Cashless
Journal of Sharia Finance and Banking

Cashless : Journal of Sharia Finance and Banking| Page : 15-26
Vol. 04 No. 02 Oktober 2026 | e-ISSN/p-ISSN : 2988-1390/ 2988-1382
https://ejournal.unupasuruan.ac.id/index.php/cashless
DOI : https://doi.org/10.55757/cashless.v4i2.1569

SOLAR-WAVE: Pembiayaan Konversi *Hybrid Photovoltaic* Kapal Nelayan Juwana Berbasis *Cash Waqf Linked Sukuk*

Fika Olivia

Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Email : fikaolivia@students.unnes.ac.id

Korespondensi: fikaolivia@students.unnes.ac.id

Submit : **25/08/2026** | Revision : **05/09/2026** | Accept : **20/09/2026** | Publish : **05/10/2026**

Abstrak

Lonjakan harga solar industri hingga Rp25.000–Rp30.000 per liter akibat gejolak geopolitik 2026 menjadi beban berat bagi nelayan kapal non-subsidi (>30 GT) di Juwana, Pati. Penelitian ini bertujuan merumuskan dan menguji kelayakan SOLAR-WAVE, skema pembiayaan berbasis Cash Waqf Linked Sukuk (CWLS) untuk konversi mesin bantu kapal menjadi sistem hybrid photovoltaic (PLTS). Metode yang digunakan meliputi kalkulasi adaptasi skala teknis, analisis tekno-ekonomi (NPV, IRR, dan payback period) pada tiga skenario harga solar, uji kepatuhan syariah terhadap UU No. 41/2004, PP No. 42/2006, dan Fatwa DSN-MUI No. 131/2019, serta analisis SWOT, SMART, dan risiko. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skema zero capital yang mengintegrasikan akad wakaf, wakalah, dan ijarah layak diterapkan: pada skenario pesimistis (Rp15.000/liter) konversi PLTS menghasilkan NPV Rp424,16 juta per kapal, IRR di atas 175%, dan payback period 6,8 bulan. Temuan ini mengimplikasikan bahwa CWLS dapat diperluas dari infrastruktur sosial menuju aset produktif bergerak di sektor energi maritim tanpa fatwa maupun regulasi baru. Kebaruan penelitian terletak pada rancangan pertama CWLS untuk transisi energi kapal nelayan yang dilengkapi analisis kelayakan teknis, finansial, syariah, dan strategis secara terpadu.

Kata Kunci **:** *Cash Waqf Linked Sukuk; Kapal Nelayan; PLTS Hybrid; SOLAR-WAVE; Transisi Energi Maritim*

Abstract

The surge in industrial diesel prices to IDR 25,000–30,000 per litre following the 2026 geopolitical turmoil has placed a heavy burden on non-subsidised fishing vessels (>30 GT) in Juwana, Pati. This study aims to formulate and assess the feasibility of SOLAR-WAVE, a Cash Waqf Linked Sukuk (CWLS)-based financing scheme for converting vessels' auxiliary engines into hybrid photovoltaic (PV) systems. The methods comprise technical scale-adaptation calculations, techno-economic analysis (NPV, IRR, and payback period) under three diesel price scenarios, a Sharia compliance test against Law No. 41/2004, Government Regulation No. 42/2006, and DSN-MUI Fatwa No. 131/2019, as well as SWOT, SMART, and risk analyses. The simulation shows that the zero-capital scheme integrating waqf, wakalah, and ijarah contracts is feasible: under the pessimistic scenario (IDR 15,000/litre), PV conversion yields an NPV of IDR 424.16 million per vessel, an IRR above 175%, and a payback period of 6.8 months. These findings imply that CWLS can be extended from social infrastructure to mobile productive assets in the maritime energy sector without new fatwas or regulations. The novelty lies in the first CWLS design for fishing-vessel energy transition, supported by an integrated technical, financial, Sharia, and strategic feasibility analysis.

Copyright © 2026 The Author(s) | Published by: Universitas Nahdlatul Ulama Pasuruan

Keywords **:** *Cash Waqf Linked Sukuk; Fishing Vessels; Hybrid Photovoltaic; Maritime Energy Transition; SOLAR-WAVE*

Pendahuluan

Konflik militer AS-Israel melawan Iran sejak 28 Februari 2026 telah mengubah konstelasi energi global secara fundamental. Iran merespons serangan udara koalisi dengan menutup Selat Hormuz pada awal Maret 2026, jalur yang selama ini mengalirkan sekitar 20% pasokan minyak dunia (Mistar.id, 2026). Harga minyak mentah Brent melonjak dari USD 80 menembus USD 119 per barel dalam dua bulan, tertinggi sejak 2022 (Suara.com, 2026), sementara JPMorgan Chase mencatat gangguan pasokan global mencapai 13,7 juta barel per hari atau sekitar 14–15% dari total permintaan dunia (Mistar.id, 2026).

Indonesia berada pada posisi yang rentan. Kebutuhan minyak nasional mencapai 1,6 juta barel per hari, sedangkan produksi domestik hanya sekitar 600 ribu barel per hari (CEIC Data, 2025); *lifting* 2025 tercatat 605,3 ribu barel per hari dibandingkan konsumsi 1,69 juta barel per hari (CEIC Data, 2025), sebuah kesenjangan pasokan yang telah berlangsung sejak 2004 (Reforminer Institute, 2025). Cadangan energi nasional hanya setara 21–25 hari impor, jauh di bawah standar *International Energy Agency* sebesar 90 hari, dan APBN berpotensi menanggung tambahan subsidi energi Rp15–25 triliun apabila harga minyak bertahan di kisaran USD 100–126 per barel (Mistar.id, 2026).

Tekanan fiskal tersebut berdampak langsung pada nelayan. Peraturan Presiden Nomor 191 Tahun 2014 sebagaimana diubah terakhir dengan Perpres Nomor 117 Tahun 2021 menetapkan bahwa kapal di atas 30 *Gross Tonnage* (GT) tidak berhak atas solar subsidi dan wajib menggunakan solar industri yang harganya mengikuti pasar internasional (Inisiatif.org, 2023; Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, 2026). Kebijakan yang dipicu maraknya pemalsuan data ukuran kapal ini (Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur, n.d.) justru menempatkan nelayan skala menengah pada posisi tanpa proteksi harga. Pada 8 Mei 2026, Himpunan Nelayan Seluruh Indonesia (HNSI) Jawa Tengah melaporkan bahwa sekitar 1.600 kapal nelayan >30 GT di Juwana, Kabupaten Pati, terpaksa tambat labuh akibat lonjakan harga solar industri dari Rp13.000–Rp15.000 menjadi Rp25.000–Rp30.000 per liter (DetikNews, 2026; Kompaspedia, 2026).

Pemerintah merespons melalui Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) yang pada 17 Juli 2026 menetapkan penyaluran solar khusus seharga Rp15.000 per liter bagi kapal perikanan 30–200 GT, dengan kebutuhan sekitar 399 juta liter untuk 6.712 kapal (Antaranews Sultra, 2026; Kompas.com, 2026). Skema yang dibiayai Badan Pengelola Dana Perkebunan (BPDP) ini menutup selisih sekitar Rp3.600 per liter dari harga produksi solar domestik Rp18.600 per liter (DetikNews, 2026), tetapi hanya berlaku hingga 31 Desember 2026. Sifat sementara inilah persoalan strukturalnya: subsidi tidak menghilangkan ketergantungan nelayan pada bahan bakar fosil, melainkan hanya menunda dampaknya.

Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi energi surya rata-rata 4,8 kWh/m² per hari yang stabil sepanjang tahun (Nugraha, 2020), sementara ketergantungan sektor perikanan terhadap bahan

bakar fosil mencapai 95,4% (Irvana & Manullang, 2023). Integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada kapal memungkinkan intensitas radiasi 0,6–0,7 kW/m² dikonversi menjadi listrik untuk menggantikan mesin bantu diesel. Irvana dan Manullang (2023) membuktikan secara eksperimental bahwa 14 panel *monocrystalline* 250 Wp pada kapal 20 GT mampu memasok beban harian 6,46 kWh dengan emisi operasional nol, dibandingkan mesin bantu diesel yang menghasilkan emisi hingga 155,007 ton per tahun. Rismi dkk. (2022) menerapkan PLTS skala kecil untuk penerangan kapal nelayan, sedangkan Nugraha (2020) memetakan potensi radiasi surya sebagai landasan PLTS maritim. Namun, ketiga studi tersebut berhenti pada aspek teknis; hambatan utama berupa biaya investasi awal sekitar Rp65.100.000 per kapal 20 GT (Irvana & Manullang, 2023) belum dijawab dengan skema pembiayaan yang tidak membebani nelayan.

Keuangan sosial syariah menawarkan jalan keluar. Potensi wakaf uang nasional diperkirakan mencapai Rp180 triliun per tahun, sementara realisasinya baru sekitar Rp2,9 triliun atau kurang dari 2% dari potensi (Badan Wakaf Indonesia, 2024; Kementerian Agama Republik Indonesia, 2024). *Cash Waqf Linked Sukuk* (CWLS) adalah skema penempatan wakaf uang yang dihimpun nazhir melalui Lembaga Keuangan Syariah Penerima Wakaf Uang (LKS-PWU) ke dalam Surat Berharga Syariah Negara (SBSN); imbal hasilnya disalurkan untuk program sosial, sedangkan dana pokok ditempatkan pada SBSN sehingga keutuhannya terjaga (Kemenkeu, 2023; Yunita, 2021). Dasar hukumnya mencakup UU No. 41 Tahun 2004 tentang Wakaf, PP No. 42 Tahun 2006, dan PMA No. 1 Tahun 2022, dengan Bank Indonesia sebagai fasilitator, Badan Wakaf Indonesia (BWI) sebagai nazhir utama, Kementerian Keuangan sebagai penerbit SBSN, serta 50 LKS-PWU sebagai kanal penghimpunan (Otoritas Jasa Keuangan, 2024).

Sejak 2020, enam seri CWLS telah diterbitkan dengan tren penghimpunan yang meningkat, dari seri institusional SW001 senilai Rp50,8 miliar untuk RS Mata Achmad Wardi di Serang hingga seri ritel SWR006 senilai Rp306,28 miliar dari 799 wakif dengan kupon *floating with floor* 5,70% (Badan Wakaf Indonesia, 2020; Kementerian Keuangan Republik Indonesia, 2025). Yunita (2021) menunjukkan fleksibilitas CWLS untuk diperluas ke ketahanan pangan, dan Yumna dkk. (2024) mengonfirmasi dampak positif program berbasis kupon CWLS terhadap kesejahteraan penerima manfaat di bidang kesehatan dan pendidikan. Akan tetapi, seluruh seri CWLS mengarahkan *underlying asset* dan *mauquf 'alaih*-nya pada infrastruktur sosial berupa aset tetap tidak bergerak. Sejauh penelusuran literatur, belum ditemukan rancangan CWLS yang diarahkan untuk pembiayaan transisi energi, terlebih di sektor kelautan yang memiliki urgensi tinggi.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini merancang SOLAR-WAVE, instrumen investasi berkelanjutan syariah yang mengalirkan dana wakaf masyarakat menjadi panel surya di atas kapal nelayan Juwana melalui adaptasi mekanisme CWLS. Modifikasi bersifat minimal: tujuan penyaluran kupon diubah dari infrastruktur sosial menjadi unit konversi *hybrid photovoltaic*, sementara akad wakaf, wakalah, dan ijarah diintegrasikan secara berurutan berdasarkan UU No. 41 Tahun 2004 dan Fatwa DSN-MUI No. 131 Tahun 2019 (Wahyudi & Nafisah, 2025). Nelayan dapat mengadopsi teknologi tanpa modal awal karena ujrah ijarah dibayarkan dari penghematan bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk (1) merancang mekanisme adaptasi CWLS sebagai instrumen

pembiayaan transisi energi kapal nelayan; (2) menganalisis kelayakan teknis melalui adaptasi skala sistem PLTS untuk kapal >30 GT serta kelayakan finansial melalui NPV, IRR, dan *payback period* multi-skenario; dan (3) mengevaluasi kelayakan strategis melalui analisis SWOT, SMART, serta risiko dan mitigasi. Secara lebih luas, SOLAR-WAVE diharapkan berkontribusi pada SDGs 7, 13, 14, dan 17 (United Nations, n.d.) serta target *Net-Zero Emission* Indonesia 2060.

Bahan dan Metode

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain studi kelayakan (*feasibility study*) berbasis perancangan dan simulasi. Penelitian disusun melalui delapan tahapan berurutan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1: (1) identifikasi masalah krisis harga solar industri dan kesenjangan pemanfaatan CWLS; (2) studi literatur terkait teknologi *hybrid photovoltaic*, mekanisme CWLS, dan fikih akad; (3) perancangan mekanisme integrasi akad wakaf, wakalah, dan ijarah ke dalam struktur CWLS; (4) kalkulasi adaptasi skala teknis untuk kapal 30 GT dan 50 GT berdasarkan *benchmark* kapal 20 GT; (5) simulasi finansial multi-skenario; (6) uji kepatuhan syariah; (7) analisis kelayakan strategis melalui SWOT, SMART, serta risiko dan mitigasi; dan (8) penarikan kesimpulan.



Gambar 1. *Alur Penelitian*
(Sumber: Elaborasi penulis, 2026)

2.2 Gambaran Umum Sistem

SOLAR-WAVE dibangun atas dua subsistem yang terintegrasi melalui akad ijarah. Subsistem teknis berupa instalasi PLTS *hybrid photovoltaic* di atas kapal yang menggantikan peran mesin bantu diesel dalam memenuhi kebutuhan kelistrikan operasional. Subsistem finansial berupa aliran dana wakaf masyarakat yang dihimpun melalui CWLS dan kuponnya disalurkan untuk membiayai pengadaan serta instalasi unit PLTS. Penghematan bahan bakar yang dihasilkan subsistem teknis menjadi sumber pembayaran ujrah yang kembali ke subsistem finansial, sehingga manfaat kemandirian energi bagi nelayan dan manfaat imbal hasil halal serta pahala jariyah bagi wakif tumbuh dari satu mekanisme yang sama.

2.3 Asumsi dan Parameter Analisis

Parameter teknis. Spesifikasi sistem PLTS pada kapal *benchmark* 20 GT mengacu pada hasil eksperimental Irvana dan Manullang (2023), yaitu 14 panel surya 250 Wp, bank baterai 200

Ah, dan beban harian 6,46 kWh, dengan umur pakai sistem 20 tahun. Adaptasi skala dilakukan untuk kapal 30 GT dan 50 GT.

Parameter finansial. Biaya konversi kapal 20 GT ditetapkan Rp65.100.000 (Irvana & Manullang, 2023) dan di-*scale-up* untuk kelas GT yang lebih besar. Harga solar industri diproyeksikan dalam tiga skenario, yaitu S1 Rp15.000/liter (harga solar khusus KKP), S2 Rp18.600/liter (harga produksi domestik), dan S3 Rp30.000/liter (krisis berlanjut). Konsumsi solar diasumsikan 80 liter per trip dengan 8 trip per bulan (640 liter per bulan). Tingkat diskonto ditetapkan 5,70% sesuai kupon CWLS seri SWR006 sebagai pendekatan *opportunity cost*, sedangkan ujrah ijarah ditetapkan 30% dari nilai penghematan BBM dengan mempertimbangkan daya beli nelayan.

Parameter syariah. Tolok ukur kepatuhan syariah mengacu pada UU No. 41 Tahun 2004 tentang Wakaf, PP No. 42 Tahun 2006, dan Fatwa DSN-MUI No. 131 Tahun 2019.

2.4 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang dihimpun dari jurnal ilmiah terindeks, laporan resmi BWI, Bank Indonesia, Kementerian Keuangan, dan OJK, dokumen regulasi, serta pemberitaan media massa kredibel periode 2022–2026. Data teknis *benchmark* diambil dari riset eksperimental Irvana dan Manullang (2023) sebagai input kalkulasi adaptasi skala.

2.5 Analisis Data

Analisis teknis. Kebutuhan komponen PLTS untuk kapal di atas 30 GT dihitung dengan formula non-linear berbasis parameter *benchmark*, menghasilkan perbandingan jumlah panel, kapasitas baterai, beban harian, dan estimasi biaya antarkelas GT.

Analisis tekno-ekonomi. Analisis tekno-ekonomi menjadi dasar pengambilan keputusan dalam memilih alternatif terbaik berdasarkan pertimbangan teknis dan ekonomi (Sommer, 2020). Kelayakan diukur melalui *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Payback Period* (PBP) (Wardani & Wulandari, 2019). NPV dihitung sebagai selisih nilai sekarang arus kas masuk dan keluar selama umur proyek; proyek layak bila NPV positif. IRR adalah tingkat diskonto yang membuat NPV sama dengan nol; proyek layak bila IRR melebihi tingkat diskonto acuan. PBP menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi awal dari arus kas bersih.

$$NPV = \Sigma_{t=1}^{n} CF_t / (1 + r)^t - I_0$$

dengan CF_t adalah arus kas pada tahun ke-t, r adalah tingkat diskonto, n adalah horizon proyeksi (5 tahun), dan I_0 adalah investasi awal.

Analisis kepatuhan syariah. Setiap elemen mekanisme dicocokkan dengan rukun dan syarat akad wakaf, wakalah, dan ijarah dalam bentuk *checklist* kepatuhan per parameter.

Analisis kelayakan strategis. Analisis SWOT digunakan untuk memetakan faktor internal dan eksternal serta merumuskan strategi SO, WO, ST, dan WT (Fatimah, 2016). Kerangka SMART (*Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound*) menerjemahkan rancangan menjadi target implementasi lima tahun. Analisis risiko menilai setiap risiko berdasarkan probabilitas dan

dampaknya, lalu merumuskan strategi mitigasi berupa penghindaran, pengurangan, pemindahan, atau penerimaan risiko.

Hasil

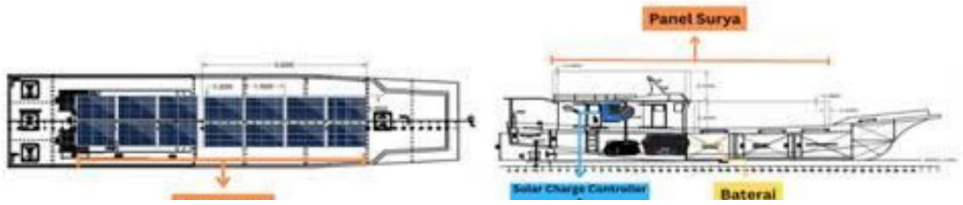
3.1 Komponen Sistem *Hybrid Photovoltaic*

Sistem *hybrid photovoltaic* SOLAR-WAVE terdiri atas empat komponen utama yang bekerja secara terintegrasi (Gambar 2). Pertama, panel surya *monocrystalline* yang dirangkai paralel; pada *benchmark* kapal 20 GT, 14 panel 250 Wp menghasilkan daya puncak 3.500 Wp (Irvana & Manullang, 2023). Panel ditempatkan di atap ruang kemudi (*wheelhouse top*) dan struktur kanopi dek agar penyerapan radiasi maksimal tanpa mengganggu ruang gerak penangkapan ikan (Gambar 3). Kedua, *Solar Charge Controller* tipe *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) yang dipasang di ruang kemudi untuk meregulasi tegangan dan arus, mencegah *overcharging*, serta melindungi sistem dari arus balik pada malam hari (Irvana & Manullang, 2023; Rismi et al., 2022).

Ketiga, bank baterai gel *deep-cycle* 12 Volt yang tahan getaran maritim, ditempatkan di kompartemen kering berventilasi di bawah dek agar *center of gravity* kapal tetap stabil (Rismi et al., 2022). Keempat, inverter 3.000 Watt yang mengonversi arus DC menjadi AC 220 V untuk menyuplai perangkat elektronik kapal. Pada *benchmark* kapal 20 GT, rangkaian ini menutup beban harian 6,46 kWh yang terdiri atas perangkat navigasi dan komunikasi (4,12 kWh), penerangan (1,24 kWh), serta peralatan bantu penangkapan ikan (1,1 kWh) (Irvana & Manullang, 2023). Penggantian lampu CFL menjadi LED yang menyertai konversi mampu memangkas beban hingga 5 kW.



Gambar 2. *Skema Rangkaian PLTS pada Kapal Nelayan*
(Sumber: Dokumentasi penulis, 2026)

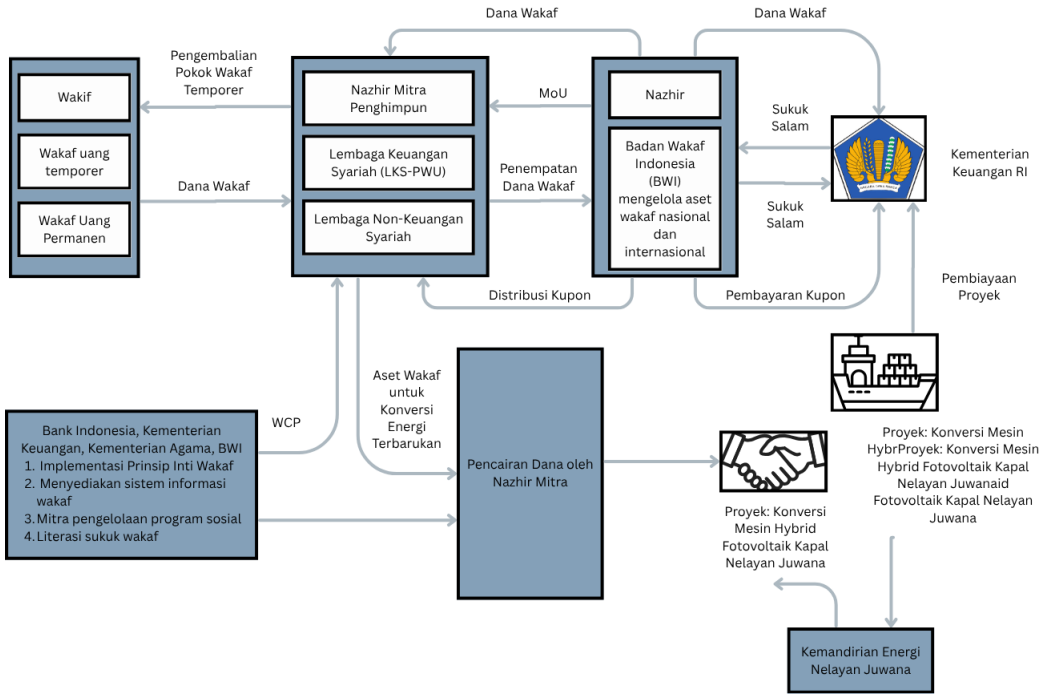


Gambar 3. *Model Pemasangan PLTS pada Kapal*
(Sumber: Irvana & Manullang, 2023, dimodifikasi)

Dibandingkan mesin bantu diesel, sistem ini unggul pada lima aspek: tanpa emisi langsung saat beroperasi, biaya energi marginal mendekati nol setelah instalasi dan tidak terpengaruh harga BBM, tidak bergantung pada impor energi fosil, umur pakai hingga 20 tahun dengan perawatan minimal, serta beroperasi senyap. Keunggulan yang paling signifikan secara ekonomi adalah eliminasi biaya BBM harian untuk kelistrikan kapal, yang selama ini menjadi beban struktural terbesar kapal di atas 30 GT.

3.2 Mekanisme Kerja SOLAR-WAVE

Subsistem finansial SOLAR-WAVE dirancang bekerja melalui lima tahap (Gambar 4). Pertama, wakif menyerahkan dana melalui LKS-PWU dan menerima Sertifikat Wakaf Uang sebagai bukti ikrar wakaf. Kedua, BWI sebagai nazhir menempatkan dana pada CWLS yang diterbitkan Kementerian Keuangan dalam bentuk SBSN. Ketiga, kupon periodik SBSN dicairkan kepada KSPPS mitra di Juwana yang bekerja sama dengan BWI berdasarkan akad wakalah. Keempat, KSPPS mitra menggunakan dana tersebut untuk pengadaan dan instalasi unit *photovoltaic* pada kapal terpilih. Kelima, nelayan menyewa manfaat unit melalui akad ijarah dengan ujrah sebesar 30% dari penghematan BBM, sedangkan 70% sisanya menjadi tambahan pendapatan bersih nelayan.



Gambar 4. *Diagram Alur Mekanisme SOLAR-WAVE*
(Sumber: Elaborasi penulis, 2026)

Keamanan dana pokok bersumber dari struktur ijarah yang mendasari SBSN: pemerintah menjadikan Barang Milik Negara (BMN) sebagai *underlying asset* dan menyewakan manfaatnya kepada investor, sehingga dana wakif wajib dikembalikan penuh saat jatuh tempo, sementara kupon yang diterima merupakan ujrah dengan besaran tetap (Kementerian Keuangan Republik Indonesia, 2025) Oleh karena itu, yang diadaptasi SOLAR-WAVE hanyalah tujuan penyaluran kupon; struktur ijarah SBSN di hulu tidak berubah. Akad wakalah dan ijarah tambahan di hilir (BWI–KSPPS–nelayan) diperlukan agar kupon dapat diwujudkan menjadi unit energi fisik di kapal. Urutan wakaf, wakalah, lalu ijarah mencerminkan aliran dana yang logis, yakni dana dihimpun, dikelola oleh pihak yang diberi kuasa, kemudian manfaat asetnya disewakan, sehingga setiap tahap memiliki akad yang sah dan terhindar dari percampuran akad yang berpotensi gharar.

3.3 Hasil Adaptasi Skala Teknis

Target SOLAR-WAVE adalah kapal di atas 30 GT yang tidak memperoleh solar subsidi, sedangkan *benchmark* eksperimental tersedia untuk kapal 20 GT. Adaptasi skala ke kelas 30 GT dan 50 GT dilakukan dengan formula non-linear berikut, menggunakan eksponen k = 0,7 sebagai asumsi penulis yang merefleksikan bahwa sebagian beban, seperti navigasi dasar, bersifat tetap terlepas dari ukuran kapal:

$$\text{Beban}(GT_x) = 6{,}46 \times (GT_x / 20)^{0,7}$$

$$N_{panel}(GT_x) = 14 \times (GT_x / 20)^{0,7}, \text{ dibulatkan ke atas}$$

Estimasi biaya konversi dihitung secara proporsional dari *benchmark* Rp65.100.000 untuk kapal 20 GT. Hasil kalkulasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Estimasi Adaptasi Skala Teknis

Parameter	20 GT	30 GT	50 GT
Beban harian (kWh)	6,46	8,58	12,27
Jumlah panel 250 Wp (unit)	14	19	27
Kapasitas baterai (Ah)	200	266	380
Estimasi biaya konversi	Rp65.100.000	±Rp86.370.000	±Rp123.400.000

Sumber: Elaborasi penulis berdasarkan Irvana & Manullang (2023), 2026

Dari sisi ketersediaan ruang, kapal 30 GT umumnya berukuran panjang 18–22 meter dengan *wheelhouse top* selebar 3–4 meter, sehingga area efektifnya sekitar 9–12 m². Dengan ukuran panel standar 1,65 m², 19 panel memerlukan area sekitar 31 m², melebihi luas *wheelhouse top*; namun area dek di sekitar anjungan dapat dimanfaatkan dengan konfigurasi paralel bertingkat (Irvana & Manullang, 2023). Kapal 50 GT dengan panjang di atas 25 meter memiliki area dek yang secara proporsional lebih luas untuk menampung 27 panel. Verifikasi dimensi kapal aktual di Pelabuhan Juwana tetap diperlukan sebelum implementasi.

3.4 Hasil Uji Kepatuhan Syariah

Kepatuhan syariah diuji dengan mencocokkan setiap elemen mekanisme terhadap rukun dan syarat akad dalam UU No. 41 Tahun 2004, PP No. 42 Tahun 2006, dan Fatwa DSN-MUI No. 131 Tahun 2019. Seluruh parameter yang diuji dinyatakan sesuai (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Uji Kepatuhan Syariah

Akad	Parameter	Mekanisme SOLAR-WAVE	Status	Dasar Hukum
Wakaf Uang	Wakif cakap hukum	Wakif muslim melalui LKS-PWU	Sesuai	UU 41/2004
	Dana sukarela	Ikrar wakaf dan Sertifikat Wakaf Uang	Sesuai	UU 41/2004
	Pokok terjaga	Dana ditempatkan pada SBSN	Sesuai	PP 42/2006
	Peruntukan jelas	Konversi energi kapal nelayan Juwana	Sesuai	UU 41/2004
Wakalah	Muwakkil sah	BWI sebagai nazhir utama	Sesuai	DSN-MUI 131/2019
	Wakil kompeten	KSPPS mitra beroperasi legal di Juwana	Sesuai	DSN-MUI 131/2019

Akad	Parameter	Mekanisme SOLAR-WAVE	Status	Dasar Hukum
Ijarah	Objek kuasa jelas	Seleksi nelayan, pengadaan PLTS, monitoring	Sesuai	DSN-MUI 131/2019
	Objek sewa jelas	Unit photovoltaic terpasang di kapal	Sesuai	DSN-MUI 131/2019
	Ujrah disepakati	30% penghematan BBM, tercantum dalam akad	Sesuai	DSN-MUI 131/2019
	Bebas unsur terlarang	Tidak ditemukan riba, gharar, dan maysir	Sesuai	DSN-MUI 131/2019

Sumber: Elaborasi penulis, 2026

Adaptasi tujuan penyaluran kupon CWLS dari infrastruktur sosial ke energi maritim tidak mengubah substansi akad, karena struktur ijarah SBSN tetap utuh.

3.5 Hasil Analisis Tekno-Ekonomi

Proyeksi arus kas lima tahun dihitung dengan tingkat diskonto 5,70% untuk tiga skenario harga solar, dengan benefit tahunan per kapal sebesar 640 liter × harga solar per liter × 12 bulan. Investasi awal menggunakan *benchmark* kapal 20 GT (Rp65,10 juta) sebagai simulasi dasar. Nilai sekarang arus kas per skenario disajikan pada Tabel 3 dan ringkasan indikator kelayakan pada Tabel 4.

Tabel 3. Proyeksi Nilai Sekarang Arus Kas per Skenario (Rp Juta)

Tahun	DF (5,70%)	PV S1 (Rp15.000)	PV S2 (Rp18.600)	PV S3 (Rp30.000)
0	1,0000	−65,10	−65,10	−65,10
1	0,9461	109,00	135,15	218,00
2	0,8951	103,12	127,86	206,24
3	0,8468	97,55	120,96	195,11
4	0,8011	92,29	114,44	184,58
5	0,7578	87,30	108,25	174,60
NPV per kapal		424,16	541,56	913,43

Sumber: Elaborasi penulis, 2026

Tabel 4. Ringkasan Kelayakan Finansial

Indikator	S1 (Solar Khusus KKP)	S2 (Harga Produksi)	S3 (Krisis Berlanjut)
Harga solar/liter	Rp15.000	Rp18.600	Rp30.000
NPV per kapal	Rp424,16 juta	Rp541,56 juta	Rp913,43 juta
NPV 50 kapal	Rp21,21 miliar	Rp27,08 miliar	Rp45,67 miliar
IRR	>175%	>205%	>350%
Payback period	6,8 bulan	5,5 bulan	3,4 bulan
Keputusan	Layak	Layak	Layak

Sumber: Elaborasi penulis, 2026

Ketiga skenario menghasilkan NPV positif. Bahkan pada S1, yang setara dengan harga solar khusus KKP yang sedang berlaku, *payback period* hanya 6,8 bulan dan NPV tetap positif. Temuan ini menunjukkan bahwa kelayakan SOLAR-WAVE bersifat struktural dan tidak bergantung pada kondisi krisis harga.

3.6 Hasil Analisis Kelayakan Strategis

Hasil analisis SWOT disajikan pada Tabel 5. Strategi SO memanfaatkan kesenjangan realisasi wakaf uang dan urgensi krisis 2026 untuk mengusulkan penerbitan seri CWLS baru. Strategi WO memperkuat kapasitas KSPPS mitra melalui pelatihan teknis dan kolaborasi dengan perguruan tinggi kelautan. Strategi ST membingkai SOLAR-WAVE sebagai investasi struktural 20 tahun agar relevansinya tidak bergantung pada arah kebijakan subsidi, sedangkan strategi WT memitigasi resistensi nelayan melalui demonstrasi kapal *pilot* sebelum perluasan.

Tabel 5. Analisis SWOT SOLAR-WAVE

Faktor	Uraian
Strengths	(1) Tiga akad memiliki dasar hukum dan fatwa tanpa memerlukan regulasi baru; (2) dana pokok ditempatkan pada SBSN sehingga keamanannya tinggi; (3) payback period 3,4–6,8 bulan pada seluruh skenario simulasi.
Weaknesses	(1) Belum ada preseden CWLS untuk energi maritim; (2) data teknis benchmark hanya dari satu riset pada kapal 20 GT sehingga adaptasi ke kelas lebih besar masih berbasis estimasi; (3) kapasitas teknis KSPPS lokal dalam mengelola aset teknologi belum teruji.
Opportunities	(1) Kesenjangan realisasi wakaf uang >98% menunjukkan pasar belum jenuh; (2) solar khusus KKP Rp15.000/liter bersifat sementara hingga Desember 2026; (3) selaras dengan Asta Cita ke-3 dan target bauran energi terbarukan nasional 23%.
Threats	(1) Perpanjangan subsidi dapat mengurangi urgensi adopsi; (2) risiko kerusakan panel akibat korosi dan gelombang ekstrem; (3) resistensi nelayan akibat literasi teknologi yang terbatas.

Sumber: Elaborasi penulis, 2026

Kerangka SMART menerjemahkan rancangan menjadi target implementasi lima tahun (Tabel 6), sedangkan hasil identifikasi risiko utama beserta strategi mitigasinya disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Analisis SMART SOLAR-WAVE

Indikator	Uraian
Specific	Konversi mesin bantu kelistrikan pada 50 kapal >30 GT di Pelabuhan Juwana, Kabupaten Pati, melalui penerbitan seri CWLS baru dengan peruntukan konversi energi maritim.
Measurable	(1) Penghimpunan dana Rp3.255.000.000 dari minimal 3.255 wakif dengan kontribusi Rp1.000.000; (2) proyeksi penghematan BBM Rp9,6–19,2 juta per kapal per bulan; (3) payback period 3,4–6,8 bulan.
Achievable	Infrastruktur kelembagaan telah berjalan: 50 LKS-PWU aktif, platform e-SBN tersedia, enam seri CWLS telah diterbitkan, dan kerangka hukum (UU 41/2004, PP 42/2006, Fatwa DSN-MUI 131/2019) telah lengkap.
Relevant	Selaras dengan ketidakpastian subsidi pasca-Desember 2026, Asta Cita ke-3, target bauran energi terbarukan 23%, Net-Zero Emission 2060, serta kebutuhan menutup kesenjangan realisasi wakaf uang.
Time-bound	Tahun 1: studi kelayakan, koordinasi BWI–DJPPR Kemenkeu, konversi 5 kapal pilot, sosialisasi. Tahun 2: penerbitan seri CWLS, konversi 50 kapal tahap pertama, monitoring kuartalan. Tahun 3: ekspansi Juwana (500 kapal) dan replikasi awal ke Brondong. Tahun 4: replikasi ke Muncar dan platform digital wakaf. Tahun 5: 1.600 kapal Juwana terkonversi dan replikasi ke Bitung serta Sibolga.

Sumber: Elaborasi penulis, 2026

Tabel 7. Analisis Risiko dan Mitigasi

Aspek Risiko	Deskripsi Risiko	Dampak	Tingkat	Strategi Mitigasi
Keberlanjutan subsidi solar	Perpanjangan subsidi KKP pasca-Desember 2026 mengurangi urgensi adopsi	Penurunan minat nelayan	Sedang	Menunjukkan kelayakan pada harga Rp15.000/liter; framing sebagai investasi struktural 20 tahun
Kapasitas teknis KSPPS mitra	KSPPS belum berpengalaman mengelola aset teknologi energi	Kegagalan instalasi atau monitoring	Tinggi	Pelatihan teknis oleh vendor; SOP pengadaan dan monitoring bersama BWI; pendampingan tahun pertama
Partisipasi wakif rendah	CWLS untuk energi maritim belum dikenal masyarakat	Kekurangan dana konversi	Sedang	Kampanye literasi wakaf produktif melalui kanal digital LKS-PWU; pilot 5 kapal sebagai bukti konsep
Kerusakan panel di laut	Korosi, kelembapan, dan gelombang ekstrem	Penurunan performa sistem	Sedang	Panel bersertifikasi IP67; penempatan di wheelhouse top; garansi vendor minimal 10 tahun
Penelaahan administratif	Persetujuan seri CWLS dengan peruntukan baru memakan waktu	Keterlambatan implementasi	Tinggi	Koordinasi awal dengan DJPPR Kemenkeu dan BWI; penyusunan kajian regulasi dan naskah akademik

Sumber: Elaborasi penulis, 2026

Pemetaan pemangku kepentingan menunjukkan pembagian peran sebagai berikut: Kementerian Keuangan sebagai penerbit SBSN seri CWLS baru; Bank Indonesia sebagai fasilitator *Waqf Core Principles* dan edukasi literasi wakaf; BWI sebagai nazhir utama yang menerima, mengelola, dan mengawasi dana wakaf; KSPPS Juwana sebagai mitra lokal untuk seleksi nelayan, pengadaan, instalasi, monitoring, dan penagihan ujrah; LKS-PWU (antara lain BSI, Muamalat, Mega Syariah, CIMB Niaga Syariah, Permata Syariah, dan KB Bukopin Syariah) sebagai kanal penghimpunan dana melalui e-SBN; serta nelayan >30 GT sebagai penerima manfaat yang menyewa unit *photovoltaic* melalui akad ijarah.

Pembahasan

Temuan penelitian ini memperluas studi terdahulu pada dua arah. Pertama, penelitian ini mengembangkan riset Irvana dan Manullang (2023), Rismi dkk. (2022), dan Nugraha (2020) yang membuktikan kelayakan teknis PLTS kapal, dengan menambahkan dimensi pembiayaan yang menjawab hambatan utama adopsi, yaitu biaya investasi awal. Melalui skema ijarah berbasis penghematan BBM, nelayan tidak memerlukan uang muka maupun utang pokok, berbeda dengan pembiayaan murabahah konvensional. Hasil adaptasi skala juga menunjukkan bahwa sistem yang teruji pada kapal 20 GT dapat diproyeksikan ke kelas 30–50 GT dengan memanfaatkan *wheelhouse top* dan area dek tambahan.

Kedua, penelitian ini mengembangkan gagasan konseptual Yunita (2021) tentang fleksibilitas CWLS menjadi rancangan utuh yang dilengkapi analisis kelayakan teknis, finansial, syariah, dan strategis. Jika Yumna dkk. (2024) mengevaluasi dampak program CWLS yang sudah berjalan di sektor kesehatan dan pendidikan, SOLAR-WAVE menunjukkan bahwa kerangka kelembagaan yang sama dapat diarahkan pada aset produktif bergerak di sektor energi maritim.

Karena struktur ijarah SBSN tidak berubah, adaptasi ini berpotensi hanya memerlukan keputusan administratif Kementerian Keuangan untuk menerbitkan seri dengan peruntukan baru, tanpa fatwa, regulasi, maupun ijtihad fikih baru.

Dari sisi kebijakan, kelayakan finansial pada skenario S1 menegaskan bahwa solar khusus KKP yang berakhir 31 Desember 2026 tidak menggantikan kebutuhan solusi pembiayaan permanen. Subsidi hanya menunda dampak volatilitas harga, sedangkan konversi PLTS mengubah struktur biaya operasional nelayan secara fundamental selama umur sistem 20 tahun. Bagi wakif, skema ini menawarkan kombinasi keamanan pokok melalui SBSN dan manfaat sosial yang nyata, sehingga berpotensi membuka segmen wakif baru dan mempersempit kesenjangan antara potensi dan realisasi wakaf uang nasional.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Data teknis *benchmark* berasal dari satu riset eksperimental pada kapal 20 GT, sehingga hasil adaptasi skala dengan eksponen k = 0,7 masih berupa estimasi yang perlu diverifikasi melalui uji lapangan. Simulasi finansial menggunakan biaya investasi kapal 20 GT sebagai simulasi dasar, sedangkan biaya aktual kapal 30–50 GT lebih tinggi (Tabel 1). Selain itu, kapasitas teknis KSPPS mitra dan respons wakif terhadap seri CWLS dengan peruntukan energi belum teruji secara empiris.

Kesimpulan dan Saran

SOLAR-WAVE merupakan skema pembiayaan syariah yang mengadaptasi *Cash Waqf Linked Sukuk* untuk membiayai konversi energi kapal nelayan skala menengah (30–50 GT) di Juwana melalui PLTS *hybrid*. Skema ini memadukan akad wakaf uang untuk penghimpunan dana pokok yang aman dalam SBSN, akad wakalah untuk penunjukan KSPPS lokal sebagai pelaksana teknis, dan akad ijarah untuk sewa unit *photovoltaic* tanpa modal awal bagi nelayan, serta dapat diterapkan tanpa fatwa maupun perubahan regulasi yang mendasar. Konversi dinilai layak secara teknis pada kapal 30 GT dan 50 GT. Secara finansial, pada skenario paling pesimistis (Rp15.000/liter) skema ini menghasilkan NPV Rp424,16 juta per kapal, IRR di atas 175%, dan *payback period* 6,8 bulan. Analisis strategis menunjukkan bahwa kekuatan internal SOLAR-WAVE mampu memanfaatkan peluang eksternal, dengan target konversi 50 kapal melalui penghimpunan Rp3,255 miliar dari 3.255 wakif.

Berdasarkan temuan tersebut, Kementerian Keuangan disarankan menerbitkan seri CWLS baru, baik ritel (SWR) maupun institusional (SW), dengan peruntukan khusus konversi energi bersih di sektor maritim dan perikanan. BWI disarankan memperluas tata kelola nazhir mitra hingga mencakup KSPPS atau LKS pesisir di luar Kabupaten Pati agar model ini dapat direplikasi. Akademisi dan peneliti disarankan melakukan uji coba *prototype* instalasi PLTS pada kapal >30 GT serta memetakan kebutuhan energi kapal di sentra perikanan lain seperti Muncar, Brondong, Bitung, dan Sibolga. Masyarakat diharapkan berpartisipasi sebagai wakif melalui e-SBN maupun LKS-PWU mitra dengan kontribusi mulai Rp1.000.000.

Pernyataan Etika & Peran Penulis (CRediT Statement)

Fika Olivia: Konseptualisasi, Metodologi, Analisis formal, Visualisasi, Penulisan – draf asli, Tinjauan & penyuntingan.

Kebijakan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang tersedia untuk publik sebagaimana tercantum dalam daftar referensi. Lembar kerja perhitungan adaptasi skala dan simulasi finansial tersedia dari penulis korespondensi berdasarkan permintaan yang wajar.

Referensi

Antaranews Sultra. (2026). *KKP tetapkan skema penyaluran BBM solar Rp15.000/liter bagi kapal perikanan 30-200 GT*. https://sultra.antaranews.com/berita/537281/kkp-tetapkan-skema-penyaluran-bbm-solar-rp15000liter-bagi-kapal-perikanan-30-200-gt

Badan Wakaf Indonesia. (2020). *Badan Wakaf Indonesia berhasil penuhi komitmen peluncuran batch pertama Cash Waqf Linked Sukuk*. https://www.bwi.go.id/4584/2020/03/12/badan-wakaf-indonesia-berhasil-penuhi-komitmen-peluncuran-batch-pertama-cash-waqf-linked-sukuk/

Badan Wakaf Indonesia. (2024). *Wakil Ketua BWI sebut wakaf uang baru terkumpul Rp 2,23 triliun di Februari ini*. https://www.bwi.go.id/9311/2024/02/25/wakil-ketua-bwi-sebut-wakaf-uang-baru-terkumpul-rp-223-triliun-di-februari-ini/

CEIC Data. (2025). *Indonesia: Konsumsi minyak*. https://www.ceicdata.com/id/indicator/indonesia/oil-consumption

DetikNews. (2026). *Harga solar industri naik, Gubernur Jateng kawal aspirasi nelayan*. https://news.detik.com/bangun-indonesia/d-8480294/harga-solar-industri-naik-gubernur-jateng-kawal-aspirasi-nelayan

Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur. (n.d.). *Kapal 30 GT lebih tak disubsidi BBM*. Retrieved https://kominfo.jatimprov.go.id/berita/1284

Fatimah, F. N. D. (2016). *Teknik analisis SWOT*. Anak Hebat Indonesia.

Inisiatif.org. (2023). *Sudahkah subsidi solar berpihak pada nelayan kecil dan tradisional?* https://inisiatif.org/sudahkah-subsidi-solar-berpihak-pada-nelayan-kecil-dan-tradisional/

Irvana, R., & Manullang, S. (2023). Assessment of solar panel array utilization applied to a fishing vessel 20 GT. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, *8*(4), 711–721. https://doi.org/10.12962/j25481479.v8i4.19316

Kemenkeu. (2023). *Cash Waqf Linked Sukuk Sukuk Wakaf Ritel seri SWR004*. https://media.kemenkeu.go.id/getmedia/2456b62f-1170-473b-bc4e-e3af04d4af2c/SWR004-Slide-Marketing.pdf

Kementerian Agama Republik Indonesia. (2024). *Dongkrak capaian wakaf uang nasional, Kemenag masifkan sosialisasi ke ormas, masjid, hingga catin*. https://kemenag.go.id/nasional/dongkrak-capaian-wakaf-uang-nasional-kemenag-masifkan-sosialisasi-ke-ormas-masjid-hingga-catin-u5Vr0

Kementerian Keuangan Republik Indonesia. (2025). *Memorandum informasi Sukuk Wakaf (Cash Waqf Linked Sukuk) Seri SWR006*. Direktorat Jenderal Pengelolaan Pembiayaan dan Risiko. https://media.kemenkeu.go.id/getmedia/ceefcb0b-2ae8-45fc-a396-4f70826f8e65/Memorandum_Informasi_SWR006-pdf.pdf

Kompas.com. (2026). *Solar nelayan Rp 15.000 per liter, ini skema yang ditetapkan oleh KKP*. https://money.kompas.com/read/2026/07/17/151100026/solar-nelayan-rp-15000-per-liter-ini-skema-yang-ditetapkan-oleh-kkp

Kompaspedia. (2026). *Konstelasi minyak dalam konflik Timur Tengah*. https://kompaspedia.kompas.id/baca/paparan-topik/konstelasi-minyak-dalam-konflik-timur-tengah

Mistar.id. (2026). *Krisis energi dunia 2026: Cadangan minyak negara berkembang menipis akibat konflik Timur Tengah*. https://mistar.id/news/ekonomi/krisis-energi-dunia-2026-cadangan-minyak-negara-berkembang-menipis-akibat-konflik-timur-tengah

Nugraha, I. M. A. (2020). Penggunaan pembangkit listrik tenaga surya sebagai sumber energi pada kapal nelayan: Suatu kajian literatur. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, *4*(2), 97–110. https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2020.Vol.4.No.2.76

Otoritas Jasa Keuangan. (2024). *Statistik perbankan syariah, Juni 2024*. https://www.ojk.go.id/id/kanal/syariah/data-dan-statistik/statistik-perbankan-syariah/Documents/Pages/Statistik-Perbankan-Syariah---Juni-2024/STATISTIK%20PERBANKAN%20SYARIAH%20-%20JUNI%202024.pdf

Pemerintah Provinsi Jawa Tengah. (2026). *Harga solar industri naik, Gubernur Jateng kawal aspirasi nelayan ke pemerintah pusat*. https://humas.jatengprov.go.id/detail_berita_gubernur?id=11193

Reforminer Institute. (2025). *Kebutuhan terus meningkat, produksi minyak dalam negeri kudu didongkrak*. https://reforminer.com/kebutuhan-terus-meningkat-produksi-minyak-dalam-negeri-kudu-didongkrak/

Rismi, F. N., Pulungan, A. B., & Hamdani. (2022). Energi terbarukan untuk penerangan kapal nelayan Korong Tiram Kabupaten Padang Pariaman. *E-DIMAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *13*(3), 584–589. https://doi.org/10.26877/e-dimas.v13i3.12940

Suara.com. (2026). *Konflik Timur Tengah memanas, harga minyak Brent tembus 119 dolar AS*. https://www.suara.com/bisnis/2026/04/30/110507/konflik-timur-tengah-memanas-harga-minyak-brent-tembus-119-dolar-as

Wahyudi, I., & Nafisah, W. (2025). Analisis Implementasi Dan Jenis-Jenis Akad Tabarru' Dalam Transaksi Keuangan Syariah: Analisis Implementasi Dan Jenis-Jenis Akad Tabarru' Dalam Transaksi Keuangan Syariah. *Cashless : Journal of Sharia Finance and Banking*, *3*(2), 1–7. https://doi.org/10.55757/cashless.v3i2.1162

Wardani, A., & Wulandari, A. (2019). Capital budgeting analysis of investment project feasibility in PT Integra Indocabinet Tbk. *Journal of World Conference (JWC)*, *1*(2), 251–256. https://doi.org/10.29138/prd.v1i2.162

Yumna, A., Masrifah, A. R., Muljawan, D., Noor, F., & Marta, J. (2024). The Impacts of Cash Waqf Linked Sukuk Empowerment Programs: Empirical Evidence From Indonesia. *Journal of Islamic Monetary Economics and Finance*, *10*(1), 5–34. https://doi.org/10.21098/jimf.v10i1.1940

Yunita, P. (2021). Cash Waqf Linked Sukuk (CWLS) Model: For Indonesia Sustainable Food Security. *Al-Awqaf: Jurnal Wakaf Dan Ekonomi Islam*, *13*(1), 59–72. https://doi.org/10.47411/al-awqaf.v13i1.96