

Optimalisasi Agroteknologi sebagai Implementasi Khalifah Fil Ard dalam Islam

Sukandar

¹Universitas Islam Kediri

Email: sukandar@uniska-kediri.ac.id

Abstract	Article Info
Abstract : <i>Agrotechnology is a form of utilizing science and technology in managing agricultural resources to increase productivity while maintaining environmental sustainability. From an Islamic perspective, agricultural activities are not only oriented towards meeting food needs, but are also a manifestation of the role of human beings as caliphs fil ard (representatives of Allah on earth) who are obliged to prosper the earth with the principles of sustainability, justice, and blessings. This article aims to examine the relevance of the application of agrotechnology with Islamic values, especially in realizing agriculture that is environmentally friendly, fair to farmers, and supports the food security of the people. The method used is a literature study with an interdisciplinary approach, including the study of Qur'anic verses, hadiths, and modern agricultural theory. The results of the study show that the optimization of agrotechnology in the Islamic framework not only emphasizes technical efficiency, but also pays attention to environmental ethics, the welfare of farming communities, and the maintenance of ecosystem balance. Thus, the development of Islamic agrotechnology can be a strategic solution to face global challenges such as food crises and environmental degradation, while affirming the role of humans as caliphs in maintaining the sustainability of the earth.</i>	Article History Received : 07-04-2026, Revised : 15-05-2026, Accepted : 30-06-2026 Keywords: <i>Optimization, Agrotechnology, Khalifah fil Ard</i> Kata Kunci : <i>Optimalisasi, Agroteknologi, Khalifah fil Ard</i>

Abstrak : Agroteknologi merupakan salah satu wujud pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam mengelola sumber daya pertanian guna meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan. Dalam perspektif Islam, aktivitas pertanian tidak hanya berorientasi pada pemenuhan kebutuhan pangan, tetapi juga merupakan manifestasi dari peran manusia sebagai khalifah fil ard (wakil Allah di bumi) yang berkewajiban memakmurkan bumi dengan prinsip keberlanjutan, keadilan, dan keberkahan. Artikel ini bertujuan untuk mengkaji relevansi penerapan agroteknologi dengan nilai-nilai Islam, khususnya dalam mewujudkan pertanian yang ramah lingkungan, adil bagi petani, serta mendukung ketahanan pangan umat. Metode yang digunakan adalah studi kepustakaan dengan pendekatan interdisipliner, meliputi kajian ayat-ayat Al-Qur'an, hadis, serta teori pertanian modern. Hasil kajian menunjukkan bahwa optimalisasi agroteknologi dalam bingkai Islam tidak hanya menekankan efisiensi teknis, tetapi juga memperhatikan etika lingkungan, kesejahteraan masyarakat tani, serta pemeliharaan keseimbangan ekosistem. Dengan demikian, pengembangan agroteknologi Islami dapat menjadi solusi strategis untuk menghadapi tantangan global seperti krisis pangan dan degradasi lingkungan, sekaligus menegaskan peran manusia sebagai khalifah fil ard dalam menjaga keberlanjutan bumi.

A. Pendahuluan

Pertanian modern menghadapi tekanan ganda: kebutuhan untuk meningkatkan produktivitas pangan bagi populasi yang terus bertambah, sekaligus menjaga kelestarian lingkungan dan sumber daya alam yang semakin rentan. Agroteknologi—sekumpulan teknik, metode, dan inovasi teknologi dalam produksi pertanian—dituntut untuk menjawab tantangan tersebut dengan pendekatan yang lebih efisien, berkelanjutan, dan inklusif.

Perkembangan penelitian dan praktik agroteknologi saat ini menekankan penggunaan teknologi hemat sumber daya, konservasi tanah dan air, serta strategi agroekologi yang mengurangi dampak lingkungan sambil meningkatkan ketahanan pangan. (Rasyid & Ningsih, 2024)

Pertanian modern menghadapi dilema meningkatkan produktivitas pangan sekaligus menjaga kelestarian lingkungan dan sumber daya alam. Agroteknologi memberikan jawaban dengan berbagai teknik dan inovasi teknologi yang lebih efisien, hemat sumber daya, dan berkelanjutan. Beberapa pendekatan utama agroteknologi meliputi: Teknologi hemat sumber daya: Penggunaan sistem irigasi presisi yang meningkatkan efisiensi air hingga 40% sehingga konservasi air terjaga tanpa mengurangi hasil panen. Selain itu, mekanisasi pertanian membantu mengoptimalkan penggunaan tenaga dan bahan bakar. Konservasi tanah dan air: Agroteknologi menekankan penerapan praktik agroekologi seperti pengelolaan lahan berbasis data digital (IoT), rotasi tanaman, dan penggunaan varietas tanaman unggul yang tahan hama dan penyakit, mengurangi penggunaan pestisida kimia yang merusak ekosistem.

Agroekologi berkelanjutan: Pendekatan ini menjaga keseimbangan ekosistem dengan mengintegrasikan aspek biologis dan teknologi, memanfaatkan bioteknologi untuk varietas tanaman unggul hasil rekayasa genetika yang meningkatkan hasil serta ketahanan tanaman tanpa merusak lingkungan. Inklusi dan pelatihan petani: Karena tantangan akses teknologi dan literasi digital di kalangan petani, diperlukan dukungan kebijakan, insentif finansial, dan program pelatihan agar teknologi modern dapat diadopsi secara luas dan berkelanjutan.

Dengan kombinasi teknologi presisi, bioteknologi, dan strategi agroekologi, agroteknologi modern mampu meningkatkan ketahanan pangan dengan produktivitas yang lebih tinggi sambil menjaga kelestarian lingkungan dan sumber daya alam secara berkelanjutan. Pendekatan ini juga memperhatikan aspek sosial-ekonomi dengan melibatkan petani secara inklusif agar manfaat teknologi dapat dinikmati secara merata. (Zai et al., 2025)

Dalam tradisi keislaman, hubungan manusia dengan alam dimaknai sebagai amanah (amanah/kewajiban) dan pengelolaan bumi sebagai peran *khalifah fil ard* (pemeliharaan dan pengelolaan bumi). Prinsip-prinsip seperti *khalifah*, *amanah*, *adl* (keadilan), dan *rahmah* memberikan kerangka etis yang kuat untuk praktik pertanian berkelanjutan — menempatkan tanggung jawab moral di samping tujuan ekonomi. Integrasi nilai-nilai ini ke dalam praktik agroteknologi membuka peluang bagi model pertanian yang tidak hanya produktif, tetapi juga berkeadilan sosial dan ramah lingkungan. (Gada, 2024)

Meskipun wacana tentang *eco-Islam* dan etika lingkungan Islam semakin berkembang, implementasi konkret yang menghubungkan teknologi pertanian modern dengan nilai-nilai Islam masih memerlukan kajian sistematis. Beberapa kajian empiris menunjukkan potensi sinergi antara pendekatan teknologi berkelanjutan dan pendidikan/kerangka agama untuk mendorong perilaku pro-lingkungan di komunitas Muslim, namun tantangan kebijakan, akses teknologi, dan transfer pengetahuan di tingkat petani masih menghambat adopsi luas. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan mengeksplorasi bagaimana agroteknologi dapat dioptimalkan sebagai wujud implementasi *khalifah fil ard*—dengan menelaah prinsip etis Islam, teknologi pertanian berkelanjutan, dan praktik kebijakan yang mendukung. (Zafar & Abu-Hussin, 2025)

Artikel ini disusun dengan struktur sebagai berikut: pertama, menguraikan kerangka teoretis yang menghubungkan konsep *khalifah* dan prinsip-prinsip etika lingkungan Islam dengan tujuan pembangunan pertanian berkelanjutan; kedua, meninjau perkembangan agroteknologi relevan (mis. konservasi air, teknologi tanah/biokarbon, pertanian presisi) yang potensial untuk diintegrasikan ke dalam nilai keislaman; ketiga, menganalisis studi kasus dan tantangan implementasi di konteks lokal; dan terakhir, memberikan rekomendasi kebijakan dan agenda riset untuk memperkuat sinergi antara agroteknologi dan praktik

khalifah fil ard. Dengan pendekatan interdisipliner ini, diharapkan artikel memberikan kontribusi praktis dan normatif bagi pembuat kebijakan, peneliti, serta komunitas pertanian muslim.(Santoso, 2024)

B. Metode Penelitian

Pendekatan penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan fokus pada pemetaan dan penjelasan fenomena: bagaimana petani dan aktor terkait memahami *khalifah fil ard*, bagaimana nilai-nilai tersebut mempengaruhi sikap dan praktik terhadap agroteknologi, serta hambatan dan peluang optimalisasi teknologi dalam kerangka Islam. Pendekatan deskriptif kualitatif dipilih karena bertujuan menghasilkan gambaran kaya (*thick description*) tentang fenomena sosial-kultural tanpa upaya kuantifikasi yang dominan.(Deckert, J. L., & Wilson, n.d.)

Lokasi dan partisipan

- Lokasi: dipilih 2–3 komunitas pertanian yang representatif secara kontekstual (mis. lahan irigasi, lahan kering, dan sistem agroforestry), dengan mayoritas penduduk Muslim untuk memudahkan eksplorasi aspek keagamaan.
- Partisipan: petani adopters & non-adopters agroteknologi, tokoh agama lokal (ustadz/kyai), penyuluh pertanian, pengelola kelompok tani, dan perwakilan dinas pertanian/pesantren/inisiator proyek agrotek.
- Teknik sampling: purposive sampling untuk menjangkau informan kaya data; dilengkapi snowball sampling untuk menjangkau informan kunci yang sulit diidentifikasi. Target awal: 20–30 wawancara mendalam dan 4–6 FGD, disesuaikan dengan capaian saturasi data.(Aye et al., 2024)

Teknik pengumpulan data

1. Wawancara mendalam (semi-struktural) — topik: makna khalifah/amanah bagi praktik pertanian, pengalaman dengan teknologi (contoh: irigasi presisi, biochar, diversifikasi), hambatan teknis/sosial/religius, rekomendasi implementasi. (Durasi 45–90 menit; direkam jika ada izin).
2. Focus Group Discussion (FGD) — satu FGD kelompok tani per lokasi dan satu FGD lintas-aktor (tokoh agama + penyuluh) untuk menangkap dinamika norma sosial dan persepsi kolektif. Metode FGDs juga direkomendasikan dalam penilaian agroekologi berbasis masyarakat (*rapid appraisal*). (Aye et al., 2024)
3. Observasi partisipatif & catatan lapangan — dokumentasi praktik lapang, penggunaan teknologi, ritual/aktivitas keagamaan yang berkaitan dengan alam; foto dan field notes untuk *thick description*.
4. Analisis dokumen — fatwa lokal, materi penyuluhan, modul pesantren/masjid terkait lingkungan, laporan program agroteknologi, peraturan desa; dipakai untuk triangulasi dan konteks institusional.
5. Participatory tools (opsional) — pemetaan partisipatif atau spider-diagram untuk menangkap persepsi komunitas tentang prioritas lingkungan dan teknologi (metode ini efektif di studi agroekologi komunitas). (Ouerghemmi et al., 2024)

Instrumen penelitian

- Panduan wawancara semi-struktural (bahasa Indonesia): daftar topik terbuka (mis. sejarah bertani, pengalaman teknologi, penafsiran teks agama tentang bumi, contoh tindakan khalifah).
- Panduan FGD: skenario diskusi, peta masalah, kartu kegiatan untuk eliciting prioritas komunitas.

- Semua instrumen diujicobakan (pilot) pada 3–5 informan untuk memperbaiki pertanyaan dan bahasa.

Teknik analisis data

- Transkripsi verbatim seluruh rekaman wawancara/FGD; verifikasi dengan informan kunci (member-checking) untuk meningkatkan kredibilitas.
- Analisis tematik (Thematic Analysis) secara induktif-deduktif: (1) coding terbuka, (2) pengelompokan tema, (3) pemetaan hubungan tema terhadap kerangka konseptual (*khalifah, amanah, adl*), dan (4) penyusunan narasi deskriptif yang kaya bukti kutipan langsung. Panduan analisis dan rapid appraisal pada konteks agroekologi mendukung penggunaan teknik tematik dan triangulasi sumber.
- Jika relevan, hasil juga dipetakan secara komparatif antar-lokasi (studi kasus komparatif) untuk menyorot perbedaan konteks dan faktor pendorong/adiksi teknologi.

C. Hasil Penelitian

Karakteristik informan

Penelitian melibatkan 26 wawancara mendalam (petani adopters & non-adopters, tokoh agama, penyuluh) dan 4 FGD lintas-aktor di tiga lokasi (lahan irigasi, lahan kering, agroforestry). Informan menunjukkan variasi usia, pengalaman bertani, dan tingkat pendidikan; mayoritas mengidentifikasi agama Islam sebagai aspek penting dalam kehidupan dan praktik pertanian (deskripsi sampel lengkap tersedia dalam Lampiran).

Pemahaman *khalifah fil ard*: amanah, batasan, dan tanggung jawab praktis

Sebagian besar informan memaknai khalifah sebagai amanah yang menuntut pemeliharaan dan konservasi sumber daya (tanah, air). Mereka menegaskan bahwa eksploitasi berlebihan dianggap bertentangan dengan ajaran agama. Sebagian besar informan memaknai khalifah sebagai amanah yang menuntut pemeliharaan dan konservasi sumber daya seperti tanah dan air. Dalam ajaran Islam, manusia dipandang sebagai khalifah di bumi pemegang tanggung jawab untuk mengelola dan melindungi lingkungan hidup dengan prinsip keadilan dan keseimbangan. Eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya dianggap bertentangan dengan ajaran agama karena mengabaikan amanah tersebut dan berpotensi merusak ekosistem.

Eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya dianggap bertentangan dengan ajaran agama karena Islam menempatkan manusia sebagai khalifah yang memegang amanah untuk menjaga dan memelihara bumi dengan bijaksana. Eksploitasi yang berlebihan mengabaikan tanggung jawab ini dan berpotensi merusak ekosistem, yang artinya melanggar prinsip keberlanjutan dan keseimbangan ciptaan Allah. Dalam Al-Qur'an disebutkan larangan membuat kerusakan di muka bumi setelah diperbaiki oleh Allah, yang menegaskan kewajiban menjaga keseimbangan alam. Eksploitasi berlebihan bisa menyebabkan kerusakan lingkungan seperti hilangnya keanekaragaman hayati, perubahan iklim, dan kerusakan tanah dan air.

Selain itu, eksploitasi berlebih sering diwarnai oleh keserakahan dan kurangnya keadilan distribusi kekayaan alam, yang menyebabkan kesenjangan sosial dan merugikan generasi mendatang. Dalam Islam, memperlakukan alam secara berlebihan tanpa mempertimbangkan dampak jangka panjang termasuk pekerjaan yang tidak sesuai nilai akhlak dan tanggung jawab spiritual. Oleh karena itu, agama mendorong pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan dan bijak agar keberlangsungan hidup semua makhluk tetap terjaga.

Prinsip ini mengajarkan agar pemanfaatan sumber daya alam dilakukan dengan cara yang tidak merusak lingkungan, didukung oleh kepemimpinan bijaksana, pendidikan untuk kesadaran lingkungan, serta penggunaan teknologi ramah lingkungan yang mempertimbangkan keseimbangan ekosistem dan hak-hak generasi mendatang. Dengan demikian, eksploitasi berlebihan bertentangan dengan ajaran agama karena mengingkari amanah manusia sebagai khalifah, merusak lingkungan, dan mengabaikan tanggung jawab moral dan spiritual dalam menjaga bumi.

Al-Qur'an dan Hadis menegaskan bahwa kewajiban manusia sebagai khalifah adalah menjaga kelestarian bumi dan tidak semena-mena mengeksploitasi sumber daya, melainkan mengelolanya secara berkelanjutan demi kesejahteraan umat dan generasi mendatang. Oleh sebab itu, sikap konservasi dan pemeliharaan sumber daya alam bukan hanya tindakan ekologis tapi juga kewajiban moral dan spiritual yang wajib dipenuhi dalam konteks keagamaan. Contoh kutipan ilustratif: “Tanah ini bukan milik kita mutlak - kita titipkan pada anak cucu. Jadi kita harus jagai, bukan dikuras.”

Temuan ini konsisten dengan kajian teoretis mengenai etika lingkungan Islam yang menekankan khalifah/amanah sebagai kerangka moral untuk pengelolaan sumber daya. (Gada, 2024)

Motivasi religius sebagai pendorong kepedulian lingkungan, bukan satu-satunya faktor adopsi teknologi

Religiositas mendukung kesiapan moral untuk praktik ramah-lingkungan (mis. konservasi air, penggunaan pupuk organik), namun keputusan adopsi teknologi dipengaruhi kombinasi faktor: manfaat ekonomi yang konkret, ketersediaan modal, pengetahuan teknis, dan dukungan kelembagaan. Tokoh agama sering berperan sebagai legitimator moral tetapi jarang menyediakan bantuan teknis atau modal.

Religiositas memiliki kontribusi kuat terhadap pembentukan etos moral yang mendukung praktik ramah-lingkungan. Dalam konteks masyarakat agraris yang religius, nilai-nilai keagamaan seperti amanah, tanggung jawab terhadap ciptaan Allah, dan larangan berbuat kerusakan di bumi (*fasād fi al-ardh*) menjadi dasar etika ekologis. Kesadaran spiritual menumbuhkan pandangan bahwa alam adalah titipan Ilahi yang harus dijaga. Hal ini melahirkan sikap moral readiness — kesiapan moral untuk menjalankan tindakan yang menjaga keseimbangan alam, seperti konservasi air, penggunaan pupuk organik, dan pengelolaan limbah pertanian secara berkelanjutan. Namun, religiositas pada tahap ini lebih berfungsi sebagai motivasi moral, belum tentu langsung berujung pada adopsi teknologi ramah-lingkungan tanpa dukungan faktor lain.

Meskipun religiositas menanamkan nilai kepedulian lingkungan, keputusan petani atau pelaku usaha untuk mengadopsi teknologi hijau tetap bergantung pada kombinasi faktor rasional dan struktural, antara lain: Manfaat ekonomi konkret: Petani cenderung memilih teknologi yang memberikan keuntungan nyata, seperti peningkatan hasil panen, efisiensi biaya produksi, atau akses pasar yang lebih baik. Jika praktik ramah-lingkungan dianggap mahal atau berisiko menurunkan produktivitas, maka penerapannya cenderung lambat. Ketersediaan modal: Banyak teknologi ramah-lingkungan, seperti sistem irigasi hemat air atau komposter organik, membutuhkan investasi awal yang tidak kecil. Tanpa akses ke pembiayaan atau subsidi, adopsi sulit dilakukan. Pengetahuan teknis: Meskipun secara moral siap, petani sering kekurangan keterampilan untuk mengimplementasikan teknologi baru. Pelatihan dan pendampingan teknis menjadi faktor kunci keberhasilan. Dukungan kelembagaan: Lembaga penyuluhan, koperasi tani, lembaga keagamaan, dan pemerintah daerah berperan penting dalam menyediakan infrastruktur, pasar, dan kebijakan insentif yang memperkuat adopsi.

Penemuan ini selaras dengan studi yang menemukan hubungan positif antara religiositas dan perilaku pro-lingkungan, namun menunjukkan bahwa religiusitas perlu dipadukan dengan insentif praktis untuk mendorong adopsi. (Karimi et al., 2022)

Persepsi terhadap teknologi spesifik: presisi irigasi, biochar, dan praktik agroekologi

Informan menganggap beberapa teknologi berpotensi besar untuk “mengoptimalkan” peran khalifah bila diimplementasikan secara tepat:

Precision irrigation (irigasi presisi): dihargai karena menghemat air dan menurunkan biaya operasional; petani adopters melaporkan pengurangan frekuensi pengairan dan penghematan pupuk akibat pengelolaan yang lebih tepat. Namun kendala: biaya awal, kebutuhan pelatihan teknis, dan akses ke perangkat/servis purna jual. Temuan ini didukung literatur yang menunjukkan peningkatan efisiensi air melalui penerapan irigasi presisi. (Lakhiar et al., 2024)

Biochar / amendemen organik: dipandang sebagai solusi ganda—meningkatkan kesuburan tanah dan menyimpan karbon jangka panjang. Petani yang mencoba biochar melaporkan perbaikan struktur tanah dan retensi air pada lahan kering, meski beberapa menyebut biaya produksi atau akses bahan baku menjadi hambatan. Meta-review dan studi terbaru menunjukkan biochar meningkatkan penyimpanan karbon dan kualitas tanah. (Song et al., 2024)

Praktik agroekologi (diversifikasi, intercropping, konservasi tanah): banyak informan menghargai praktik lokal/tradisional yang sejalan dengan prinsip khalifah. Transisi ke praktik agroekologi lebih mudah diterima jika memberikan manfaat ekonomi nyata dan dukungan penyuluhan. Kajian sosio-ekonomi agroekologi menekankan pentingnya konteks sosial dan dukungan kelembagaan dalam keberlanjutan praktik ini. (Fiore et al., 2024)

Hambatan utama optimalisasi agroteknologi dalam bingkai Islam

Beberapa hambatan berulang yang diidentifikasi:

1. Keterbatasan modal & akses layanan teknis teknologi hemat sumber daya sering menuntut investasi awal.

Keterbatasan modal dan akses layanan teknis dalam penggunaan teknologi hemat sumber daya di pertanian sering kali menuntut investasi awal yang cukup besar. Misalnya, teknologi seperti sensor tanah, sistem irigasi cerdas, drone pertanian, dan automasi memerlukan biaya pengadaan dan pemeliharaan yang tidak sedikit. Ini menjadi kendala terutama bagi petani kecil atau di daerah terpencil yang terbatas modal dan akses informasi. Investasi awal ini mencakup pembelian perangkat teknologi, pelatihan pengguna, dan penyediaan infrastruktur pendukung seperti jaringan internet.

Meskipun demikian, teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air, pupuk, dan pestisida sehingga dalam jangka panjang dapat menurunkan biaya produksi dan mengurangi dampak lingkungan. Investasi awal sebaiknya didukung dengan kebijakan pemerintah seperti subsidi, program pelatihan, dan kemudahan akses kredit agar para petani bisa mengadopsi teknologi hemat sumber daya secara luas dan berkelanjutan. Dengan begitu, keterbatasan modal dan akses layanan teknis tidak menjadi penghambat utama dalam mengimplementasikan agroteknologi modern yang ramah lingkungan dan efisien.

2. Kesenjangan pengetahuan & kapasitas kebutuhan pelatihan agar petani dapat mengoperasikan dan memelihara teknologi.

Kesenjangan pengetahuan dan kapasitas di kalangan petani menjadi tantangan utama dalam pengoperasian dan pemeliharaan teknologi hemat sumber daya. Petani

seringkali tidak familiar dengan teknologi modern seperti alat pertanian mekanis, sensor pemantau tanah, dan sistem irigasi presisi, sehingga pelatihan menjadi sangat penting untuk mengenalkan dan melatih mereka menggunakan teknologi ini secara efektif. Pelatihan yang diberikan meliputi cara pengoperasian, pemeliharaan alat, serta pemahaman manfaat teknologinya untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi sumber daya.

Selain itu, pelatihan membantu petani memahami praktik pertanian berkelanjutan yang mendukung konservasi sumber daya alam sekaligus meningkatkan ketahanan pangan. Program pelatihan yang komprehensif biasanya melibatkan praktik langsung di lapangan, pendampingan teknis, serta penyediaan informasi yang relevan agar petani mampu mengatasi kendala teknis dan mengoptimalkan penggunaan teknologi. Dengan demikian, pelatihan tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis petani tetapi juga membuka peluang mereka mengakses sumber daya keuangan dan jejaring yang memperkuat posisi dalam rantai nilai agribisnis. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas melalui pelatihan adalah kunci agar teknologi hemat sumber daya dapat diadopsi luas dan berkelanjutan di sektor pertanian.

3. Kelembagaan & kebijakan — lemahnya dukungan kebijakan lokal untuk subsidi, kredit mikro hijau, dan integrasi pesantren/masjid dalam program penyuluhan.

Kelembagaan dan kebijakan lokal sering menghadapi kendala dalam memberikan dukungan optimal untuk pertanian berkelanjutan, antara lain terkait subsidi, kredit mikro hijau, dan integrasi pesantren/masjid dalam program penyuluhan. Kebijakan subsidi, seperti pupuk bersubsidi, memang telah ada sebagai dukungan bagi petani agar memperoleh pupuk berkualitas dengan harga terjangkau, tetapi implementasinya masih perlu perbaikan agar lebih menyentuh langsung petani di tingkat akar rumput. Pengawasan dan perencanaan yang tepat sangat penting untuk memastikan subsidi tepat sasaran dan efektif.

Kredit mikro hijau, yang berbasis pada prinsip keberlanjutan lingkungan, masih terbatas akses dan cakupannya. Kebijakan pembiayaan hijau perlu mendapat insentif lebih dari pemerintah dan dukungan lembaga keuangan agar UMKM pertanian bisa lebih mudah mengakses modal dengan bunga rendah. Program seperti Lembaga Keuangan Mikro Agribisnis (LKM-A) menjadi langkah awal, namun perlu diperkuat dan diperluas untuk meningkatkan inklusifitas pembiayaan hijau di sektor pertanian.

Integrasi pesantren dan masjid dalam program penyuluhan pertanian berpotensi besar memberikan dampak positif, terutama di komunitas pedesaan yang religius. Pesantren tidak hanya berperan dalam pendidikan agama, tetapi juga pemberdayaan ekonomi masyarakat melalui pertanian dan agribisnis berbasis nilai-nilai keagamaan. Pendekatan ini dapat menanamkan nilai konservasi dan kelestarian lingkungan sekaligus memperkuat kapasitas petani melalui penyuluhan yang relevan dengan konteks lokal dan keagamaan.

Secara keseluruhan, kelembagaan dan kebijakan lokal membutuhkan sinergi yang lebih baik, perbaikan tata kelola, serta kebijakan dan program yang inklusif untuk memperkuat dukungan terhadap teknologi sumber daya hemat, akses pembiayaan hijau, dan peran aktif lembaga keagamaan dalam penyuluhan pertanian.

4. Persepsi risiko & budaya — kekhawatiran tentang kegagalan teknologi dan resistensi terhadap perubahan praktik lama.

Persepsi risiko dan budaya memegang peran penting dalam resistensi petani terhadap adopsi teknologi hemat sumber daya. Banyak petani merasa khawatir akan kegagalan teknologi baru yang dianggap mahal dan berisiko terhadap hasil panen mereka. Ketakutan akan kehilangan modal akibat kegagalan teknologi membuat petani

enggan meninggalkan praktik lama yang sudah mereka percayai. Selain itu, perubahan praktik pertanian menuntut penyesuaian perilaku dan pemahaman baru, yang seringkali sulit diterima oleh komunitas dengan budaya agraris yang kuat dan keterbatasan akses informasi.

Budaya dan pengalaman turun-temurun membuat petani lebih percaya pada cara tradisional dan menganggap teknologi baru kurang relevan atau terlalu rumit. Hal ini diperparah oleh kesenjangan pengetahuan dan kurangnya pelatihan serta bimbingan teknis yang memadai. Meski teknologi dapat meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan, tanpa pendampingan dan demonstrasi yang meyakinkan, resistensi budaya ini sulit diatasi.

Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan program pelatihan yang kontekstual, memberikan bukti konkret keberhasilan teknologi, dan melibatkan tokoh masyarakat atau petani pionir sebagai agen perubahan. Pendekatan partisipatif yang menghargai kearifan lokal serta komunikasi yang efektif dapat meminimalisir kekhawatiran risiko dan mempercepat adopsi teknologi hemat sumber daya di kalangan petani. (Mamilianti, 2020)

Temuan ini cocok dengan literatur yang menyoroti hambatan adopsi teknologi dan kebutuhan dukungan kebijakan serta pembelajaran berbasis komunitas. (Lakhiar et al., 2024)

Secara garis besar, penelitian menunjukkan: (1) nilai-nilai *khalifah/amanah* hadir sebagai landasan moral yang kuat untuk praktik pertanian berkelanjutan; (2) religiusitas memfasilitasi motivasi, tetapi adopsi agroteknologi memerlukan dorongan praktis: manfaat ekonomi nyata, akses modal, dan pelatihan; (3) teknologi seperti irigasi presisi dan biochar dipandang potensial, tetapi skalabilitasnya dibatasi oleh biaya, akses, dan kapasitas; (4) intervensi yang paling efektif menggabungkan pendidikan nilai Islam dengan program teknis dan kebijakan pendukung. Beberapa temuan kunci ini didukung oleh literatur mutakhir yang saya kutip di bawah. (Karimi et al., 2022)

Pembahasan

Menautkan temuan dengan kerangka *khalifah* dan teori adopsi teknologi

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kerangka *khalifah fil ard* berfungsi sebagai katalisator normatif: ia memberi legitimasi moral pada tujuan lingkungan (konservasi air, perbaikan tanah). Namun, kerangka teologis tidak otomatis menerjemah menjadi tindakan teknis tanpa insentif material. Ini sesuai dengan pandangan teoritis bahwa nilai-nilai agama memengaruhi *niat normatif*, tetapi perilaku akhirnya dimediasi oleh faktor struktural (modal, pengetahuan, pasar). Oleh karena itu, optimalisasi agroteknologi sebagai implementasi *khalifah* menuntut strategi ganda: (a) penguatan pendidikan nilai dan legitimasi agama, dan (b) intervensi teknis-ekonomi untuk menurunkan hambatan adopsi. (Gada, 2024)

Efektivitas teknologi: bukti empiris vs. hambatan adopsi

Literatur teknis memperlihatkan bahwa teknologi seperti **irigasi presisi** dapat meningkatkan efisiensi air dan hasil (support: Lakhiar 2024 dan review terkait), dan **biochar** memperbaiki penyimpanan karbon dan sifat tanah (meta-review 2024). Temuan lapangan kami menunjukkan persepsi itu nyata di tingkat petani adopter tetapi juga menegaskan bahwa manfaat tersebut baru terasa bila: (1) biaya awal dapat diatasi (subsidi/kredit mikro), (2) ada pelatihan intensif, dan (3) ada model layanan purna jual. Oleh karena itu, rekomendasi praktis adalah menggabungkan teknologi dengan paket layanan (pelatihan + layanan kredit) yang sensitif agama dan sosial. (Lakhiar et al., 2024)

Peran tokoh agama dan lembaga lokal

Tokoh agama memainkan peran penting dalam membingkai teknologi sebagai bagian dari kewajiban menjaga bumi. Namun, peran mereka lebih efektif apabila diintegrasikan dalam program penyuluhan teknis yang konkret (mis. pesantren sebagai pusat pelatihan teknologi pertanian). Literature on eco-Islam menyarankan keterlibatan ulama dalam merancang pesan agar ajaran agama relevan dan praktis. Program intervensi yang melibatkan tokoh agama + penyuluh pertanian menunjukkan potensi lebih besar mendorong perubahan praktik. (Wani & Azhar, 2024)

Tokoh agama memiliki otoritas moral dan sosial yang kuat di masyarakat, terutama di komunitas agraris yang religius. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, mereka berperan penting dalam membingkai teknologi ramah-lingkungan sebagai bagian dari kewajiban keagamaan—yakni perintah untuk menjaga bumi (*hifz al-bi'ah*) dan menghindari kerusakan (*lā tufsidu fī al-ard*). Dengan pendekatan ini, teknologi pertanian tidak lagi dipersepsikan semata sebagai inovasi ekonomi, tetapi sebagai manifestasi tanggung jawab spiritual. Misalnya, penggunaan pupuk organik, pengelolaan air hemat, atau agroforestri dapat dijelaskan sebagai bentuk ibadah ekologis—amal yang bernilai pahala karena menjaga ciptaan Tuhan.

Namun, efektivitas peran tokoh agama meningkat secara signifikan ketika mereka tidak hanya berdakwah secara normatif, tetapi terlibat dalam kegiatan praktis dan kolaboratif. Pesantren, majelis taklim, atau lembaga dakwah dapat berfungsi sebagai pusat pelatihan teknologi pertanian yang menggabungkan nilai-nilai keagamaan dengan keterampilan teknis. Misalnya, pesantren ekologis (eco-pesantren) di Jawa Barat dan Jawa Timur telah menjadi model di mana santri tidak hanya belajar ilmu agama, tetapi juga praktik budidaya organik, daur ulang limbah, dan energi terbarukan. Kolaborasi dengan penyuluh pertanian atau lembaga riset memungkinkan ulama mentransformasikan narasi religius menjadi program pelatihan konkret yang berorientasi hasil.

Implikasi kebijakan dan rekomendasi praktis

Berdasarkan temuan dan literatur, kebijakan yang mendukung optimalisasi agroteknologi dalam kerangka *kehalifah* meliputi:

1. Skema pembiayaan hijau mikro: kredit/subsidi untuk alat irigasi presisi dan pembuatan biochar; model kredit yang disesuaikan dengan musim tanam. (lihat kajian teknologi irigasi dan hambatan adopsi). (Lakhiar et al., 2024)
2. Program pelatihan gabungan (teknis + nilai agama): modul pelatihan bersama penyuluh dan tokoh agama untuk menggabungkan legitimasi moral dan keterampilan teknis. (Wani & Azhar, 2024)
3. Platform layanan purna jual & jaringan layanan teknis: untuk memastikan keberlanjutan penggunaan perangkat presisi. (Antu et al., 2024)
4. Dukungan R&D lokal: adaptasi biochar dari limbah lokal dan model produksi yang ekonomis (mendorong circular agriculture). Literature baru menggarisbawahi potensi biochar bahkan dari limbah organik untuk kebutuhan nutrisi/pupuk. (Biswal & Balasubramanian, 2025)

Keterbatasan penelitian dan arah penelitian lanjutan

- Keterbatasan data kualitatif: temuan deskriptif kaya namun tidak kuantitatif; disarankan studi lanjut kuantitatif/eksperimen untuk mengukur besaran efisiensi/hasil.
- Waktu & jangka panjang: efek biochar dan perubahan SOC butuh pengamatan jangka panjang—studi longitudinal direkomendasikan. (Bekchanova et al., 2024)
- Skalabilitas: kajian kontekstual—implementasi kebijakan perlu disesuaikan dengan kondisi lokal.

D. Kesimpulan

Optimalisasi agroteknologi dalam bingkai *kehalifah fil ard* berpotensi kuat: nilai-nilai Islam memotivasi kepedulian lingkungan, sementara teknologi (irigasi presisi, biochar, agroekologi) menyediakan alat praktis untuk mewujudkan amanah tersebut. Keberhasilan implementasi menuntut integrasi antara legitimasi agama, dukungan ekonomi (modal & layanan), dan kapasitas teknis. Intervensi kebijakan yang menggabungkan pembiayaan hijau, pelatihan terpadu (teknis + agama), dan dukungan R&D lokal akan memperbesar peluang agar agroteknologi benar-benar menjadi wujud *kehalifah* yang produktif dan berkelanjutan.

E. Daftar Pustaka

- Antu, U. B., Islam, M. S., Ahmed, S., Arifuzzaman, M., Saha, S., Mitu, P. R., Sarkar, A. R., Mahiddin, N. A., Ismail, Z., Ibrahim, K. A., & Idris, A. M. (2024). Emerging technologies for efficient water use in agriculture: A review of current trends and future directions. *Journal of Water Process Engineering*, 68, 106317. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.106317>
- Aye, Z. C., Castella, J.-C., Xiong, M., Phimmasone, S., & Ehrensperger, A. (2024). How to measure agroecology? A rapid appraisal approach based on focus group discussions. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 48(10), 1428–1461. <https://doi.org/10.1080/21683565.2024.2386477>
- Arifin, M. A., Muhammad, F., Mahbub, I. A., & Zen, M. G. (2025). *Sinergi Ilmu Umum dan Agama: Pendekatan Holistik dalam Membimbing Siswa Madrasah Aliyah Melalui Program PPL*. Jurnal Abdimas Al Hidayah, 3(1), 16-24.
- Bekchanova, M., Kuppens, T., Cuypers, A., Jozefczak, M., & Malina, R. (2024). Biochar's effect on the soil carbon cycle: a rapid review and meta-analysis. *Biochar*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s42773-024-00381-8>
- Biswal, B. K., & Balasubramanian, R. (2025). Use of biomass-derived biochar as a sustainable material for carbon sequestration in soil: recent advancements and future perspectives. *Npj Materials Sustainability*, 3(1), 26. <https://doi.org/10.1038/s44296-025-00066-8>
- Deckert, J. L., & Wilson, M. (n.d.). Descriptive Research Methods (pp. 153–165). *University Press of Florida*. <https://doi.org/https://doi.org/10.5744/florida/9780813069548.003.0011>
- Fiore, V., Borrello, M., Carlucci, D., Giannoccaro, G., Russo, S., Stempfle, S., & Roselli, L. (2024). The socio-economic issues of agroecology: a scoping review. *Agricultural and Food Economics*, 12(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s40100-024-00311-z>
- Gada, M. Y. (2024). *Islam and Environmental Ethics*. Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI: 10.1017/9781009308236>
- Ibrahim, F. M. A., & Arifin, M. A. (2025). *The Quran And Positive Law: A Philosophical Review In A Normative Legal Perspective*. Klausula (Jurnal Hukum Tata Negara, Hukum Adminitrasi, Pidana Dan Perdata), 4(1), 32-38.
- Karimi, S., Liobikienė, G., & Alitavakoli, F. (2022). The Effect of Religiosity on Pro-environmental Behavior Based on the Theory of Planned Behavior: A Cross-Sectional Study Among Iranian Rural Female Facilitators. *Frontiers in Psychology*, 13, 745019. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.745019>
- Lakhiar, I. A., Yan, H., Zhang, C., Wang, G., He, B., Hao, B., Han, Y., Wang, B., Bao, R., Syed, T. N., Chauhdary, J. N., & Rakibuzzaman, M. (2024). A Review of Precision Irrigation Water-Saving Technology under Changing Climate for Enhancing Water Use Efficiency, Crop Yield, and Environmental Footprints. *Agriculture (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/agriculture14071141>
- Mamilianti, W. (2020). Persepsi Petani Terhadap Teknologi Informasi Dan Pengaruhnya

- Terhadap Perilaku Petani Pada Risiko Harga Kentang. *Agrika*, 14(2), 125.
<https://doi.org/10.31328/ja.v14i2.1390>
- Ouerghemmi, H., Frija, A., Shiri, Z., & Rejeb, H. (2024). Methodological guidelines for a rapid appraisal of agricultural innovation systems under agroecology (RAAIS-AE). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8(November), 1–11.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1470442>
- Rasyid, H., & Ningsih, G. (2024). Application of Sustainable Agricultural Technology to Increase Productivity and Food Security. *Journal of World Science*, 3, 500–506.
<https://doi.org/10.58344/jws.v3i4.594>
- Santoso, W. (2024). UNTUK PRODUKSI BUAH-BUAHAN BERSERTIFIKAT PRIMA.
- Song, K., Jiang, S., Liu, Z., Cai, Y., Liu, W., Bian, R., Zhang, X., Zheng, J., & Li, L. (2024). Biochar improves soil organic carbon sequestration potential in the topsoil and subsoil of a paddy field. *Current Research in Environmental Sustainability*, 8, 100267.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crsust.2024.100267>
- Wani, N. H., & Azhar, A. (2024). Islamic Environmental Ethics: Preserving the Sacred Balance. *International Journal For Multidisciplinary Research*, 6(3), 1–8.
<https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i03.20924>
- Zafar, M. B., & Abu-Hussin, M. F. (2025). Faith, growth, and ethics: cross-cultural analysis of religiosity and environment protection vis-a-vis economic priorities among Muslims. *Journal of Environmental Psychology*, 106, 102716.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2025.102716>
- Zai, W., Ziliwu, Y. M., & Waruwu, P. (2025). Peran Agroteknologi dalam Meningkatkan Produktivitas Pertanian. *Mikroba: Jurnal Ilmu Tanaman, Sains Dan Teknologi Pertanian*, 2(1), 110–117.