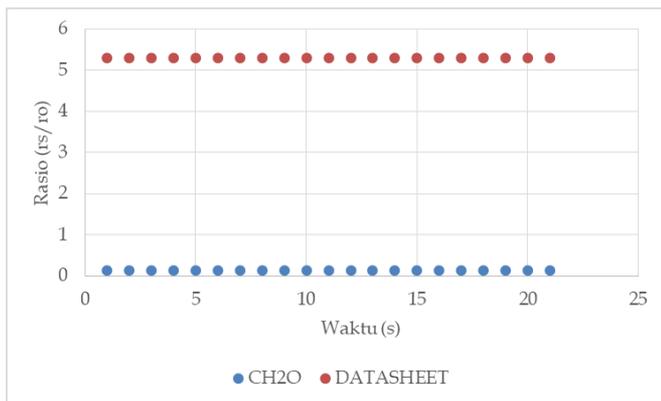
Gambar 4. Nilai rasio gas isobutana (C_4H_{10})

Gambar 4 merupakan hasil pembacaan rasio rata-rata gas C_4H_{10} terhadap satuan waktu. Dari gambar dapat dikatakan bahwa nilai rasio rata-rata gas C_4H_{10} sebesar 0,1 selama tiga kali perulangan. Nilai rasio yang di dapat pada gas ini berada dibawah nilai rasio dari udara bersih (titik merah), dengan nilai yang stabil dalam membaca rasio gas C_4H_{10} , maka ini membuktikan bahwa sensor TGS813 sensitif terhadap gas C_4H_{10} . Hal ini sesuai dengan dengan *datasheet* sensor TGS813 yang mengatakan bahwa sensor tersebut memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap gas C_4H_{10} .



Gambar 5. Nilai rasio gas karbon monoksida (CO)

Gambar 5 menginterpretasikan respon sensor TGS813 terhadap gas CO dengan nilai *output* yang keluar dalam rasio terhadap satuan waktu. Nilai rata-rata rasio gas CO yang didapatkan sebesar 0,1. Rasio yang didapat ini tidak dalam kondisi yang stabil dan rentan berubah-ubah meskipun hasil rasio berada di bawah rasio udara bersih (titik merah). Dengan nilai yang tidak konstan ini, dapat dikatakan bahwa sensor TGS813 tidak sensitif terhadap gas CO.



Gambar 6. Nilai rasio gas formaldehida (CH₂O)

Gambar 6 merupakan hasil *output* sensor TGS813 terhadap gas CH₂O. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai rata-rata rasio gas CH₂O 0,1 terhadap satuan waktu. Hasil rasio yang ditampilkan tidak memiliki perubahan meskipun nilainya ada di bawah nilai rasio rata-rata udara bersih. Dapat dikatakan pula bahwa sensor TGS813 tidak selektif terhadap gas CH₂O.

Berdasarkan penelitian ini, respon sensor TGS813 paling tinggi terhadap variasi gas C₂H₅OH dengan nilai rata-rata rasio sebesar 1. Dengan nilai ini menunjukkan bahwa sensor TGS813 memiliki sensitivitas maksimum terhadap gas tersebut. Rasio resistansi sebesar 1 pada 100 ppm menunjukkan bahwa sensor dapat membedakan konsentrasi gas dengan baik. Pernyataan ini juga sesuai dengan *datasheet* sensor TGS813 itu sendiri yang mendukung sensitivitasnya untuk

mendeteksi gas C₂H₅OH pada rentang konsentrasi tertentu.

Dari data yang disajikan sebelumnya, dapat dikatakan bahwa seiring dengan meningkatnya konsentrasi gas, nilai rasio resistansi sensor semakin menurun dan konduktivitas sensor semakin naik. Hal ini bisa terjadi karena interaksi kimiawi antara material aktif dalam sensor TGS813 bertemu dengan molekul gas C₂H₅OH. Kemampuan sensor untuk mendeteksi gas dengan akurasi tinggi mendukung potensi penggunaannya dalam pengembangan e-nose.

Dengan kata lain, e-nose berbasis sensor TGS813 dapat digunakan sebagai pendeteksi kadar gas etanol pada sistem pernapasan manusia (*exhaled breath*). Penggunaan sensor ini dapat mendukung aplikasi dalam mitigasi bencana lingkungan (udara) dan juga diagnosis penyakit dan pemantauan kadar alkohol non-invasif dalam tubuh.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa sensor TGS813 memiliki karakteristik sensitivitas yang berbeda dibandingkan dengan berbagai jenis gas. Berdasarkan hasil pengukuran, sensor menunjukkan sensitivitas tertinggi terhadap gas etanol (C₂H₅OH) dengan nilai rasio rata-rata 1 menunjukkan kemampuan sensor untuk menunjukkan konsentrasi gas. Sebaliknya, sensor TGS813 tidak menunjukkan sensitivitas yang memadai terhadap karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), dan formaldehida (CH₂O). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya konsentrasi gas, nilai rasio resistansi sensor menurun, menunjukkan peningkatan konduktivitas sensor. Interaksi kimia antara bahan aktif dan molekul gas etanol dalam sensor berkontribusi pada keterampilan identifikasi yang akurat. Studi ini menyoroti pentingnya kalibrasi sensor dan pemahaman tentang karakteristik sensitivitas dan aplikasi terkait lingkungan (kualitas udara).

Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti mengucapkan terima kasih atas pendanaan penelitian dalam skema PPK FMIPA Universitas Mataram (2659/UN18.L1/PP/2025). Ucapan terima kasih kami haturkan kepada rekan-rekan di Laboratorium Fisika Lanjut - Instrumentasi dan Biofisika, Program Studi Fisika, Universitas Mataram 2025.

Referensi

Alhadawiah, S., Budiarto, A., Wirawan, R., & Anggriani, N. K. (2024). Pembuatan profil udara hembusan pernapasan perokok dan non perokok berbasis sensor CCS-811 dan volatile organic compound. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 6(1), 101-106.

- Anggriani, N. K., Budianto, A., Hadi, K. A., & Alaydrus, A. T. (2024). Identifikasi hubungan antara konsentrasi gas karbon dioksida terhadap persentase efek plasebo di daerah sumber emisi. *Kappa Journal*, 8(3), 338-343.
- Dapeng, S., Ying, Q., Wenqing, B., Fengfeng, L., Di, M., Dan, L., ... & Ling, M. (2024). Risk assessment of public health emergencies concerned in China, September 2024. *Disease Surveillance*, 39(9), 1101-1104.
- Fernández-Solà, J. (2020). The effects of ethanol on the heart: alcoholic cardiomyopathy. *Nutrients*, 12(2), 572.
- Karakaya, D., Ulucan, O., & Turkan, M. (2020). Electronic nose and its applications: A survey. *International Journal of Automation and Computing*, 17(2), 179-209.
- Moura, P. C., Raposo, M., & Vassilenko, V. (2023). Breath volatile organic compounds (VOCs) as biomarkers for the diagnosis of pathological conditions: A review. *Biomedical Journal*, 46(4), 100623.
- Palczyk, A., & Rydosz, A. (2024). The effect of high ethanol concentration on e-nose response for diabetes detection in exhaled breath: Laboratory studies. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 408, 135550.
- Paprocki, S., Qassem, M., & Kyriacou, P. A. (2022). Review of ethanol intoxication sensing technologies and techniques. *Sensors*, 22(18), 6819.
- Rumgay, H., Murphy, N., Ferrari, P., & Soerjomataram, I. (2021). Alcohol and cancer: epidemiology and biological mechanisms. *Nutrients*, 13(9), 3173.
- Stamation, R. (2025). Endogenous ethanol production in the human alimentary tract: A literature review. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*.
- Tan, J., & Xu, J. (2020). Applications of electronic nose (e-nose) and electronic tongue (e-tongue) in food quality-related properties determination: A review. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 104-115.
- Torres, D. J. G., de Souza Mendes, A., & Albuquerque, C. (2024). Performance and emissions data of an internal combustion engine operating with different ethanol/water mixtures and compression ratios. *Data in Brief*, 54, 110390.
- Zelege, D. S., & Tefera, A. K. (2024). An experimental investigation of the impacts of titanium dioxide (TiO₂) and ethanol on performance and emission characteristics on diesel engines run with castor Biodiesel ethanol blended fuel. *Fuel Processing Technology*, 264, 108137.