

ANALISIS EFISIENSI DAN KONTRIBUSI SUMUR JIAT PNI-79 TERHADAP SWASEMBADA PANGAN KABUPATEN KUPANG

WINDHA MARIA MANAFE¹, GHOZALI MAHMUD²

Balai Besar Wilayah Sungai Nusa Tenggara II, Kementerian PU^{1,2}

Email: windhamanafe27@gmail.com¹, ghozali.mahmud@pu.go.id²

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v9i2.7713>

Abstract: *Irrigation water availability is a crucial factor for sustaining agricultural production, particularly in semi-arid regions with limited surface water resources and high dependence on groundwater. In Kupang Regency, East Nusa Tenggara Province, the Groundwater Irrigation Network (JIAT) has been developed to ensure a reliable year-round irrigation water supply. However, the operational sustainability of JIAT systems is strongly influenced by the energy efficiency of groundwater pumping. This study aims to evaluate the performance of the JIAT PNI-79 system by comparing diesel-powered pumps and grid-connected electric pumps, focusing on energy efficiency, operational costs, irrigation water distribution effectiveness, and agricultural productivity. A case study approach with descriptive-comparative analysis was applied using technical, economic, and operational data obtained from field surveys, interviews, and secondary sources. The results indicate that the JIAT PNI-79 well, with an operational discharge of 10 L/s and a service ratio of approximately 1 L/s/ha, is sufficient to irrigate a 10 ha agricultural area in a semi-arid environment. The transition from diesel engines to grid electricity reduced operational costs by about 50% while improving pumping continuity and irrigation water distribution effectiveness. Improved energy efficiency subsequently contributed to higher agricultural productivity and opportunities for crop diversification with greater economic value.*

Keywords: *Groundwater irrigation, JIAT, semi-arid region, energy efficiency, agricultural electrification*

Abstrak: Ketersediaan air irigasi merupakan faktor penting dalam menjaga keberlanjutan produksi pertanian, terutama di wilayah semi-arid yang memiliki keterbatasan air permukaan dan ketergantungan tinggi terhadap air tanah. Di Kabupaten Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur, sistem Jaringan Irigasi Air Tanah (JIAT) dikembangkan untuk menjamin pasokan air irigasi sepanjang tahun. Namun, keberlanjutan operasional JIAT sangat dipengaruhi oleh efisiensi energi pada sistem pemompaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem JIAT PNI-79 melalui perbandingan penggunaan pompa berbasis mesin diesel dan pompa berbasis listrik PLN, dengan fokus pada efisiensi energi, biaya operasional, efektivitas distribusi air, dan produktivitas pertanian. Metode penelitian menggunakan pendekatan studi kasus dengan analisis deskriptif komparatif berdasarkan data teknis, ekonomi, dan operasional yang diperoleh dari survei lapangan, wawancara, dan data sekunder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sumur JIAT PNI-79 dengan debit operasional 10 l/det dan rasio layanan sekitar 1 l/det/ha mampu memenuhi kebutuhan irigasi lahan seluas 10 ha di wilayah semi-arid. Peralihan penggerak pompa dari mesin diesel ke listrik PLN menurunkan biaya operasional sekitar 50% serta meningkatkan kontinuitas operasi dan efektivitas distribusi air. Peningkatan efisiensi energi tersebut berdampak positif terhadap produktivitas pertanian dan peluang diversifikasi komoditas bernilai ekonomi lebih tinggi.

Kata kunci: Irigasi air tanah, JIAT, wilayah semi-arid, efisiensi energi, elektrifikasi pertanian

A. Pendahuluan

Ketersediaan air irigasi merupakan faktor kunci dalam mendukung keberlanjutan produksi pertanian, khususnya di wilayah yang memiliki keterbatasan sumber air permukaan dan ketergantungan tinggi terhadap air tanah. Pada daerah semi-kering, curah hujan tahunan yang rendah,

distribusi hujan yang tidak merata, serta periode musim kemarau yang panjang menyebabkan sumber air permukaan bersifat musiman dan kurang andal untuk mendukung irigasi berkelanjutan. Dalam kondisi tersebut, pemanfaatan air tanah menjadi alternatif teknis yang relatif stabil untuk menjamin pasokan air sepanjang tahun [1].

Di wilayah semi-kering seperti Kabupaten Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur, keterbatasan air permukaan mendorong peningkatan pemanfaatan air tanah untuk kegiatan pertanian. Sistem Jaringan Irigasi Air Tanah (JIAT) dikembangkan sebagai solusi struktural untuk mengurangi risiko gagal panen, meningkatkan intensitas tanam, serta menjaga keberlanjutan produksi pangan pada kondisi iklim yang rentan. Oleh karena itu, perencanaan dan pengelolaan JIAT yang efektif menjadi aspek penting agar pemanfaatan air tanah tetap efisien dan berkelanjutan.

Sistem JIAT memanfaatkan sumur produksi sebagai sumber air utama yang kemudian dialirkan ke lahan pertanian melalui jaringan distribusi. Proses pengambilan air tanah dilakukan dengan bantuan unit pompa, sehingga kinerja sistem sangat dipengaruhi oleh jenis penggerak pompa yang digunakan. Pemilihan penggerak pompa, baik berupa mesin diesel maupun motor listrik, berpengaruh langsung terhadap efisiensi energi, biaya operasional, serta keandalan pasokan air pada jaringan irigasi air tanah [2].

Penggunaan mesin diesel sebagai penggerak pompa irigasi air tanah masih banyak dijumpai, terutama di wilayah yang sebelumnya memiliki keterbatasan akses listrik. Namun demikian, mesin diesel umumnya memiliki efisiensi energi yang relatif rendah serta biaya operasional yang tinggi akibat konsumsi bahan bakar dan fluktuasi harga BBM. Kondisi tersebut sering membatasi durasi operasi pompa dan berpotensi menurunkan efektivitas penyediaan air irigasi, khususnya pada periode kebutuhan air tanaman yang tinggi [3].

Seiring dengan meningkatnya ketersediaan jaringan listrik di wilayah pedesaan, pemanfaatan motor listrik sebagai penggerak pompa air tanah pada sistem JIAT semakin berkembang. Pompa listrik menawarkan efisiensi energi yang lebih tinggi, stabilitas operasi yang lebih baik, serta biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin diesel. Sejumlah studi menunjukkan bahwa elektrifikasi sistem pemompaan air tanah mampu menurunkan biaya per satuan volume air dan meningkatkan keandalan suplai air irigasi [4].

Dalam pengelolaan sumber daya air di wilayah semi-kering, efisiensi energi pada proses pemompaan air tanah menjadi faktor penting untuk menjamin keberlanjutan sistem irigasi. Pendekatan keterkaitan energi dan irigasi (*energy-irrigation nexus*) menegaskan bahwa efisiensi penggunaan energi berpengaruh langsung terhadap efektivitas pemanfaatan air serta produktivitas pertanian. Dalam konteks ini, penggunaan pompa listrik dinilai lebih mendukung pengelolaan air tanah yang efisien dan terkendali dibandingkan dengan sistem berbasis mesin diesel [5].

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji penggunaan pompa listrik dan mesin diesel secara terpisah, kajian komparatif yang secara langsung mengevaluasi efisiensi kedua sistem tersebut pada jaringan irigasi air tanah di wilayah semi-arid Indonesia masih relatif terbatas. Perbedaan karakteristik hidrogeologi dan pola pemanfaatan air menuntut adanya evaluasi teknis berbasis kondisi lokal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem JIAT PNI-79 di Kabupaten Kupang melalui perbandingan pompa berbasis mesin diesel dan pompa listrik, dengan fokus pada efisiensi energi, biaya operasional, serta implikasinya terhadap keberlanjutan irigasi pertanian.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem irigasi air tanah akibat peralihan penggerak pompa dari mesin diesel ke motor listrik melalui pendekatan yang terstruktur dan terukur. Metodologi penelitian dirancang dengan mengintegrasikan analisis teknis sistem irigasi dan analisis ekonomi operasional guna memperoleh gambaran komprehensif mengenai kinerja sistem Jaringan Irigasi Air Tanah (JIAT) dalam mendukung keberlanjutan pertanian di wilayah semi-arid.

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus dengan metode deskriptif analitis. Pendekatan studi kasus dipilih untuk menggambarkan kondisi aktual sistem JIAT secara mendalam pada satu lokasi spesifik, sehingga memungkinkan evaluasi menyeluruh terhadap aspek teknis, ekonomi, dan operasional. Metode deskriptif analitis digunakan untuk membandingkan kinerja sistem pompa berbasis mesin diesel dan pompa berbasis listrik PLN berdasarkan indikator efisiensi energi, efektivitas distribusi air, dan produktivitas pertanian.

Rancangan penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap utama yaitu:

- 1) Tahap persiapan meliputi kajian regulasi pengelolaan sumber daya air dan irigasi air tanah, serta koordinasi dengan instansi terkait, khususnya Balai Besar Wilayah Sungai Nusa Tenggara II;
- 2) Tahap pelaksanaan meliputi survei teknis lapangan terhadap infrastruktur sumur bor, unit pompa, jaringan perpipaan tertutup, dan bangunan bagi, serta wawancara terstruktur dengan pengelola dan anggota Perkumpulan Petani Pemakai Air Tanah (P3AT);
- 3) Tahap analisis meliputi pengolahan data teknis dan ekonomi untuk mengevaluasi efisiensi energi, biaya operasional, dan dampaknya terhadap produktivitas pertanian.

Ruang lingkup penelitian difokuskan pada evaluasi kinerja sistem JIAT PNI-79 dengan luas layanan sekitar 10 hektar. Analisis dibatasi pada perbandingan kinerja pompa berbasis mesin diesel dan pompa berbasis listrik PLN, tanpa mencakup kajian eksplorasi hidrogeologi lanjutan. Fokus penelitian diarahkan pada efisiensi energi operasional, efektivitas distribusi air irigasi, dan produktivitas lahan pertanian yang dilayani oleh sistem JIAT.

Penelitian dilaksanakan di Desa Manusak, Kecamatan Kupang Timur, Kabupaten Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Lokasi ini dipilih karena mewakili karakteristik wilayah semi-arid dengan ketergantungan tinggi terhadap air tanah sebagai sumber utama irigasi, sehingga relevan untuk kajian efisiensi sistem JIAT berbasis energi.

Bahan dan alat utama yang digunakan meliputi perangkat *Global Positioning System* (GPS) untuk verifikasi lokasi infrastruktur irigasi, kamera digital untuk dokumentasi kondisi fisik sistem, pedoman wawancara terstruktur, serta data teknis berupa debit operasional sumur dan konsumsi energi pompa. Data teknis dan ekonomi digunakan sebagai dasar analisis efisiensi dan keberlanjutan sistem irigasi.

penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan terhadap kondisi jaringan irigasi air tanah dan wawancara dengan pengelola P3AT terkait pola operasi pompa dan distribusi air. Data sekunder diperoleh dari laporan Balai Besar Wilayah Sungai Nusa Tenggara II, data statistik produktivitas pertanian dari Badan Pusat Statistik (BPS), serta literatur ilmiah yang relevan.

Analisis data dilakukan menggunakan metode deskriptif komparatif dengan membandingkan kinerja sistem irigasi berbasis mesin diesel dan listrik PLN. Analisis difokuskan pada perhitungan efisiensi energi, biaya operasional per satuan volume air, serta perubahan produktivitas pertanian. Pendekatan ini digunakan untuk menilai dampak peralihan penggerak pompa terhadap keberlanjutan sistem irigasi air tanah.

Analisis ekonomi dilakukan dengan menghitung biaya operasional berdasarkan konsumsi energi per jam operasi pompa, harga bahan bakar diesel, dan tarif listrik PLN yang berlaku. Perbandingan biaya ini digunakan untuk mengevaluasi tingkat efisiensi ekonomi sistem pompa listrik dibandingkan dengan sistem berbasis mesin diesel.

C. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Teknis Sumur JIAT PNI-79

Karakteristik teknis Sumur JIAT PNI-79 sebagaimana disajikan pada Tabel 1 memberikan gambaran kapasitas sistem dalam melayani kebutuhan irigasi di wilayah semi-arid Desa Manusak. Sumur ini dibangun pada tahun 2011 dengan debit operasional sebesar 10 l/det, kedalaman konstruksi 71 meter, serta melayani area pertanian seluas 10 hektar melalui 13 unit bangunan bagi.

Tabel 1. Parameter Teknis Eksisting Sumur JIAT PNI-79

No	Parameter Teknis	Spesifikasi Data
1	Tahun Konstruksi	2011
2	Debit Operasional	10 Liter/Detik
3	Luas Layanan Riil	10 Hektar
4	Kedalaman Konstruksi	71 Meter
5	Jumlah Box Bagi	13 Unit

Berdasarkan parameter tersebut, rasio layanan air irigasi yang dihasilkan adalah sekitar 1 l/det/ha. Secara hidrolis, nilai ini masih berada dalam kisaran kebutuhan air tanaman padi dan palawija di wilayah semi-arid, khususnya apabila didukung oleh sistem perpipaan tertutup yang mampu menekan kehilangan air akibat evaporasi dan kebocoran distribusi. Efisiensi distribusi air menjadi aspek kunci dalam pengelolaan irigasi air tanah di wilayah kering, mengingat keterbatasan sumber daya air dan tingginya tekanan terhadap akuifer.

Analisis Efisiensi Energi: Transisi Mesin Diesel ke Listrik PLN

Analisis efisiensi energi dilakukan melalui perbandingan biaya operasional pompa antara sistem berbasis mesin diesel dan sistem berbasis listrik PLN, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Ekonomi Operasional Pompa

Aspek Pemanding	Sistem Berbasis Solar	Sistem Berbasis Listrik PLN
Biaya per Jam Operasi	Rp 14.000	Rp 7.000
Efisiensi Biaya	-	50%
Aksesibilitas Energi	Logistik BBM terbatas	Token listrik relatif stabil
Dampak Lingkungan	Emisi gas buang lokal	Tanpa emisi langsung di lokasi

Hasil analisis menunjukkan bahwa biaya operasional pompa berbasis listrik PLN lebih rendah sekitar 50% dibandingkan dengan sistem berbasis mesin diesel. Penghematan ini menjadi faktor penting dalam meningkatkan keberlanjutan sistem JIAT, terutama di wilayah semi-arid yang sangat sensitif terhadap kenaikan biaya operasional irigasi.

Dari sisi operasional, sistem listrik PLN memberikan kestabilan pasokan energi yang berdampak langsung pada kontinuitas operasi pompa. Hal ini menjadi krusial dalam pengelolaan irigasi air tanah, karena gangguan pasokan energi berpotensi menyebabkan ketidakaturan distribusi air dan menurunkan produktivitas pertanian.

Dampak Efisiensi Energi terhadap Distribusi Air dan Produktivitas Pertanian

Stabilitas pasokan energi listrik memungkinkan pengaturan waktu dan durasi irigasi yang lebih presisi, sehingga distribusi air dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanaman pada setiap fase pertumbuhan. Kondisi ini berimplikasi langsung terhadap peningkatan produktivitas pertanian di area layanan Sumur JIAT PNI-79.

Tabel 3. Dampak Irigasi terhadap Produktivitas dan Pendapatan

Komoditas	Hasil (Ton/Ha)	Pendapatan (Rp/Ha)	Perbandingan vs Tadah Hujan
Padi	5,00	Rp 30.000.000	Meningkat
Terong	14,00	Rp 70.000.000	Potensi Baru (Hortikultura)

Produktivitas padi mencapai sekitar 5,0 ton/ha, sedangkan komoditas hortikultura berupa terong mencapai 14,0 ton/ha. Capaian ini menunjukkan bahwa keberadaan irigasi air tanah dengan pasokan energi yang stabil tidak hanya meningkatkan hasil panen, tetapi juga membuka peluang diversifikasi komoditas bernilai ekonomi lebih tinggi.

Hasil ini menyatakan bahwa stabilitas suplai air irigasi berkontribusi signifikan terhadap peningkatan hasil pertanian melalui pengurangan risiko cekaman air, khususnya pada wilayah dengan

variabilitas curah hujan yang tinggi. Penurunan biaya energi juga memberikan ruang ekonomi bagi petani untuk meningkatkan penggunaan input produksi, seperti benih unggul dan pemupukan yang lebih optimal.

Integrasi *Water–Energy–Food* (WEF) Nexus

Hasil penelitian ini menunjukkan keterkaitan yang kuat antara sektor air, energi, dan pangan dalam kerangka *Water–Energy–Food* (WEF) Nexus. Transformasi sumber energi dari mesin diesel ke listrik PLN meningkatkan efisiensi energi, yang selanjutnya memperbaiki efektivitas distribusi air irigasi air tanah. Efektivitas distribusi air tersebut bermuara pada peningkatan produktivitas pertanian dan diversifikasi komoditas, yang pada akhirnya memperkuat ketahanan pangan local [6].

Dalam konteks wilayah semi-arid, efisiensi energi berperan sebagai faktor pengungkit utama dalam menjaga keberlanjutan sistem irigasi air tanah. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa intervensi pada sektor energi dapat menghasilkan dampak sistemik terhadap pengelolaan air dan pencapaian ketahanan pangan, sebagaimana dikemukakan dalam berbagai kajian WEF Nexus pada sistem irigasi air tanah [3].

Implikasi Kebijakan dan Keterbatasan Penelitian

Secara kebijakan, hasil penelitian ini mendukung implementasi program elektrifikasi pertanian sebagai strategi peningkatan efisiensi dan keberlanjutan sistem irigasi air tanah di wilayah semi-arid Indonesia. Elektrifikasi JIAT terbukti mampu menurunkan biaya operasional, meningkatkan kontinuitas layanan irigasi, serta mendorong peningkatan produktivitas dan pendapatan petani [5].

Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya dilakukan pada satu lokasi studi. Variasi kondisi hidrogeologi, sosial ekonomi petani, serta keandalan jaringan listrik di wilayah lain berpotensi mempengaruhi hasil penerapan elektrifikasi JIAT. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan cakupan wilayah yang lebih luas dan variasi kondisi lapangan diperlukan untuk memperkuat generalisasi temuan penelitian ini.

D. Penutup

Berdasarkan hasil analisis teknis, energi, dan ekonomi yang telah dilakukan pada Sumur JIAT PNI-79 di Desa Manusak, Kabupaten Kupang, dapat disimpulkan bahwa transformasi sumber energi dari mesin diesel ke listrik PLN memberikan peningkatan kinerja yang signifikan pada sistem Jaringan Irigasi Air Tanah (JIAT) di wilayah semi-arid. Secara teknis, debit operasional sebesar 10 l/det dengan rasio layanan sekitar 1 l/det/ha terbukti mampu memenuhi kebutuhan air tanaman padi dan palawija pada lahan kering, terutama ketika didukung oleh sistem perpipaan tertutup yang berperan dalam menekan kehilangan air dan meningkatkan efektivitas distribusi irigasi.

Dari aspek energi dan ekonomi, penggunaan listrik PLN mampu menurunkan biaya operasional pompa hingga sekitar 50% dibandingkan dengan sistem berbasis mesin diesel. Penurunan biaya energi ini berkontribusi terhadap peningkatan keberlanjutan operasional JIAT serta memberikan fleksibilitas bagi petani dalam mengatur jadwal irigasi secara lebih kontinyu dan presisi. Stabilitas pasokan energi listrik juga terbukti berperan penting dalam menjaga kontinuitas distribusi air irigasi, yang selanjutnya berdampak positif terhadap peningkatan produktivitas pertanian dan peluang diversifikasi komoditas bernilai ekonomi lebih tinggi, khususnya hortikultura.

Secara konseptual, hasil penelitian ini menegaskan keterkaitan erat antara sektor air, energi, dan pangan dalam kerangka *Water–Energy–Food* (WEF) Nexus. Efisiensi energi pada sistem pemompaan air tanah terbukti menjadi faktor pengungkit utama yang mendorong efisiensi pemanfaatan air dan peningkatan produksi pangan di wilayah semi-arid. Meskipun penelitian ini masih terbatas pada satu lokasi studi, temuan yang diperoleh memberikan bukti empiris bahwa program elektrifikasi pompa irigasi (*Electrifying Agriculture*) berpotensi menjadi strategi kunci dalam pengelolaan irigasi air tanah yang efisien dan berkelanjutan, khususnya di wilayah Indonesia Timur yang memiliki keterbatasan sumber air permukaan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) terkait atas dukungan data dan informasi teknis selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Perkumpulan Petani Pemakai Air Tanah (P3AT) Desa Manusak atas kerja sama dan keterbukaan dalam penyediaan data lapangan. Apresiasi turut disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan masukan, bantuan, dan dukungan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] S. District and P. Regency, "Studi Potensi Airtanah Untuk Perencanaan Jaringan Irigasi Air Tanah Di Kecamatan Slahung , Kabupaten Ponorogo," vol. 04, no. 01, pp. 845–858, 2024.
- [2] B. District and P. Regency, "Studi Potensi Airtanah Untuk Perencanaan Jaringan Irigasi Air Tanah Di Kecamatan Badegan , Kabupaten Ponorogo," vol. 04, no. 01, pp. 691–705, 2024.
- [3] N. Sultana, M. M. Rizvi, and I. Wadhawan, "Efficiency and Environmental Sustainability : Case Study," pp. 1–37, 2026.
- [4] P. Number, F. P. Report, and A. Centre, "Does increased access to groundwater irrigation through electricity reforms affect agricultural and groundwater outcomes? Evidence from West," 2020.
- [5] M. Buisson, S. Balasubramanya, and D. Stifel, "Electric Pumps , Groundwater , Agriculture and Water Buyers : Evidence from West Bengal Electric Pumps , Groundwater , Agriculture and Water Buyers : Evidence from West Bengal," *J. Dev. Stud.*, vol. 57, no. 11, pp. 1893–1911, 2021, doi: 10.1080/00220388.2021.1906862.
- [6] R. A. Pratama, H. Siswoyo, and J. S. Fidari, "Perencanaan Jaringan Irigasi Air Tanah di Daerah Oncoran Sumur Produksi SDBL 661 Kabupaten Blitar Design of Groundwater Irrigation Network in SDBL 661 Production Well Irrigation Area , Blitar Regency Kecamatan Kanigoro Kabupaten Blitar merupakan wilayah dataran rendah dengan ketinggian," vol. 8, no. 1, pp. 11–21, 2023.
- [7] A. Chandra and N. Brozovi, "Shifting dynamics and environmental implications of the irrigation pump market in India," vol. 51, no. June, pp. 1–6, 2024, doi: 10.3389/fenvs.2024.1398822.