

# **PENGARUH BANTUAN MESIN POMPA AIR BAHAN BAKAR GAS TERHADAP PENURUNAN BIAYA OPERASIONAL PETANI PADI SAWAH**

*(The Effect Of Fuel Gas Water Pump Engine Assistance On Reducing The Operational  
Costs Of Rice Farmers )*

Suwarni<sup>1)</sup>; Bayu Mahendra<sup>2)</sup>

<sup>1</sup>SMK Negeri 1 Kota Bengkulu

<sup>2</sup>Program Studi Agribisnis Fakultas Sains dan Teknik Universitas Perwira Purbalingga

Email: suwarnismkn1@gmail.com

## **ABSTRAK**

Irigasi sawah merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pertanian di Indonesia. Dengan curah hujan yang bervariasi dan cuaca yang tidak selalu dapat diprediksi, sistem irigasi yang efisien dan berkelanjutan menjadi kunci untuk meningkatkan produktivitas pertanian, mengurangi risiko kekurangan air, dan mendukung ketahanan pangan nasional. Sampel dari penelitian ini diperoleh setelah memilih populasi yang ada yaitu dari petani padi sawah desa Kaligondang yang menerima bantuan pompa air berbahan bakar gas dan memiliki kesamaan luas lahan dan jenis padi yang sama. Diperoleh 15 sampel yang sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan. Jika dilihat dari analisis deskriptif terlihat bahwa terjadi penurunan rata-rata biaya bahan bakar sebesar Rp. 62.467 dari biaya Rp. 80.800 menjadi Rp. 18.333 Dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar gas untuk pompa air dapat menurunkan biaya bahan bakar sebesar 75%. Hasil Uji T menunjukkan perbandingan biaya yang dikeluarkan petani antara menggunakan bahan bakar gas dan bahan bakar minyak untuk pompa air dalam membantu irigasi usaha tani padi sawah., hal ini terlihat dari nilai Sig. 0,000 atau <0,005. Hasil uji t dapat dikatakan bahwa penurunan biaya yang dikeluarkan untuk membeli bahan bakar adalah signifikan.

Kata Kunci :Bahan Bakar Gas, Penurunan Biaya, Petani Padi Sawah

## **ABSTRACT**

*Irrigation of rice fields is one of the important components in the agricultural system in Indonesia. With variable rainfall and unpredictable weather, efficient and sustainable irrigation systems are key to increasing agricultural productivity, reducing the risk of water shortages, and supporting national food security. The sample from this study was obtained after sorting out the existing population, namely from rice farmers in Kaligondang village who received the help of gas-fired water pumps and had the same land area and type of rice. 15 samples were obtained according to predetermined criteria. When viewed from the descriptive analysis, it can be seen that there was a decrease in the average cost of fuel by Rp. 62,467 from the cost of Rp. 80,800 to Rp. 18,333 It can be concluded that the use of gas fuel for water pumps can reduce fuel costs by 75%. The results of the T Test show the comparison of costs incurred by farmers between the use of fuel gas and fuel oil for water pumps in helping irrigation of rice field farms, this can be seen from the value of Sig. 0.000 or <0.005. The results of the t test can be said that the decrease in costs incurred to buy fuel is quite significant.*

*Keywords :Fuel Gas, Cost Reduction, Rice Farmer Rice Fields,*

## PENDAHULUAN

Pemberdayaan petani padi menjadi langkah krusial dalam meningkatkan produktivitas, kesejahteraan, dan ketahanan pangan nasional. Pembangunan dan pemberdayaan pertanian di Indonesia memiliki tujuan untuk mewujudkan ketahanan pangan dan meningkatkan kesejahteraan petani serta seluruh lapisan yang mendukung kegiatan tersebut (Mahendra, 2019). Penerapan teknologi pertanian terbaru dapat mengubah cara petani padi bekerja dan menghasilkan hasil panen yang lebih baik. Ini meliputi penggunaan varietas unggul yang tahan terhadap penyakit, penggunaan pupuk dan pestisida secara tepat, serta penerapan irigasi yang efisien (Ali et al., 2022).

Irigasi sawah merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pertanian di Indonesia. Dengan curah hujan yang bervariasi dan cuaca yang tidak selalu dapat diprediksi, sistem irigasi yang efisien dan berkelanjutan menjadi kunci untuk meningkatkan produktivitas pertanian, mengurangi risiko kekurangan air, dan mendukung ketahanan pangan nasional (Hatta et al., 2023). Irigasi sawah memungkinkan petani mengontrol pasokan air dan memaksimalkan potensi lahan, sehingga meningkatkan produktivitas tanaman padi dan tanaman lainnya (D. Chen et al., 2014; YI & XIANG, 2016). Banyak sistem irigasi tradisional telah mengalami penurunan kondisi akibat usia dan kurangnya pemeliharaan. Diperlukan investasi besar untuk memperbaiki dan memodernisasi infrastruktur tersebut (Wu et al., 2018; Zheng et al., 2019).

Pemerintah Indonesia telah mengambil berbagai kebijakan untuk

mendorong kesejahteraan petani padi sawah serta meningkatkan produktivitas dan ketahanan pangan. Melalui kebijakan-kebijakan ini, pemerintah Indonesia berupaya mendukung kesejahteraan petani padi sawah dan mendorong pertumbuhan sektor pertanian secara keseluruhan. Dampak positif dari kebijakan-kebijakan ini tidak hanya terasa pada petani, tetapi juga berkontribusi pada ketahanan pangan nasional dan ekonomi negara (Marchand & Guo, 2014; Tamaki et al., 2013).

Kabupaten Purbalingga, yang terletak di Provinsi Jawa Tengah, merupakan salah satu wilayah dengan potensi pertanian yang besar di Indonesia. Dalam konteks pertanian, potensi padi sawah di Kabupaten Purbalingga sangat menonjol, dengan lanskapnya yang subur dan kondisi alam yang mendukung. Kabupaten Purbalingga merupakan Kabupaten yang memiliki potensi untuk pengembangan padi sawah. Potensi yang dapat dikembangkan ini didasarkan pada jumlah lahan pertanian yang lebih luas dari lahan pemukiman dan lahan lainnya (Mahendra, 2021). Pemerintah sangat mendukung perkembangan ketahanan pangan di Indonesia, bentuk dukungan itu diantaranya adalah bantuan pompa air berbahan bakar gas yang bertujuan meningkatkan efisiensi bagi petani padi di Kabupaten Purbalingga. Pengembangan irigasi sawah di Indonesia merupakan langkah penting dalam mendukung pertanian berkelanjutan dan ketahanan pangan. Dengan mengoptimalkan potensi padi sawah di Kabupaten Purbalingga, tidak hanya pertanian yang akan berkembang, tetapi juga ekonomi lokal dan ketahanan pangan nasional akan terjamin. Melalui kolaborasi

Jurnal Penelitian Agri Hatantiring  
Volume 03, Nomor 01 Tahun 2023

antara pemerintah, lembaga pertanian, masyarakat, dan sektor swasta, Kabupaten Purbalingga dapat menjadi contoh sukses dalam pengembangan pertanian berkelanjutan dan inovatif.

Dengan investasi yang tepat, penggunaan teknologi modern, dan pendekatan yang berkelanjutan, Indonesia dapat terus maju dalam mengoptimalkan produksi pertanian dan memastikan pasokan pangan yang stabil untuk masyarakat. Penelitian ini termasuk dalam penelitian yang menganalisis kebijakan pemerintah yang bertujuan untuk sektor pertanian.

**METODOLOGI**

Penelitian ini dilakukan di Desa Kaligondang, Kecamatan Kaligondan, Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah. Lokasi penelitian dipilih secara purposive berdasarkan pertimbangan implementasi program konversi bahan bakar gas untuk pompa air. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juli 2023. Penelitian ini menggunakan metode survei dengan pengumpulan data wawancara bertarget menggunakan kuesioner terstruktur.

Sampel dari penelitian ini diperoleh setelah memilah populasi yang ada yaitu dari petani padi sawah desa Kaligondang yang menerima bantuan pompa air berbahan bakar gas dan memiliki kesamaan luas lahan dan jenis padi yang sama.

Diperoleh 15 sampel yang sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan.

**Analisis data**

Metode deskriptif kuantitatif digunakan peneliti dalam penelitian ini, sehingga dapat menggambarkan usaha tani padi yang dilakukan petani dan total biaya yang dikeluarkan petani untuk pembelian bahan bakar pengairan. Menghitung rata-rata biaya yang dikeluarkan petani untuk membeli bahan bakar pompa air yaitu bahan bakar bbm bensin dan dibandingkan dengan petani membeli bahan bakar gas untuk pompa air sawah. Pengujian selisih biaya bahan bakar bbm dan bahan bakar gas bbg dengan Uji Wilcoxon dan uji t dengan bantuan software SPSS.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Biaya yang diteliti adalah biaya pembelian bahan bakar yang digunakan untuk pompa air persawahan. Penurunan biaya yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah turunya biaya yang dikeluarkan petani padi sawah untuk membeli bahan bakar dalam sekali penyedotan. Jika dilihat dari analisis deskriptif terlihat bahwa terjadi penurunan rata-rata biaya bahan bakar sebesar Rp. 62.467 dari biaya Rp. 80.800 menjadi Rp. 18.333 Dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar gas untuk pompa air dapat menurunkan biaya bahan bakar sebesar 75%.

**Tabel 1 Analisis Deskriptif**

|                    | N  | Minimum | Maximum | Mean     | Std. Deviation |
|--------------------|----|---------|---------|----------|----------------|
| Bahan Bakar Gas    | 15 | 17000   | 20000   | 18333.33 | 816.497        |
| Bahan Bakar Minyak | 15 | 80000   | 82000   | 80800.00 | 941.124        |
| Valid N (listwise) | 15 |         |         |          |                |

Sumber : Data Primer Diolah, 2023

|        |                                      | N  | Correlation | Sig. |
|--------|--------------------------------------|----|-------------|------|
| Pair 1 | Bahan bakar gas & Bahan bakar minyak | 15 | .688        | .000 |

Pertanian padi sawah memainkan peran penting dalam memenuhi kebutuhan pangan global. Namun, di balik hasil panen yang subur dan padi yang tumbuh subur, terdapat sejumlah biaya operasional yang harus dikeluarkan oleh petani. Pentingnya memahami biaya operasional padi sawah, komponen biaya yang terlibat, dan bagaimana pengelolaan biaya dapat mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan(Abdallah, 2016; Afrin et al., 2017; Biswas et al., 2021; Elias et al., 2013). Menghitung biaya operasional adalah langkah kritis dalam mengelola usaha pertanian(Hashimoto et al., 2022; Ramesh Babu et al., 2022). Memahami biaya yang diperlukan untuk menghasilkan setiap hektar padi akan membantu petani dalam merencanakan anggaran, mengukur Sumber : Data Primer Diolah, 2023

Hasil Uji T menunjukkan perbandingan biaya yang dikeluarkan petani antara menggunakan bahan bakar gas dan bahan bakar minyak untuk pompa air dalam membantu irigasi usaha tani padi sawah., hal ini terlihat dari nilai Sig. 0,000 atau <0,005. Hasil uji t dapat dikatakan bahwa penurunan biaya yang dikeluarkan untuk membeli bahan bakar adalah signifikan. Dalam penelitian ini, hasilnya menunjukkan penurunan biaya bahan bakar yang signifikan karena petani mendapatkan harga yang sesuai dengan harga yang ditetapkan pemerintah.

Dengan menggunakan bahan bakar gas secara lebih efisien, jumlah emisi gas rumah kaca dan polutan udara berbahaya

profitabilitas, dan membuat keputusan yang lebih baik terkait manajemen pertanian(Q. Chen et al., 2022; Lee et al., 2020). Dengan memahami biaya operasional, petani dapat menghitung profitabilitas usaha pertanian mereka. Ini membantu petani dalam mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan atau dikurangi untuk membuat pertanian lebih berkelanjutan dari segi ekonomi dan lingkungan. Memahami dan mengelola biaya operasional padi sawah adalah langkah kunci menuju pertanian yang lebih berkelanjutan dan produktif. Dengan merencanakan, mengelola, dan memanfaatkan sumber daya dengan bijak, petani dapat memaksimalkan hasil panen, meningkatkan pendapatan, dan menjaga keseimbangan lingkungan(Hadizadeh et al., 2018)

dapat dikurangi, membantu memitigasi perubahan iklim dan menjaga kualitas udara(Kannaian & Sadr, 2023). Penggunaan bahan bakar gas yang lebih efisien menghasilkan penghematan biaya energi bagi individu, bisnis, dan pemerintah. Teknologi terbaru dan peningkatan desain mesin dapat meningkatkan efisiensi konversi bahan bakar menjadi energi(Do et al., 2023). Efisiensi energi menghasilkan penghematan biaya bagi rumah tangga, industri, dan sektor komersial, yang berdampak positif pada ekonomi(Liu et al., 2023).

**Tabel 3 Uji Wilcoxon penggunaan BBM dan BBG**

|                                      | N               | Mean Rank | Sum of Ranks |
|--------------------------------------|-----------------|-----------|--------------|
| Bahan bakar minyak – Bahan bakar gas | 15 <sup>a</sup> | 8.00      | 120.00       |
| Negative Ranks                       | 0 <sup>b</sup>  | .00       | .00          |
| Positive Ranks                       | 0 <sup>c</sup>  |           |              |
| Ties                                 |                 |           |              |
| Total                                | 15              |           |              |

Sumber : Data Primer Diolah, 2023

Hasil analisis Wilcoxon menunjukkan bahwa seluruh responden mengalami penurunan biaya pembelian bahan bakar, hal ini terlihat dari hasil negative ranks yaitu sebanyak 15 dari total 15 responden. Penggunaan bahan bakar gas, termasuk gas alam dan gas lainnya, telah menjadi pilihan populer dalam berbagai sektor, dari industri hingga transportasi, berkat sifatnya yang lebih bersih dan ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil tradisional(Behroozsarand & Zamaniyan, 2017; Ribun et al., 2023). Namun, untuk mengoptimalkan manfaatnya, penting untuk fokus pada efisiensi penggunaan bahan bakar gas(Geletukha et al., 2022).

Penggunaan bahan bakar gas lebih bersih karena menghasilkan emisi gas rumah kaca yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil lainnya. Meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar gas dapat membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan perubahan iklim(Cui et al., 2023). Efisiensi penggunaan bahan bakar gas dapat mengurangi biaya operasional dan menghemat pengeluaran energi, sehingga berkontribusi pada ekonomi yang lebih berkelanjutan(Saleh, 2008). Penggunaan teknologi canggih untuk memantau dan mengatur penggunaan bahan bakar gas dapat membantu menghindari pemborosan

dan mengoptimalkan konsumsi. Pemeliharaan teratur pada peralatan dan sistem yang menggunakan bahan bakar gas penting untuk menjaga performa optimal dan menghindari pemborosan(Fayyazbakhsh & Pirouzfzar, 2016). Meningkatkan efisiensi bahan bakar gas adalah langkah konkret menuju tujuan keberlanjutan global, membantu melindungi planet dan generasi mendatang. Meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar gas adalah upaya yang saling menguntungkan, baik dari segi lingkungan maupun ekonomi.

Pompa air berbahan bakar gas adalah salah satu inovasi terkini dalam teknologi pertanian, irigasi, dan sektor kritis lainnya yang membutuhkan pasokan air yang handal. Dibandingkan dengan sumber energi tradisional, pompa air berbahan bakar gas menawarkan keunggulan dalam hal efisiensi, mobilitas, dan ketersediaan energi. Pompa air berbahan bakar gas memiliki efisiensi energi yang tinggi, memungkinkan penggunaan bahan bakar yang lebih sedikit untuk menghasilkan tenaga yang sama dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Pompa air berbahan bakar gas dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pertanian, irigasi, perkebunan, konstruksi, dan kebutuhan air darurat. Pompa air berbahan bakar gas dapat membantu petani dalam mengalirkan

air irigasi ke lahan pertanian, meningkatkan produktivitas panen, dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak. Di daerah yang sulit dijangkau oleh pasokan listrik, pompa air berbahan bakar gas dapat menjadi solusi vital untuk memenuhi kebutuhan air bersih dan pertanian.

Pompa air berbahan bakar gas memiliki potensi besar untuk meningkatkan akses terhadap air bersih dan meningkatkan produktivitas pertanian di daerah yang kurang berkembang. Dengan teknologi yang semakin maju dan kesadaran akan pentingnya lingkungan yang bersih, penggunaan pompa air berbahan bakar gas dapat menjadi solusi yang efisien dan berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan air di berbagai sektor dan wilayah.

## KESIMPULAN

Program bantuan mesin pompa air berbahan bakar gas yang diimplementasikan di Kabupaten Purbalingga dapat dikatakan berhasil secara signifikan menurunkan biaya petani padi sawah. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengeluaran petani untuk pembelian bahan bakar menurun hingga 75%. Penurunan biaya bahan bakar bagi petani padi di Kabupaten Purbalingga dirasa sangat membantu bagi petani untuk meningkatkan pendapatan dari usaha tani padi.

## SARAN

Dengan keberhasilan implementasi bantuan pompa air berbahan bakar gas di Kabupaten Purbalingga, diharapkan pemerintah dapat memberikan bantuan serupa di daerah lain. Bantuan pemerintah yang ditujukan untuk meningkatkan kesejahteraan petani padi sangat

dibutuhkan untuk mencapai target ketahanan pangan di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdallah, A. H. (2016). Agricultural credit and technical efficiency in Ghana: is there a nexus? *Agricultural Finance Review*, 76(2), 309–324. <https://doi.org/10.1108/AFR-01-2016-0002>
- Afrin, S., Haider, M. Z., & Islam, M. S. (2017). Impact of financial inclusion on technical efficiency of paddy farmers in Bangladesh. *Agricultural Finance Review*, 77(4), 484–505. <https://doi.org/10.1108/AFR-06-2016-0058>
- Ali, M. Y., Kafy, A. Al, Rahaman, Z. A., Islam, M. F., Rahman, M. R., Ara, I., Akhtar, M. R., & Javed, A. (2022). Comparative occupational health risk between tobacco and paddy farming people in Bangladesh. *SSM - Mental Health*, 2, 100061. <https://doi.org/10.1016/J.SSMMH.2022.100061>
- Behroozsarand, A., & Zamaniyan, A. (2017). Simulation and optimization of an integrated GTL process. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2315–2327. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.11.045>
- Biswas, B., Mallick, B., Roy, A., & Sultana, Z. (2021). Impact of agriculture extension services on technical efficiency of rural paddy farmers in southwest Bangladesh. *Environmental Challenges*, 5, 100261.

- <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2021.100261>
- Chen, D., Luo, Z., Webber, M., Chen, J., & Wang, W. (2014). Emergy evaluation of the contribution of irrigation water, and its utilization, in three agricultural systems in China. *Frontiers of Earth Science*, 8(3), 325–337. <https://doi.org/10.1007/S11707-013-0394-7>
- Chen, Q., Xie, H., & Zhai, Q. (2022). Management Policy of Farmers' Cultivated Land Abandonment Behavior Based on Evolutionary Game and Simulation Analysis. *Land*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/LAND11030336>
- Cui, P., Zhang, J., Liu, Y., Zhou, Y., Zhu, Z., Gao, J., & Wang, Y. (2023). Comprehensive analysis of clean fuel vehicle life cycle environment under multiple fuel scenarios. *Energy*, 275. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2023.127466>
- Do, T. N., Hur, Y. G., Chung, H., & Kim, J. (2023). Potentials and benefit assessment of green fuels from residue gas via gas-to-liquid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 182, 113388. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2023.113388>
- Elias, A., Nohmi, M., Yasunobu, K., Ishida, A., & Alene, A. D. (2013). The effect of agricultural extension service on the technical efficiency of teff (*Eragrostis tef*) producers in Ethiopia. *American Journal of Applied Sciences*, 11(2), 223–239. <https://doi.org/10.3844/AJASSP.2014.223.239>
- Fayyazbakhsh, A., & Pirouzfard, V. (2016). Determining the optimum conditions for modified diesel fuel combustion considering its emission, properties and engine performance. *Energy Conversion and Management*, 113, 209–219. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.01.058>
- Geletukha, G., Kucheruk, P., & Matveev, Y. (2022). Prospects and Potential for Biomethane Production in Ukraine. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 23(4), 67–80. <https://doi.org/10.12912/27197050/149995>
- Hadizadeh, F., Allahyari, M. S., Damalas, C. A., & Yazdani, M. R. (2018). Integrated management of agricultural water resources among paddy farmers in northern Iran. *Agricultural Water Management*, 200, 19–26. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2017.12.031>
- Hashimoto, N., Saito, Y., Yamamoto, S., Ishibashi, T., Ito, R., Maki, M., & Homma, K. (2022). Feasibility of yield estimation based on leaf area dynamics measurements in rice paddy fields of farmers. *Field Crops Research*, 286, 108609. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2022.108609>
- Hatta, M., Sulakhudin, Burhansyah, R., Kifli, G. C., Dewi, D. O., Kilmanun, J. C., Permana, D., Supriadi, K., Warman, R., Azis, H., Santari, P. T., & Widiastuti, D. P. (2023). Food self-sufficiency: Managing the newly-opened tidal paddy fields for rice farming in Indonesia (A case study in

- West Kalimantan, Indonesia). *Heliyon*, 9(3), e13839. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E13839>
- Kannaiyan, K., & Sadr, R. (2023). Spray characteristics of natural gas-based alternative jet fuel at high pressure ambient conditions. *Fuel*, 350, 128409. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2023.128409>
- Lee, J. H., Yamaguchi, R., Yokomizo, H., & Nakamaru, M. (2020). Preservation of the value of rice paddy fields: Investigating how to prevent farmers from abandoning the fields by means of evolutionary game theory. *Journal of Theoretical Biology*, 495, 110247. <https://doi.org/10.1016/J.JTBI.2020.110247>
- Liu, L. J., Liu, L. C., & Liang, Q. M. (2023). Restructuring investment to promote a win-win situation for both the economy and the environment in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113363>
- Mahendra, B. (2019). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Program Csr Pt. Angkasa Pura I Yogyakarta (Studi Kasus Umkm Madu Hutan Raya Dan Mina Kembar). *Jurnal Agercolere*, 1(2), 30–36. <https://doi.org/10.37195/jac.v1i2.62>
- Mahendra, B. (2021). *the Impact Ofcovid-19Pandemicon Agricultural Productivity,Unemploymentrate,Andr egional Original Incomein Purbalingga Regency. May*. <https://ejournal.unperba.ac.id/index.php/pijeb/article/view/53/43>
- Marchand, S., & Guo, H. (2014). The environmental efficiency of non-certified organic farming in China: A case study of paddy rice production. *China Economic Review*, 31, 201–216. <https://doi.org/10.1016/J.CHIECO.2014.09.006>
- Ramesh Babu, D., Goli, G., Narasimha Rao, K. V., Sambasiva Rao, N., Sai Sunai, A., Aravind, B., Riyaz, M., & Pramod, M. (2022). Design of dehydration equipment for paddy based on assessment from farmers. *Materials Today: Proceedings*, 68, 1256–1265. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2022.06.076>
- Ribun, V., Boichenko, S., & Kale, U. (2023). Advances in gas-to-liquid technology for environmentally friendly fuel synthesis: Analytical review of world achievements. *Energy Reports*, 9, 5500–5508. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2023.04.372>
- Saleh, H. E. (2008). Effect of variation in LPG composition on emissions and performance in a dual fuel diesel engine. *Fuel*, 87(13–14), 3031–3039. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2008.04.007>
- Tamaki, K., Nagasaka, Y., Nishiwaki, K., Saito, M., Kikuchi, Y., & Motobayashi, K. (2013). A Robot System for Paddy Field Farming in Japan. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(18), 143–147. <https://doi.org/10.3182/20130828-2-SF-3019.00013>

- Wu, Z., Wang, Y., Zhou, X., & Zhou, T. (2018). Analysis of the interaction among rice, weeds, inorganic fertilizer, and a herbivore in a composite farming paddy ecosystem. *Mathematical Biosciences*, 300, 145–156.  
<https://doi.org/10.1016/J.MBS.2018.03.023>
- YI, T., & XIANG, P. an. (2016). Emergy analysis of paddy farming in Hunan Province, China: A new perspective on sustainable development of agriculture. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(10), 2426–2436.  
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61375-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61375-8)
- Zheng, K., Zhou, X., Wu, Z., Wang, Z., & Zhou, T. (2019). Hopf bifurcation controlling for a fractional order delayed paddy ecosystem in the fallow season. *Advances in Difference Equations*, 2019(1).  
<https://doi.org/10.1186/S13662-019-2243-9>