

RENEWABLE ENERGY STUDY THROUGH SOLAR POWER PLANTS FOR HOUSEHOLD WATER DISTRIBUTION SYSTEMS BASED ON STORAGE TANKS

STUDI ENERGI TERBARUKAN MELALUI PLTS UNTUK SISTEM DISTRIBUSI AIR RUMAH TANGGA BERBASIS TONG PENAMPUNG

Wiratno Y Sigin¹, Vontas Alfenny Nahan², Tarita Aprilani Sitinjak³, Revianti Coenraad⁴, Tuah⁵, Dinar Ariangga Windra Gautama⁶, Frans Putra Ganesa⁷, Adhevia Marissa⁸

¹⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾ Dosen Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, FKIP UPR, Universitas Palangka Raya

²⁾ Dosen Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP UPR, Universitas Palangka Raya

⁷⁾⁸⁾ Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, FKIP UPR, Universitas Palangka Raya
Jl. Yos Sudarso I Palangka Raya Kode Pos 73111

Email: wiratno@ptb.upr.ac.id

ABSTRACT

The availability of clean water is a basic need that must be met to ensure people's quality of life. The use of renewable energy, particularly through solar power plants (PLTS), offers an efficient and environmentally friendly solution. PLTS have the advantage of being an abundant energy source, being emission-free, and suitable for household applications in tropical regions like Indonesia, which experience high solar radiation intensity throughout the year (IEA, 2023; Mulyadi & Hartono, 2019). This research addresses the need for a solar-powered booster pump system integrated with a storage tank as a backup water source. The research was conducted in the Building Engineering Education Laboratory, Faculty of Teacher Training and Education, Palangka Raya University, designing a household water distribution system using a solar-powered booster pump integrated with a storage tank. Specific plans and targets include publication of this research in a SINTA-accredited journal, HKI, and a research video.

Keywords: *Storage Tank, Water Distribution*

ABSTRAK

Ketersediaan air bersih menjadi salah satu kebutuhan pokok yang harus dipenuhi untuk menjamin kualitas hidup masyarakat. Pemanfaatan energi terbarukan, khususnya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), menawarkan solusi yang efisien dan ramah lingkungan. PLTS memiliki keunggulan karena sumber energinya yang melimpah, bebas emisi, dan cocok untuk diterapkan pada skala rumah tangga di wilayah tropis seperti Indonesia yang memiliki intensitas penyinaran matahari yang tinggi sepanjang tahun (IEA, 2023; Mulyadi & Hartono, 2019). Penelitian ini hadir untuk menjawab kebutuhan akan sistem pompa pendorong berbasis energi surya yang terintegrasi dengan tong penampung sebagai sumber air cadangan. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UPR dengan merancang sistem distribusi air rumah tangga menggunakan pompa pendorong berbasis PLTS yang terintegrasi dengan tong penampung. Rencana atau target khusus yang ingin dicapai adalah penelitian ini akan dipublikasikan pada Jurnal Terakreditasi SINTA, HKI, serta video penelitian.

Kata Kunci: *PLTS, Tong Penampung, Distribusi Air*

PENDAHULUAN

Ketersediaan air bersih menjadi salah satu kebutuhan pokok yang harus dipenuhi untuk menjamin kualitas hidup masyarakat. Di berbagai wilayah, khususnya di daerah pedesaan atau wilayah terpencil, distribusi air bersih masih menjadi tantangan akibat keterbatasan infrastruktur, akses energi, dan biaya operasional yang tinggi (WHO, 2020). Salah satu solusi praktis yang sering diterapkan di skala rumah tangga adalah penggunaan tong penampung air sebagai wadah penyimpanan. Namun, sistem distribusi air berbasis gravitasi atau manual dari tong penampung sering kali

mengalami keterbatasan, seperti tekanan air yang rendah dan ketergantungan pada aktivitas manual, sehingga tidak efisien untuk penggunaan harian yang konsisten (Putri & Wahyuni, 2021).

Pemanfaatan energi terbarukan, khususnya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), menawarkan solusi yang efisien dan ramah lingkungan. PLTS memiliki keunggulan karena sumber energinya yang melimpah, bebas emisi, dan cocok untuk diterapkan pada skala rumah tangga di wilayah tropis seperti Indonesia yang memiliki intensitas penyinaran matahari yang tinggi sepanjang tahun (IEA, 2023; Mulyadi & Hartono, 2019).

Menurut data Kementerian ESDM (2022), potensi energi surya di Indonesia mencapai lebih dari 200.000 MW, namun pemanfaatannya baru sekitar 0,1% dari total potensi tersebut, menunjukkan masih besarnya peluang pengembangan PLTS di sektor rumah tangga.

Penelitian ini hadir untuk menjawab kebutuhan akan sistem pompa pendorong berbasis energi surya yang terintegrasi dengan tong penampung sebagai sumber air cadangan. Sistem ini tidak hanya mendorong efisiensi distribusi air tetapi juga menjadi langkah nyata dalam mendorong transisi energi hijau di sektor rumah tangga. Dengan pendekatan teknologi tepat guna, sistem ini diharapkan dapat diaplikasikan di banyak rumah tangga, khususnya di wilayah sub urban dan rural yang memiliki potensi paparan sinar matahari tinggi. Selain itu, penggunaan sistem penampung air yang dikombinasikan dengan PLTS menjadi relevan sebagai solusi adaptif terhadap perubahan iklim yang menyebabkan ketidakpastian pasokan air di banyak daerah (Herman & Lestari, 2022). Teknologi ini memungkinkan air yang ditampung saat musim hujan tetap dapat disalurkan secara efektif pada musim kemarau dengan bantuan pompa bertenaga surya, sehingga kontinuitas akses air tetap terjaga (Setiawan et al., 2020). Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem pompa pendorong berbasis PLTS untuk distribusi air dari tong penampung di rumah tangga?
2. Sejauh mana sistem tersebut mampu meningkatkan efisiensi distribusi air dan mengurangi konsumsi energi listrik konvensional?
3. Apa saja tantangan teknis dan non-teknis yang dihadapi dalam implementasi sistem ini di lingkungan rumah tangga?

Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang sistem distribusi air rumah tangga menggunakan pompa pendorong berbasis PLTS yang terintegrasi dengan tong penampung.
2. Menganalisis efisiensi dan efektivitas sistem tersebut dibandingkan sistem distribusi konvensional.
3. Mengidentifikasi hambatan implementasi dan potensi pengembangannya untuk skala rumah tangga yang lebih luas.

Sistem distribusi air rumah tangga berfungsi untuk menyalurkan air bersih dari sumber atau tempat penyimpanan (seperti tangki atau sumur) menuju titik-titik penggunaan seperti kamar mandi, dapur, dan taman. Di Indonesia, umumnya pompa air yang digunakan dalam distribusi air rumah tangga bergantung pada listrik dari jaringan PLN (Zulni & Bandri, 2023). Namun, di daerah dengan infrastruktur listrik yang belum memadai atau untuk mendukung konsep *green living*, pompa air tenaga surya mulai banyak dipilih sebagai alternatif yang efisien (Pijoh, Duta, & Purba, 2024).

Menurut Rumokoy et al. (2020), sistem distribusi air berbasis tong penampung melibatkan penampungan air dalam wadah besar (seperti tandon) yang kemudian dipompa ke titik penggunaan melalui sistem pipa. Penerapan sistem ini memungkinkan penyimpanan air dalam jumlah besar yang dapat didistribusikan sesuai kebutuhan. Putra et al. (2021) menambahkan bahwa dengan integrasi pompa air tenaga surya, operasional distribusi air menjadi lebih hemat energi dan ramah lingkungan karena tidak lagi bergantung penuh pada listrik konvensional. Selain itu, teknologi ini juga dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk daerah-daerah yang mengalami kekurangan pasokan listrik.

Efisiensi dan kinerja PLTS dalam operasional pompa air dipengaruhi oleh beberapa parameter teknis yang saling berkaitan. Saputro, Yandri, & Khwee (2016) menyebutkan bahwa faktor-faktor seperti intensitas penyinaran matahari, suhu lingkungan, kondisi panel surya (kebersihan dan posisi), serta sistem pengendalian daya memainkan peran penting dalam menentukan output listrik yang dihasilkan. Salah satu teknologi penting yang diterapkan untuk meningkatkan efisiensi adalah Maximum Power Point Tracking (MPPT). MPPT bekerja dengan menyesuaikan beban agar panel surya selalu beroperasi pada titik daya maksimum sesuai dengan kondisi penyinaran (Wibowo Aji, 2021).

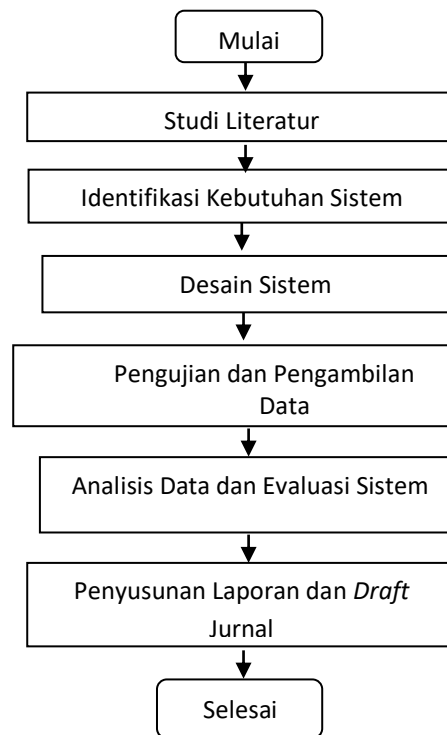
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa terapan (*engineering design research*) dengan metode rancang bangun dan evaluasi kinerja sistem. Fokus utama penelitian adalah merancang sistem distribusi air berbasis pompa listrik tenaga surya (PLTS) yang terintegrasi dengan tong penampung air rumah tangga, serta mengevaluasi kinerjanya dalam konteks efisiensi energi dan efektivitas distribusi air.

Langkah-langkah pemodelan penelitian meliputi:

1. Identifikasi kebutuhan sistem
 - Mengkaji kebutuhan distribusi air rumah tangga berdasarkan volume konsumsi harian.
 - Menentukan spesifikasi kapasitas tong penampung dan debit air yang diperlukan.
2. Desain sistem
 - Merancang sistem PLTS dengan kapasitas panel surya sesuai kebutuhan pompa 100 WP
 - Menentukan jenis pompa DC submersible/surface yang sesuai.
 - Menyusun sistem kontrol daya (Controle dan sensor tekanan air).
 - Instalasi panel surya, pompa, rangkaian kontrol, dan sambungan ke tong penampung.
 - Pengujian sistem untuk memastikan semua komponen bekerja sinergis.
3. Pengujian dan pengambilan data
 - Pengukuran efisiensi energi (rasio output energi ke input matahari).

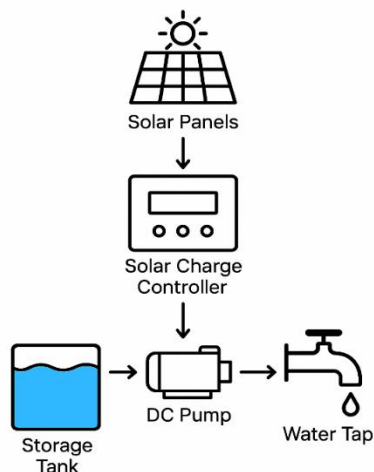
- Pemantauan distribusi air (debit, waktu operasional, keterpenuhan kebutuhan rumah tangga).
 - Pengukuran intensitas radiasi matahari dan suhu lingkungan.
4. Analisis data
- Menggunakan pendekatan kuantitatif-deskriptif untuk menganalisis performa sistem.
- Perbandingan antara sistem PLTS dan sistem distribusi konvensional (jika ada).
5. Evaluasi dan penyempurnaan
- Meninjau kelemahan teknis dan usulan perbaikan desain.
- Bagan alir penelitian dilakukan dengan mengikuti tahapan yang ditunjukkan dengan Gambar 1:



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian

Keberhasilan penelitian ini diukur berdasarkan indikator kinerja sistem dan luaran teknis yang dicapai, yaitu:

Indikator	Target Capaian
Efisiensi sistem PLTS	> 70% konversi daya dari panel ke pompa
Operasional harian sistem pompa	Minimal 5–6 jam/hari pada kondisi matahari optimal
Debit air distribusi	Mencapai kebutuhan minimum rumah tangga: 20–30 liter/jam
Ketahanan sistem	Sistem bekerja stabil selama ≥ 30 hari tanpa gangguan besar
Pengurangan konsumsi listrik PLN	$\geq 80\%$ kebutuhan distribusi air tidak lagi bergantung pada listrik konvensional
Biaya operasional pasca-instalasi	Rendah (hanya biaya perawatan rutin, tanpa tagihan listrik bulanan)
Tingkat replikasi/desain siap diterapkan	Sistem dapat diduplikasi minimal di 3 rumah lain dalam lingkup RT/RW
Kepuasan pengguna rumah tangga (jika diuji lapangan)	$\geq 80\%$ menyatakan sistem bermanfaat dan mudah dioperasikan



Gambar 2. Sistem Desain PLTS Distribusi Air Rumah Tangga Berbasis Tong Penampung

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan membandingkan kinerja sistem distribusi air rumah tangga berbasis pompa pendorong bertenaga PLTS dengan sistem distribusi air berbasis gravitasi tanpa pompa. Untuk itu, rangkaian percobaan disusun dalam beberapa tahap kronologis agar hasil yang diperoleh terukur, konsisten, dan dapat dianalisis secara ilmiah.

1. Persiapan peralatan dan instalasi

Tahap pertama adalah menyiapkan seluruh komponen utama sistem PLTS, antara lain panel surya 12 V, baterai penyimpanan energi 100 Ah, inverter, adaptor, dan pompa DC *brushless* 12 V

berdaya 150 W. Seluruh komponen ini dipasang dalam konfigurasi rangkaian yang saling terhubung, di mana panel surya berfungsi menangkap energi matahari, baterai menyimpan energi, inverter mengatur arus, dan pompa sebagai beban utama. Untuk sistem gravitasi, disiapkan tong penampung berkapasitas 600 liter yang ditempatkan pada ketinggian 1,6 meter dari permukaan tanah. Pipa distribusi dari tong menuju kran dibuat sepanjang 10 meter dengan diameter 12,7 mm (PVC kelas D). Sementara itu, untuk sistem PLTS dengan pompa, panjang pipa efektif mencapai 50 meter dengan spesifikasi diameter yang sama.



Gambar 3. Instalasi alat dan pengujian serta aktifasi semua komponen untuk uji coba

2. Pengujian awal dan kalibrasi alat

Sebelum eksperimen dimulai, dilakukan pengujian awal untuk memastikan setiap instrumen pengukuran berfungsi dengan baik. *Flowmeter* dipasang untuk mengukur debit aliran, *pressure gauge* untuk tekanan, *multimeter* dan *clamp meter* DC untuk tegangan dan arus sistem PLTS, *power*

meter DC untuk daya pompa, serta *sound level meter* (SLM) untuk kebisingan operasi. *Stopwatch* digunakan untuk mencatat waktu pengisian tong, sementara *turbidity meter* digunakan untuk mengukur kualitas air (kekeruhan). Kalibrasi ini penting agar data yang diperoleh akurat dan dapat dibandingkan secara objektif antara kedua sistem.

3. Pelaksanaan percobaan A (sistem PLTS dengan pompa)
Pada percobaan pertama, sistem PLTS diaktifkan. Panel surya menyerap energi matahari yang kemudian disalurkan ke baterai. Setelah daya pada baterai mencukupi, inverter dan adaptor menyalurkan arus listrik ke pompa DC. Pompa kemudian dihidupkan untuk mendorong air dari tong penampung menuju kran melalui jaringan pipa sejauh 50 meter. Selama pompa bekerja, dilakukan pencatatan data secara simultan. Flowmeter menunjukkan debit rata-rata sebesar 34,2 L/menit, pressure gauge mencatat tekanan 1,80 bar, dan power meter DC menunjukkan daya pompa sebesar 150 W dengan konsumsi energi harian 720 Wh (berdasarkan durasi operasi 4 jam/hari). *Stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan untuk mengisi penuh tong 600 liter, hasilnya tercatat 24 menit. Sementara itu, *sound level* meter mencatat kebisingan operasi pompa sebesar 52 dB.
4. Pelaksanaan percobaan B (Sistem Gravitasi Tanpa Pompa)
Setelah Percobaan A selesai, sistem pompa dilepaskan, dan pengujian kedua dilakukan dengan hanya mengandalkan gravitasi dari ketinggian air tong penampung. Air dialirkan melalui pipa PVC sepanjang 10 meter tanpa bantuan pompa. Pada kondisi ini, *flowmeter* menunjukkan debit aliran jauh lebih rendah yaitu 18,3 L/menit, dan pressure gauge hanya mencatat tekanan 0,21 bar. *Stopwatch* digunakan kembali untuk menghitung waktu pengisian tong 600 liter, hasilnya membutuhkan 49 menit. *Sound level* meter mencatat tingkat kebisingan 35 dB, yang lebih rendah dibanding sistem dengan pompa.
5. Dokumentasi kontinuitas aliran dan kondisi lapangan
Untuk mengevaluasi stabilitas aliran dalam jangka waktu lebih panjang, dibuat *log sheet* yang mencatat

kontinuitas aliran air baik siang maupun malam. Hasilnya, sistem PLTS dengan pompa mampu mempertahankan kontinuitas aliran hingga 95% selama pengujian, sedangkan sistem gravitasi hanya mencapai 70%, terutama mengalami penurunan debit saat beban pemakaian meningkat. Selain itu, dicatat pula keandalan sistem saat kondisi mendung, di mana sistem gravitasi tetap 100% berfungsi, sedangkan sistem PLTS sedikit menurun keandalannya menjadi 90% karena bergantung pada kapasitas baterai.

6. Analisis data
Seluruh data hasil pengukuran kemudian direkap dan dibandingkan dalam bentuk tabel. Tabel ini mencakup parameter utama seperti debit rata-rata, tekanan air, tegangan dan arus sistem, daya pompa, waktu pengisian, kontinuitas aliran, kebisingan operasi, biaya operasional, serta keandalan terhadap cuaca. Dari analisis tersebut, terlihat bahwa sistem PLTS dengan pompa secara signifikan lebih unggul dalam hal debit, tekanan, dan efisiensi waktu, meskipun membutuhkan manajemen energi dan menghasilkan kebisingan tambahan.

Dengan urutan eksperimen tersebut, tabel hasil penelitian tersusun secara sistematis, mencerminkan perbedaan nyata antara kedua metode distribusi air. Hal ini memperlihatkan bahwa sistem PLTS layak dikembangkan sebagai solusi distribusi air rumah tangga yang efisien dan ramah lingkungan, dengan catatan optimalisasi kapasitas baterai serta pengelolaan sistem pompa secara berkala. Untuk kesimpulan hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 berikut dengan skema:

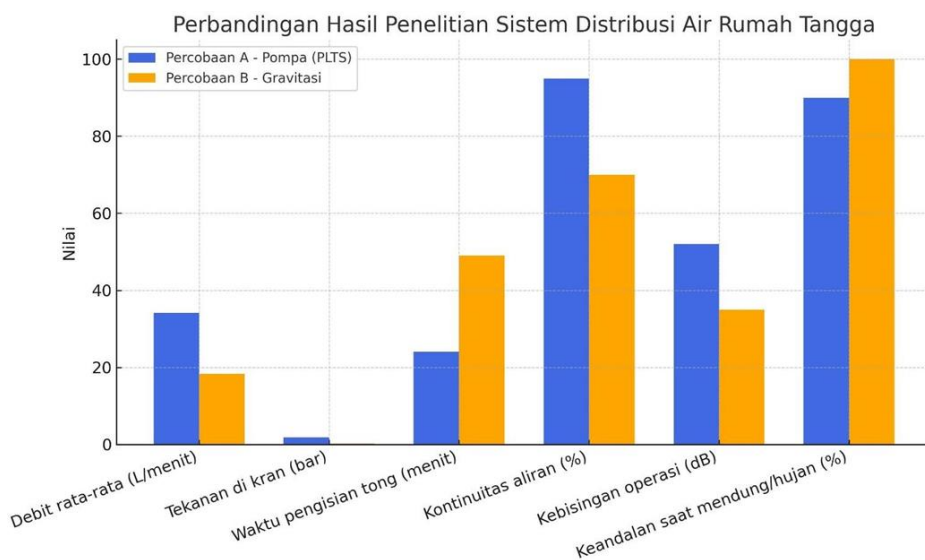
1. Percobaan A: Kran air + pompa pendorong, dayanya berasal dari PLTS (panel surya + baterai/inverter/driver sesuai konfigurasi).
2. Percobaan B: Kran air tanpa pompa tambahan (mengandalkan gravitasi/tekanan statis dari tong penampung dengan tinggi air 2 meter).

Tabel 1. Hasil perbandingan dua percobaan A dan B

Parameter	Percobaan A: Kran + Pompa (PLTS)	Percobaan B: Kran Tanpa Pompa	Satuan	Metode/Alat Ukur	Catatan
Debit rata-rata	34,2	18,3	L/menit	<i>Flowmeter</i>	A lebih stabil
Tekanan di kran	1,80	0,21	bar	<i>Pressure gauge</i>	B kadang menurun
Head total (perkiraan)	2	2	m	Perhitungan	Termasuk rugi pipa
Tegangan sistem PLTS	13,8	-	V	Multimeter	String 12 V
Arus sistem PLTS	8,2	-	A	<i>Clamp meter</i> DC	-
Daya pompa terukur	150	-	W	<i>Power meter</i> DC	Pompa DC brushless

Parameter	Percobaan A: Kran + Pompa (PLTS)	Percobaan B: Kran Tanpa Pompa	Satuan	Metode/Alat Ukur	Catatan
Energi harian untuk pompa	720	-	Wh/hari	Pxt (4 jam/hari)	Battery 12 V 100 Ah
Waktu pengisian tong penampung	24	49	menit	Stopwatch	Volume tong 600 L
Kontinuitas aliran (siang/malam)	95	70	% waktu	Log sheet	B drop saat beban puncak
Kebisingan operasi	52	35	dB	SLM	B hening (tanpa pompa)
Biaya operasional	0	0	Rp/hari	Perhitungan	A: PLTS, B: gravitasi
Keandalan saat mendung/hujan	90	100	% waktu	Catatan	A bergantung SOC battery
Kualitas air (kekeruhan)	1,5	1,5	NTU	Turbidity meter	sama
Diameter pipa utama	12,7	12,7	mm	Spesifikasi	PVC kelas D
Panjang pipa efektif	50	10	m	Pengukuran	
Koefisien kekasaran (Hazen- Williams C)	150	150	-	Asumsi	PVC baru
Elevasi sumber → kran	1,6	1,6	m	Leveling	
Suhu lingkungan	32	32	°C	Termometer	
Catatan khusus (leak, air trap, dsb.)	-	-	-	Inspeksi	Tidak ditemukan

Sumber: hasil perhitungan (2025)



Gambar 4. Grafik perbandingan Distribusi Air Rumah Tangga

1. Debit (L/menit)
 - A diharapkan menghasilkan debit lebih besar dan relatif stabil karena adanya dorongan pompa.
 - B bergantung pada beda elevasi dan rugi-rugi pipa; debit cenderung lebih kecil dan fluktuatif saat ketinggian air di tong turun.
2. Tekanan di kran (bar)
 - A: Tekanan lebih tinggi 1,80 Bar sehingga nyaman untuk kran/shower.
 - B: Tekanan rendah (umumnya 0,21 Bar berpengaruh pada kenyamanan dan waktu pengisian ember/wadah).
3. Waktu pengisian tong & kontinuitas aliran
 - A: Pengisian lebih cepat dan kontinuitas di jam sibuk lebih terjaga, asal energi PLTS (panel + baterai) memadai.
 - B: Waktu pengisian lebih lama; saat pemakaian serentak, aliran mudah drop.
4. Stabilitas tekanan (koefisien variasi/CV)
 - A biasanya memiliki CV lebih kecil (tekanan cenderung konstan).
 - B tekanan turun seiring ketinggian air menurun, CV lebih besar.
5. Energi & biaya operasional
 - A menggunakan energi PLTS. Biaya listrik harian bisa ~Rp0, namun tergantung investasi awal dan perawatan baterai/pompa.
 - B tidak memakai listrik (seandainya benar-benar gravitasi), biaya operasional rendah, tetapi kinerja terbatas.
6. Keandalan kondisi cuaca
 - A sensitif ke cuaca mendung/hujan bila ukuran panel/baterai minim; perlu manajemen SOC baterai.
 - B relatif konsisten selama tinggi muka air cukup dan tidak ada gangguan hidraulik.
7. Kualitas air & faktor non-teknis
 - Kualitas (mis. kekeruhan/NTU) biasanya serupa untuk A dan B.
 - Kebisingan: A menambah kebisingan (pompa), B hampir senyap.

Berdasarkan Gambar 1 di atas maka didapatkan:

1. Kinerja hidraulik lebih baik pada Percobaan A
Data debit & tekanan menunjukkan peningkatan nyata pada A. Ini mengindikasikan pompa pendorong mampu mengatasi rugi-rugi pipa dan kendala elevasi, sehingga aliran di kran lebih deras dan stabil.
2. *Trade-off* energi & keandalan
Walau A tidak menambah biaya listrik PLN (karena PLTS), keandalan sangat dipengaruhi kapasitas baterai dan intensitas matahari. Pada hari mendung berturut-turut, kontinuitas A bisa turun jika cadangan energi tidak cukup. B tetap mengalir selama tinggi muka air memadai, namun dengan performa minimum.
3. Dampak kenyamanan & layanan

Tekanan yang lebih tinggi pada A meningkatkan kenyamanan penggunaan kran/shower dan mempercepat pekerjaan rumah tangga (cuci, mandi, irigasi halaman). B memadai untuk aliran dasar, tetapi kurang untuk kebutuhan debit puncak.

4. Aspek kebisingan & perawatan
A menambah kebisingan dan memerlukan inspeksi berkala (filter, impeller, kelistrikan PLTS, kesehatan baterai). B hampir tanpa perawatan mekanik, namun tetap perlu inspeksi kebocoran pipa/udara terjebak.
5. Implikasi biaya siklus hidup
Investasi awal A lebih tinggi (panel, baterai, pompa, kontrol), tapi biaya operasional rendah. B hampir tanpa biaya, namun performa terbatas dapat "berbiaya" secara tidak langsung (waktu lebih lama, keterbatasan penggunaan).

Untuk memperoleh hasil yang maksimal maka diperlukan:

- a. Sizing PLTS & baterai selaras dengan profil operasi pompa (jam operasi harian, head, debit target).
- b. Kontrol pompa: gunakan *pressure switch/variable speed* (jika ada) + *pressure tank* untuk menekan "short cycling" dan menstabilkan tekanan.
- c. Manajemen hidraulik: minimalkan rugi-rugi (pipa mulus, diameter cukup, minim belokan), pasang air release valve di puncak jalur untuk mencegah air trap.
- d. Monitoring: log sederhana (debit, tekanan, SOC baterai, durasi operasi) agar mudah evaluasi performa musiman.

KESIMPULAN

1. Sistem distribusi air rumah tangga berbasis pompa pendorong tenaga surya (PLTS) memberikan kinerja yang jauh lebih baik dibandingkan sistem gravitasi murni. Hasil pengujian memperlihatkan debit aliran meningkat dari 18,3 L/menit (gravitasi) menjadi 34,2 L/menit (PLTS + pompa), dengan tekanan air naik signifikan dari 0,21 bar menjadi 1,80 bar, serta waktu pengisian tong 600 liter berkurang hampir setengahnya (49 menit → 24 menit). Sistem PLTS juga mampu menjaga kontinuitas aliran hingga 95%, meskipun dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan kapasitas baterai.
2. Integrasi PLTS dengan pompa pendorong merupakan solusi energi terbarukan yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan untuk kebutuhan distribusi air rumah tangga.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M., & Martin, D. (2022). Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 6(1), 43–52.
- Neliti
- Herman, T., & Lestari, N. (2022). Renewable Energy Solutions for Rural Water Supply: A Case Study in Indonesia. *Renewable Energy Journal*, 45(3), 123-135.

- International Energy Agency (IEA). (2023). *Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028*. Paris: IEA.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2022). *Potensi dan Realisasi Energi Surya di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal EBTKE.
- Kumara, N. S. (2010). *Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Urban dan Ketersediaannya di Indonesia*. Universitas Udayana. Research Gate
- Mulyadi, H., & Hartono, S. (2019). Solar Energy Utilization for Water Pumping in Rural Areas: Opportunities and Challenges. *Journal of Clean Energy Technology*, 7(2), 81-85.
- Patrisia Y, Coenraad R (2014). *Mathematic Modelling of Concrete Pump Productivity on the Concrete Work of Construction Project in Palangka Raya*. BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, 2 (2), 12-22.
- Patrisia Y, Coenraad R (2016). *Modeling Materials Price For Building Material In Palangka Raya*. BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan. 4 (2):11-20
- Patrisia Y, Law DW, Gunasekara C, & Wardhono A (2022). Fly ash geopolymer concrete durability to sulphate, acid and peat attack. *MATEC Web Conf.* 364 02003. DOI: 10.1051/mateconf/202236402003.
- Patrisia Y, Coenraad R (2017). *Pls Model for the Price Approach of Concrete Sand Material*. BALANGA: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan. 5(1): 36-40.
- Patrisia, Y., Gunasekara, C., Setunge, S., Mendis, P., & Nanayakkara, O. (2025). Multi-perspective evaluation of waste-derived cellulose fiber concrete: engineering performance, microstructure and sustainability. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 1-24. <https://doi.org/10.1080/23789689.2025.2561203>
- Patrisia Y, Coenraad R, Inderawan NA, & Elidad E (2020) *Mechanical properties of fly ash-based geopolymer concrete using variation in maximum size of coarse aggregate*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1469(1): 012025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1469/1/012025>.
- Patrisia, Y., Gunasekara, C., Law, D.W., Loh, T., Nguyen, K., Setunge, S., & So, T.S. (2025) *Advanced manufacturing of waste-integrated concrete roof tiles: Scaling up to TRL 6*. *Sustainable Materials and Technologies*, 45: e01461. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2025.e01461>.
- Patrisia, Y., Gunasekara, C., Law, D.W., Setunge, S., & Kaminsky, B. (2025b) *Engineering and thermo-acoustic insulation performance of recycled waste concrete composites*. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*: 1-19. <https://doi.org/10.1080/21650373.2025.2533996>.
- Peiris, D., Patrisia, Y., Gunasekara, C., Law, D. W., Tam, V. W. Y., & Setunge, S. (2025). Environmental impact of recycled aggregate treatment methods using life-cycle assessment and cost analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s11367-025-02565-1>
- Peiris, D., Gunasekara, C., Law, D.W., Patrisia, Y., Tam, V.W.Y., & Setunge, S. (2025) *Impact of treatment methods on recycled concrete aggregate performance: a comprehensive review*. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-36497-y>.
- Pijoh, F., Duta, P. K. B., & Purba, L. P. (2021). *Buku Ajar Pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Institut Teknologi PLN. Aritekin
- Pijoh, F., Duta, P. K. B., & Purba, L. P. (2024). *Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Energi Ramah Lingkungan yang Berkelanjutan*. *Industrial & System Engineering Journal*, 2(2), 201–207. Aritekin
- Putra, R., Suryadi, B., & Wijaya, A. (2021). Analisis Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya dalam Pemanfaatan Energi Terbarukan. *Jurnal Energi Terbarukan*, 12(2), 45–56. Aritekin
- Putri, F., & Wahyuni, S. (2021). Sistem Penampungan dan Distribusi Air Skala Rumah Tangga: Studi Efisiensi Teknis. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 18(1), 44-52.
- Rumokoy, S. N., Simanjuntak, C. H., Atmaja, I. G. P., & Mappadang, J. L. (2020). Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga Berbasis PV Roof Top Installation. *Jurnal Ilmiah Setrum*, 9(1), 68–74. Aritekin
- Saputro, S. E. D., Yandri, & Khwee, I. K. (2016). Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbantuan Program System Sizing Estimator. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 4(1), 23–30. Aritekin
- Setiawan, H., Kurniawan, D., & Syahputra, F. (2020). Kombinasi Rainwater Harvesting dan PLTS untuk Ketahanan Air Bersih di Pedesaan. *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(2), 143-151. Zhang, P., Liu, R., & Gao, F. (2020). Modeling of Air-Assisted Water Delivery in Pressurized Storage Tanks. *Advances in Mechanical Engineering*, 12(10), 1-11.
- World Health Organization (WHO). (2020). *Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2000–2020: Five Years into the SDGs*. Geneva: WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme.
- Wibowo Aji, I. C. (2021). Rancang Bangun Sistem Pompa Air Tenaga Surya Skala Rumah Tangga menggunakan Maximum Power Point Tracking (MPPT) dengan Metode Algoritma Perturb and Observe untuk Memaksimalkan Daya. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(3), 629–638. Ejournal Unesa
- Zulni, M. F., & Bandri, K. (2023). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid Daya 900 VA Menggunakan HOMER Aplikasi Rumah Tangga. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy*, 3(1), 29–35.