

Strategi Pengembangan Green Banking dalam Pembiayaan Berkelanjutan: Tantangan dan Peluang bagi Perbankan Syariah di Indonesia

Risma Wati¹, Muhammad Iqbal Fasa^{2*}

^{1,2}Perbankan Syariah, Ekonomi dan Bisnis Islam, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, Bandar Lampung, Indonesia.

Email: ¹riswti67@gmail.com, ^{2*}miqbalfasa@radenintan.ac.id

Abstract

The global climate crisis has become a critical global issue that negatively impacts the survival of living beings in the future, necessitating the involvement of various sectors, including banking. The banking sector plays a significant role in channeling financing to those in need, such as industries and society, by implementing the concept of green banking. Sustainable financing aims to support development that meets present needs without compromising future generations. Green banking emphasizes investments that consider environmental, social, and governance (ESG) impacts while maintaining a balance between financial profit and environmental sustainability. Green banking also plays a crucial role in supporting Indonesia's commitment to reducing carbon emissions within the context of developing environmentally friendly technologies and green financing. This study aims to identify gaps in the implementation of green banking and outline the challenges and opportunities for the banking sector in realizing a more sustainable financial system. Using a qualitative research method based on a literature review, this study finds that while green banking has the potential to support economic and environmental sustainability, its implementation is hindered by low green financial literacy among the public, regulatory limitations, and a lack of incentives for Islamic banks. However, opportunities remain open through government policies, increased public awareness, and financial sustainability innovations. Therefore, collaboration between the government, the banking sector, and society is a key factor in the successful implementation of the green banking concept in promoting green economic sustainability within the Islamic banking system.

Keywords: *Green Banking, Sustainable Financing, Challenges and Opportunities.*

Abstrak

Krisis iklim global menjadi isu penting dunia yang berdampak buruk terhadap keberlangsungan makhluk hidup di masa mendatang, sehingga menuntut keterlibatan berbagai sektor, termasuk perbankan. Perbankan memiliki peran besar dalam menyalurkan pembiayaan kepada pihak yang membutuhkan seperti industri maupun masyarakat dengan menerapkan konsep *green banking*. Pembiayaan berkelanjutan bertujuan untuk mendukung pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengorbankan generasi mendatang. *Green banking* menekankan investasi yang mempertimbangkan dampak lingkungan dan sosial (*Environmental, Social, and*

Governance/ESG), serta mengedepankan keseimbangan antara keuntungan finansial dan kelestarian lingkungan. *Green banking* juga berperan penting dalam mendukung komitmen Indonesia untuk berpatisipasi dalam menimbalisir emisi karbon dalam konteks pengembangan teknologi ramah lingkungan dan pembiayaan hijau. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kesenjangan dalam penerapan *green banking*, serta menguraikan tantangan dan peluang bagi sektor perbankan dalam mewujudkan sistem keuangan yang lebih berkelanjutan. Dengan metode kualitatif berbasis studi literatur, peneltian ini menemukan bahwa meskipun *green banking* berpotensi mendukung keberlanjutan ekonomi dan lingkungan, penerapannya masih terkendala rendahnya literasi keuangan hijau pada masyarakat, keterbatasan regulasi serta minimnya insentif bagi bank syariah. Namun peluang tetap terbuka melalui kebijakan pemerintah, peningaktan kesadaran masyarakat dan inovasi keuangan keberlanjutan. Untuk itu, kaloborasi antara pemerintah, sektor perbankan, dan masyarakat menjadi faktor kunci tercapainya keberhasilan konsep *green banking* dalam mendorong keberlanjutan ekonomi hijau pada sistem perbankan syariah.

Kata Kunci: *Green Banking*, Pembiayaan Berkelanjutan, Tantangan dan Peluang.

1. PENDAHULUAN

Menurut Bank Dunia (2021), Indonesia menempati peringkat ketiga sebagai negara dengan risiko iklim tertinggi, dengan 80% bencana alam disebabkan oleh perubahan iklim. Faktor utama penyebab permasalahan lingkungan meliputi teknologi, pertumbuhan penduduk, motif ekonomi, dan sistem nilai. Laporan *World Economic Forum* tahun 2013 mengidentifikasi ekonomi dan lingkungan sebagai risiko utama dunia. Kerusakan lingkungan akibat praktik industri yang tidak berkelanjutan berdampak negatif pada perekonomian global, terutama di era globalisasi. Kelestarian lingkungan menjadi sangat penting karena masalah pada satu aspek lingkungan akan berdampak pada aspek lainnya. Seperti yang ditekankan oleh Tristy, Marsatana Tartila, dan Aminah Aminah (2020), dan Arliman, Laurensius (2018), interkoneksi antara ekonomi dan lingkungan menuntut perhatian serius terhadap pengelolaan sumber daya alam dan praktik industri yang ramah lingkungan untuk memastikan keberlanjutan ekonomi dan kesejahteraan global. Perbankan merupakan sektor keuangan, yang memiliki peran penting dalam memitigasi risiko lingkungan yang disebakan oleh perubahan iklim terutama melalui kebijakan pendanaan dan investasi yang berkelanjutan.

Dalam sektor perbankan, konsep bank hijau menjadi isu dalam pertumbuhan ekonomi (Anggraini et al., 2019). Bank hijau mengadopsi serta menerapkan teknologi ramah lingkungan dalam operasionalnya, baik secara internal maupun eksternal, guna mengurangi jejak karbon serta mendukung pengelolaan lingkungan yang lebih baik (Bose et al., 2017). Perbankan hijau secara umum juga disebut sebagai perbankan lingkungan, perbankan etis, atau perbankan berkelanjutan. Dalam cakupan yang lebih luas, perbankan hijau mencerminkan praktik perbankan yang mendukung nasabahnya untuk mengurangi jejak karbon dalam aktivitas mereka (Tara et al., 2015).

Istilah *Green banking* awalnya merupakan paradigma pembangunan nasional yang disebut *greedy economy*. Konsep ini memiliki makna yang berbeda, *greedy economy* hanya mengedepankan pertumbuhan ekonomi semata yang mengabaikan dampak lingkungan. Sedangkan *green economy* mengutamakan prinsip kerberlanjutan dengan keselarasan aspek ekonomi yaitu profit, sosial, dan lingkungan (Andarsari, 2020). *United Nations Environmental Program* (UNEP) mendefinisikan *green banking* sebagai kegiatan keuangan yang bertujuan meningkatkan taraf hidup masyarakat dan

keadilan sosial sekaligus mengurangi dampak lingkungan secara nyata sehingga membangun keseimbangan ekologi (Rehman et al., 2021). Secara ringkas, *green banking* mengacu pada sistem perbankan yang efisien dalam penggunaan sumber daya, rendah emisi karbon, dan inklusif secara sosial. Penerapan *green banking* diwujudkan melalui berbagai praktik perbankan yang berkelanjutan.

Lembaga keuangan, elemen kunci dalam pembangunan suatu negara, meningkatkan tingkat layanannya sekaligus meningkatkan dampak sosialnya melalui praktik pembiayaan ramah lingkungan (Sari dan Fasa, 2023). Pembiayaan berkelanjutan menjadi suatu prioritas investasi pada usaha dan proyek yang memberikan dampak positif bagi lingkungan. Pembiayaan ini merupakan sebuah solusi untuk tiga ancaman saat ini dalam ekonomi global yaitu, perubahan iklim, kendala energi dan krisis energy (Uddin, 2013). Pembiayaan hijau mencakup berbagai aspek, termasuk investasi hijau, kebijakan pembiayaan hijau di sektor publik, serta sistem keuangan hijau. Definisi ini memperjelas cakupan investasi hijau, seperti adaptasi terhadap perubahan iklim, pengembangan energi terbarukan, peningkatan efisiensi energi, serta upaya mitigasi perubahan iklim lainnya, seperti kegiatan reboisasi. Komponen dalam sistem keuangan hijau juga mencakup berbagai instrumen investasi yang berfokus pada keberlanjutan, seperti Dana Iklim Hijau serta instrumen keuangan khusus untuk investasi hijau, seperti obligasi hijau dan dana hijau terstruktur (Julia & Kasim, 2019). Dengan demikian, *green banking* tidak sekadar menghindari praktik yang merugikan lingkungan, tetapi juga secara aktif berkontribusi pada pelestarian alam (Akhter et al., 2021).

Perbankan berbasis syariah memiliki potensi yang kuat sebagai salah satu lembaga keuangan untuk berkontribusi terhadap ekosistem pembiayaan berkelanjutan bagi kehijauan dunia (Alfarizi dkk, 2023). Hal ini didasari dengan adanya penerapan konsep syariah yang merupakan kode moral hukum Islam yang mengatur banyak aspek kehidupan termasuk lingkungan dimana Islam fokus terhadap pelestarian sumber daya dan menghargai ciptaan Allah SWT (johan 2022, Julia dan kassim, 2020). Dalam praktiknya, perbankan syariah memiliki peran untuk berkontribusi terhadap ekosistem pembiayaan berkelanjutan melalui model bisnis *green banking* atau serangkaian program pembiayaan untuk proyek-proyek yang tidak merusak lingkungan, mengarah ke bisnis berkelanjutan dan tidak mengalokasikan pembiayaan dalam bentuk investasi terhadap produk yang dilarang Al-Qur'an dan dalam bentuk investasi yang memiliki implikasi merusak lingkungan ataupun kegiatan yang tidak menghargai ciptaan Allah SWT (Uddin , 2016 dan Zheng , dkk., 2021). Peran perbankan syariah dalam upaya membangun ekonomi berkelanjutan sangat besar dalam aspek manajemen keuangan negara. Namun, keberhasilannya bergantung pada bagaimana bank syariah mampu memanfaatkan peluang dan mengatasi tantangan yang ada (Alfiasyah dan Nisa, 2024).

2. KAJIAN TEORI

Perbankan hijau mengintegrasikan keberlanjutan ke dalam operasional perbankan, mendorong praktik ramah lingkungan. Bank yang menerapkan prinsip ini dikenal sebagai institusi keuangan yang berfokus pada aspek sosial dalam berkelanjutan ekonomi, sering disebut sebagai bank hijau atau green banking (Hossain et al., 2020 dan Zhixia et al. 2018). Menurut definisi dari *World Bank*, bank hijau adalah institusi keuangan yang mengutamakan keberlanjutan dalam praktik bisnisnya, sehingga bank yang mengadopsi *green banking* dapat mencapai hasil yang baik bagi perusahaan, menciptakan keunggulan kompetitif, identitas perusahaan yang positif, dan citra merek yang kuat untuk memenuhi tujuan bisnis yang telah ditetapkan (Anggraini et al., 2019). Lalon dan Raad (2015) menyatakan bahwa *green banking* berfokus pada keberlanjutan dengan melakukan upaya perlindungan lingkungan serta mempromosikan inisiatif

lingkungan yang bertanggung jawab secara sosial. *Green banking* mencerminkan praktik perbankan di mana lembaga keuangan berupaya beroperasi dengan kesadaran akan aspek keberlanjutan, baik secara internal maupun eksternal.

Menurut United Nations Environmental Program (UNEP), *green banking* merupakan aktivitas keuangan yang meningkatkan kesejahteraan manusia dan kesetaraan sosial, sekaligus mengurangi risiko lingkungan dan membangun hubungan ekologis yang sehat (Rehman et al., 2021). Prinsip utamanya adalah penguatan manajemen risiko lingkungan perbankan dan peningkatan portofolio pembiayaan ramah lingkungan, mencakup energi terbarukan, efisiensi energi, pertanian organik, ekowisata, transportasi berkelanjutan, dan produk bersertifikasi ramah lingkungan (Hanif et al., 2020). Beberapa langkah yang dapat diambil untuk mengimplementasikan layanan perbankan yang berwawasan lingkungan mencakup penggunaan internet banking, penyediaan rekening giro yang berbasis lingkungan, penyaluran pinjaman hijau, layanan *mobile banking*, transaksi perbankan elektronik, serta upaya penghematan energi yang mendukung program keberlanjutan lingkungan (Lilik Handayani et al., 2019).

Perbankan hijau (*green banking*) merupakan lembaga keuangan yang memprioritaskan keberlanjutan dalam seluruh praktik bisnisnya. Hal ini sejalan dengan tren global *sustainable finance* atau pembiayaan berkelanjutan yang telah menjadi paradigma baru dalam sektor perbankan dan lembaga keuangan lainnya untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Pembiayaan hijau, sebagai bagian integral dari pembiayaan berkelanjutan didefinisikan sebagai dukungan finansial untuk pertumbuhan ekonomi hijau yang secara signifikan mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dan polutan udara (Suharno, 2010). Berdasarkan OJK, pembiayaan hijau memiliki lima dimensi, yaitu pencapaian keunggulan dalam aspek sosial dan ekonomi untuk mengurangi ancaman pemanasan global serta mencegah permasalahan lingkungan dan sosial lainnya; pergeseran menuju ekonomi rendah karbon yang kompetitif; promosi investasi ramah lingkungan di berbagai sektor ekonomi; serta dukungan untuk pelaksanaan prinsip-prinsip pembangunan Indonesia 4P (*pro-growth, pro-jobs, pro-poor, dan pro-environment*) (Hanif et al., 2020). Jenis-jenis bisnis yang termasuk dalam pembiayaan hijau meliputi energi terbarukan, efisiensi energi, pengelolaan limbah padat, pengelolaan limbah cair, energi alternatif, bata bakar, batu bata non-api, produk daur ulang, industri hijau, dan aspek keselamatan serta keamanan pabrik (Ilahi et al., 2023).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur untuk menelaah tantangan dan peluang implementasi *green banking* dan pembiayaan berkelanjutan di sektor perbankan syariah Indonesia. Sumber literatur dipilih berdasarkan kriteria relevansi, kredibilitas, kebaruan, dan validitas metodologi, mencakup jurnal ilmiah bereputasi, buku akademik, laporan penelitian, serta dokumen sekunder pendukung. Pengumpulan data dilakukan melalui pencarian di basis data akademik seperti Google Scholar, Scopus, serta Sinta untuk publikasi dalam negeri, kemudian diseleksi berdasarkan abstrak, metode, dan temuan utama yang relevan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode analisis tematik, yang meliputi identifikasi tema utama terkait tantangan dan peluang *green banking*, pengelompokan berdasarkan kesamaan dan perbedaan, serta interpretasi untuk menemukan pola dan faktor kunci yang mempengaruhi implementasi *green banking* dalam perbankan syariah. Pendekatan ini memungkinkan penelitian menghasilkan kesimpulan yang komprehensif mengenai strategi perbankan syariah dalam meningkatkan kontribusinya terhadap pembiayaan berkelanjutan di Indonesia.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

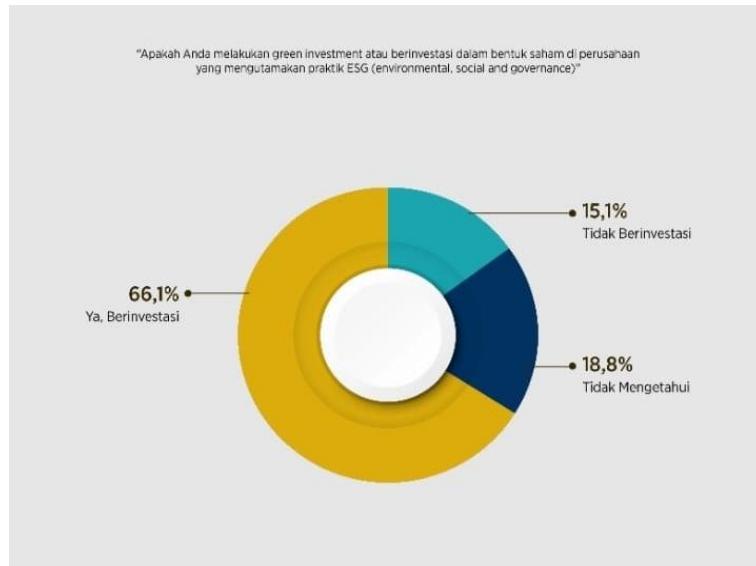
Strategi Implementasi *Green Banking*

Green banking sudah menjadi isu penting, terutama pada sektor perbankan dalam upaya mendorong ekonomi hijau yang berkelanjutan. Dalam mendukung konsep tersebut, Bank Indonesia telah melakukan kebijakan berupa strategis dalam mengembangkan konsep *green banking* sebagai berikut: (Kontesa, Fernando, dan Hartati, 2023)

- 1) Pedoman *Green Banking*: Bank Indonesia telah menerbitkan Pedoman Keuangan Berkelanjutan untuk membimbing bank-bank di Indonesia dalam mengintegrasikan prinsip keberlanjutan ke dalam strategi bisnis dan operasional mereka. Pedoman ini mencakup pengelolaan risiko lingkungan dan sosial, pengembangan produk dan layanan ramah lingkungan, serta pelaporan keberlanjutan. Regulasi ini selaras dengan peraturan lain seperti Peraturan OJK No. 51/POJK.03/2017 tentang Keuangan Berkelanjutan, Taksonomi Keuangan Berkelanjutan (TKB) 2022, *incentif green financing, implementasi ESG (Environmental, Social, Governance),* dan digitalisasi untuk mendukung keuangan berkelanjutan.
- 2) Laporan Keberlanjutan: Bank diwajibkan untuk mengungkapkan dampak lingkungan dan sosial dari aktivitas mereka, termasuk upaya mitigasi yang dilakukan. Dalam penyusunan laporan keberlanjutan, bank-bank di Indonesia umumnya merujuk pada standar global, seperti *Global Reporting Initiative (GRI)* atau *Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD)*.
- 3) Dukungan kebijakan: Bank Indonesia secara aktif mendukung penerapan *green banking* melalui berbagai kebijakan dan insentif. Contohnya, regulasi perbankan yang ramah lingkungan dan dukungan terhadap adopsi teknologi hijau, seperti yang tercantum dalam Peraturan OJK No. 51/POJK.03/2017 tentang Keuangan Berkelanjutan. Dukungan ini dapat berupa penyederhanaan regulasi untuk produk dan layanan *green banking*, fasilitas pembiayaan untuk investasi teknologi hijau, atau insentif fiskal bagi bank yang mencapai target kinerja keberlanjutan tertentu.

Dalam mendukung strategi penerapan *konsep green banking* diperlukan beberapa upaya dalam mengembangkan implementasi untuk mendorong tercapainya pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan:

- 1) *Green Invesment*: Merupakan bentuk investasi yang mendukung proyek-proyek berkelanjutan dan ramah lingkungan. *Green banking* memiliki keterkaitan dengan *green investment*, yang dapat dilihat dari pengaruhnya terhadap sikap individu dalam berinvestasi (Awatara & Hamdani, 2019). Keberhasilan penerapan *green banking* sangat bergantung pada tingkat kepuasan nasabah, yang ditentukan oleh respons mereka terhadap tujuan layanan perbankan dalam periode tertentu (Jun & Cai, 2001). Keputusan bank untuk mengadopsi perbankan hijau dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling terkait, termasuk tekanan dari pemangku kepentingan seperti nasabah yang semakin peduli lingkungan, meningkatnya kesadaran akan tanggung jawab sosial perusahaan (CSR), tuntutan dari masyarakat sipil, dan dorongan dari kebijakan pemerintah yang mendukung praktik berkelanjutan. Faktor-faktor ini secara bersama-sama membentuk lingkungan operasional yang mendorong atau menghambat penerapan prinsip-prinsip perbankan hijau (Heim & Zenklusen, 2005).



Gambar 1. Praktik Investasi Perusahaan (ESG)
Sumber : Survei KIC(2022)

Pada gambar diatas menjelaskan bahwas survei menunjukkan tren positif dalam strategi investasi yang mempertimbangkan faktor lingkungan. Meskipun faktor-faktor konvensional seperti kualitas layanan dan kinerja keuangan masih menjadi pertimbangan utama, 33.9% responden mempertimbangkan reputasi lingkungan bank, dan 66,1% berinvestasi di perusahaan ESG (lingkungan, sosial, tata kelola). Meningkatnya kesadaran akan isu lingkungan memberikan peluang bagi bank untuk meningkatkan reputasi dan daya saing melalui strategi *green investment*. Dengan berinvestasi di perusahaan dan proyek yang berkelanjutan, bank dapat menunjukkan komitmen terhadap keberlanjutan dan menarik nasabah yang semakin peduli terhadap dampak lingkungan dari aktivitas keuangan mereka. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa 75,3% responden memilih *green investment* karena merasa lebih aman dengan reputasi perusahaan yang baik (Katadata. Co. id,2022).



Gambar 2. Alasan Investasi Hijau
Sumber : Survei KIC(2022)

Data responden menunjukkan kesenjangan antara potensi pasar *green investment* dan tingkat kesadaran masyarakat akan *green finance* / keuangan hijau. Meskipun minat terhadap investasi berkelanjutan tinggi, 42.3% responden tidak mengetahui apakah bank mereka telah menerapkan prinsip *green finance*, dan 75.3% menganggap kesadaran masyarakat akan produk berkelanjutan masih rendah. Ini menyoroti pentingnya strategi *green investment* yang terintegrasi dengan strategi green banking yang lebih luas, yang melibatkan edukasi dan transparansi. Agar dapat menarik investor dan nasabah yang peduli lingkungan, bank perlu meningkatkan transparansi dalam pelaporan praktik *green finance* mereka. Laporan keberlanjutan yang komprehensif dan mudah dipahami akan membangun kepercayaan dan menunjukkan komitmen bank terhadap keberlanjutan. Ini akan menjawab kekhawatiran 42.3% responden yang tidak mengetahui praktik *green finance* bank mereka. Bank perlu mengembangkan produk *green investment* yang inovatif dan terjangkau bagi berbagai segmen masyarakat. Produk ini harus dirancang dengan mempertimbangkan preferensi pasar, termasuk pertimbangan harga dan keuntungan finansial yang diutamakan oleh 50.5% responden. Ini dapat berupa reksa dana syariah yang berinvestasi pada perusahaan ESG dengan biaya yang kompetitif (Katadata. Co. id,2022).

Bank-bank di Inggris telah memasukkan aspek lingkungan sebagai pertimbangan dalam proses pengambilan keputusan terkait pemberian pinjaman korporasi. Mereka memanfaatkan informasi lingkungan dari berbagai laporan untuk menilai tingkat risiko serta keberlanjutan calon peminjam. Hal ini menegaskan bahwa *green banking* kini menjadi faktor yang semakin penting dalam keputusan keuangan dan pemberian kredit, dengan mempertimbangkan dampak lingkungan secara lebih luas (Thompson & Cowton, 2004). Strategi *green investment* menjadi langkah utama bagi bank dalam berpartisipasi mendukung pengembangan konsep *green banking* dengan mendukung proyek-proyek yang berkelanjutan serta memberikan inisiatif perhatian yang lebih.

- 2) *Green competitive strategies:* Berperan dalam mendukung keberhasilan implementasi *green banking* dengan memberikan dampak positif terhadap perilaku perbankan yang lebih ramah lingkungan (Tonmoy, 2013). *Green competitive strategies* merupakan proses yang dilakukan perusahaan untuk mencapai keunggulan bersaing secara sehat dengan menitikberatkan pada aspek keberlanjutan lingkungan di masa depan. Bank sebaiknya memprioritaskan gaya hidup hijau dan mendorong masyarakat Indonesia untuk lebih peduli dalam menjaga kelangsungan hidup serta kelestarian lingkungan (Awatara & Hamdani, 2019). Jika strategi ini diterapkan dengan baik, maka implementasi *green banking* dapat berjalan lebih efektif (Naser, 2016). Chen (2011) juga menekankan pentingnya bagi perusahaan untuk mengembangkan budaya organisasi yang berorientasi pada lingkungan serta kepemimpinan yang mendukung keberlanjutan. Hal ini bertujuan untuk memperkuat identitas organisasi hijau sekaligus meningkatkan keunggulan kompetitif perusahaan dalam aspek keberlanjutan. Bank Muamalat Indonesia menerapkan strategi ini, melalui efisiensi energi dan air, pengelolaan limbah, pengurangan kertas, serta pembangunan *Green Building* untuk meminimalkan risiko pemanasan global.
- 3) Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL): Strategi *green banking* menekankan keberlanjutan dalam operasional perbankan, termasuk evaluasi risiko lingkungan melalui AMDAL. Bank tidak hanya melihat AMDAL sebagai persyaratan administratif, tetapi juga sebagai komitmen untuk memitigasi dampak lingkungan dan sosial sehingga bank perlu meminta laporan atas tindak lanjuta rekomendasi kepada debitur (Otoritas Jasa Keuangan, 2019). Selain itu, tata kelola

yang efektif berperan dalam transparansi *green banking*. Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) merupakan alat krusial dalam strategi green banking untuk mengelola risiko lingkungan. Dengan melakukan AMDAL secara menyeluruh, bank dapat mengidentifikasi dan menilai potensi dampak lingkungan dari operasional dan investasi mereka, memungkinkan pengembangan strategi mitigasi yang efektif. Ini melindungi bank dari kerugian finansial dan reputasional akibat pelanggaran lingkungan, sekaligus memastikan kepatuhan terhadap regulasi.

- 4) *Corporate Social Responsibility*: *Corporate Social Responsibility* (CSR) mencakup pengambilan keputusan perusahaan yang berlandaskan nilai-nilai etika, kepatuhan hukum, dan penghargaan terhadap manusia, masyarakat, dan lingkungan. Aspek-aspek CSR meliputi tata kelola perusahaan (*corporate governance*), kepedulian lingkungan, kondisi kerja dan standar karyawan, hubungan perusahaan-masyarakat, serta investasi sosial perusahaan (Ernawan, 2014). CSR membantu mengatasi tantangan *green banking*, seperti rendahnya kesadaran lingkungan dan keterbatasan regulasi, melalui edukasi dan inovasi keuangan hijau. Selain itu, CSR membuka peluang bagi bank untuk meningkatkan reputasi, menarik investor, dan memperluas pasar keuangan berkelanjutan. Langkah ini bertujuan untuk mendukung perkembangan produk dan layanan keuangan yang selaras dengan prinsip keuangan berkelanjutan (Handajani, 2019).

Praktik *green banking* berdampak positif pada kinerja perusahaan perbankan yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia (BEI) periode 2018-2020. Semakin baik penerapan praktik *green banking*, semakin baik pula kinerja perusahaan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kesadaran masyarakat akan isu lingkungan; perusahaan yang berupaya meminimalisir dampak negatif lingkungan mendapatkan empati publik yang lebih tinggi, meningkatkan nilai jual dan kinerja perusahaan. Praktik *green banking* yang ramah lingkungan, seperti pengurangan penggunaan kertas melalui digitalisasi dan upaya pencegahan pencemaran (Handajani, 2019; Awatara et al., 2020; Handajani et al., 2019), mendukung terciptanya perbankan berkelanjutan yang bermanfaat bagi lingkungan dan kinerja perusahaan secara simultan.

Agar *green banking* di Indonesia berkembang lebih pesat dan menciptakan sistem keuangan yang lebih berkelanjutan, dibutuhkan kerja sama dari berbagai pihak. Regulator, pemerintah, dan semua pihak terkait perlu mengambil langkah-langkah konkret untuk mewujudkannya: (Kontesa, Fernando, dan Hartati, 2023).



Gambar 3. Ekosistem Keuangan Berkelanjutan Indonesia
Sumber : Roadmap Keuangan Berkelanjutan Tahap II , OJK (2021).

- 1) Regulasi yang lebih kuat: Bank Indonesia dan otoritas terkait harus terus menyempurnakan regulasi yang mendukung *green banking*. Aturan ini perlu mencakup manajemen risiko lingkungan dan sosial, inovasi produk keuangan berkelanjutan, serta kewajiban dalam pelaporan keberlanjutan. Misalnya Bank harus mengalokasikan minimal 10% dari total kredit untuk proyek berkelanjutan.
- 2) Incentif dan Dukungan Pemerintah: Pemerintah perlu memberikan incentif bagi bank yang menerapkan *green banking*, seperti pembebasan pajak, subsidi, atau akses kredit berbunga rendah untuk proyek ramah lingkungan. Dengan adanya incentif ini, bank akan lebih terdorong untuk mengalokasikan dana bagi proyek-proyek berkelanjutan dan pengembangan teknologi hijau.
- 3) Edukasi dan Pelatihan: Otoritas pemerintah dan regulator perbankan perlu mengadakan program edukasi serta pelatihan bagi institusi keuangan guna meningkatkan pemahaman tentang pentingnya perbankan berkelanjutan. Langkah ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman industri perbankan mengenai keberlanjutan serta memastikan bahwa bank memiliki kompetensi dalam mengimplementasikan praktik keuangan berkelanjutan. Misalnya Sosialisasi produk keuangan hijau bagi nasabah dan UMKM.
- 4) Kolaborasi Antarsektor: Sinergi antara pemerintah, regulator perbankan, dan pemangku kepentingan lainnya sangat diperlukan untuk memperkuat strategi nasional dalam mendorong *green banking*. Kolaborasi ini dapat mencakup pertukaran informasi, pengembangan kebijakan bersama, serta inisiatif kolektif untuk mempercepat adopsi keuangan berkelanjutan. Misalnya bank, menyalurkan kredit hijau kepada perusahaan yang mengembangkan energi terbarukan atau industri ramah lingkungan.
- 5) Peningkatan Kesadaran Masyarakat: Pemerintah dan otoritas perbankan perlu berperan aktif dalam meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya perbankan berkelanjutan melalui berbagai program sosialisasi dan edukasi. Upaya ini dapat mencakup penyuluhan bagi UMKM dan komunitas mengenai akses terhadap pembiayaan berbasis keberlanjutan serta manfaat investasi ramah lingkungan. Selain itu, kampanye publik yang informatif dan mudah diakses dapat membantu mendorong adopsi prinsip *green banking* di berbagai lapisan masyarakat, sehingga menciptakan ekosistem keuangan yang lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan dan sosial.
- 6) Pengawasan dan Penegakan Hukum: Regulator perbankan memiliki peran penting dalam memastikan kepatuhan bank terhadap prinsip *green banking* melalui sistem pengawasan yang ketat serta penegakan regulasi yang efektif. Dengan adanya pengawasan yang optimal, bank akan lebih bertanggung jawab dalam menerapkan praktik keuangan berkelanjutan serta berkontribusi dalam menjaga keseimbangan lingkungan dan sosial dalam operasionalnya. Sebagai contoh, Otoritas Jasa Keuangan (OJK) dan Bank Indonesia (BI) telah menetapkan kebijakan yang mewajibkan bank untuk menerapkan prinsip keberlanjutan, termasuk dalam aspek pelaporan keberlanjutan serta penyaluran pembiayaan hijau.

Selain itu, regulator juga dapat mendorong penerapan incentif bagi bank yang berhasil mengintegrasikan aspek lingkungan dalam strategi bisnisnya, sekaligus memberlakukan sanksi bagi yang tidak memenuhi ketentuan. Dengan langkah-langkah ini, sistem keuangan yang lebih berkelanjutan dan bertanggung jawab dapat tercipta, mendukung pertumbuhan ekonomi yang selaras dengan prinsip pelestarian lingkungan.

Tantangan dan Peluang dalam Mewujudkan Konsep *Green Banking* Pada Pembiayaan Berkelanjutan Bank Syariah

Penerapan *green banking* dalam pembiayaan berkelanjutan menghadapi berbagai tantangan dan peluang yang memengaruhi keberhasilannya. Tantangan dan peluang meliputi beberapa aspek seperti sosial, ekonomi dan lingkungan.

1) Aspek Sosial

- a. Edukasi dan Pemahaman Publik Terkait Pembiayaan Berkelanjutan, perbankan syariah menghadapi tantangan, berupa ketidakselarasan kerangka kerja yang menghambat operasional serta rendahnya literasi keuangan syariah di kalangan masyarakat (Umida, Anggriani, & Zulfikar, 2024). Tantangan sosial dalam penerapan *green banking* meliputi edukasi dan pemahaman publik mengenai pentingnya pembiayaan berkelanjutan, serta penguatan kapasitas masyarakat dalam berpartisipasi aktif dalam inisiatif ramah lingkungan. Namun, tantangan tersebut dapat diatasi melalui program pendidikan dan sosialisasi yang komprehensif yang bertujuan meningkatkan pemahaman masyarakat, tidak hanya dalam tentang keuangan dan perbankan, malainkan ekonomi secara lebih luas. Upaya ini sejalan dengan prinsip pembangunan ekonomi berkelanjutan yang mengedepankan nilai sosial dan pendidikan (Umida, Anggriani, & Zulfikar, 2024).
- b. Implementasi *Corporate Social Responsibility* (CSR), merupakan komitmen perusahaan untuk meningkatkan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat dengan mempertimbangkan dampak negatifnya (Agus Rusmana et al., 2019). CSR membantu mengatasi tantangan *green banking*, seperti rendahnya kesadaran lingkungan dan keterbatasan regulasi, melalui edukasi dan inovasi keuangan hijau. Selain itu, CSR membuka peluang bagi bank untuk meningkatkan reputasi, menarik investor, dan memperluas pasar keuangan berkelanjutan. Regulator perlu menetapkan mekanisme insentif yang mendorong penerapan *green banking*. Selain itu, diperlukan sanksi yang tegas bagi pelanggaran terhadap prinsip perbankan berkelanjutan. Langkah ini bertujuan untuk mendukung perkembangan produk dan layanan keuangan yang selaras dengan prinsip keuangan berkelanjutan (Handajani, 2019).
- c. Inovasi Pelaporan hijau, Perbankan syariah perlu merancang dan memperkenalkan inovasi dalam pelaporan hijau, dengan memastikan format standar yang sesuai dengan prinsip *green banking*. Standarisasi ini bertujuan untuk meningkatkan transparansi, akuntabilitas, dan efisiensi dalam penerapan keuangan berkelanjutan. Menurut Ilahi, Asnawi, dan Lesmana (2023), standar *green banking* dalam perbankan syariah mencakup lima aspek utama: Memelihara iman, Menjaga diri manusia, Melestarikan intelektual, Melestarikan masa depan, Menjaga kekayaan .

2) Aspek Ekonomi

- a. Ruang Lingkup Pasar, Indonesia, sebagai negara dengan mayoritas penduduk beragama Islam, memiliki potensi besar dalam menerapkan konsep *green banking* yang sejalan dengan nilai-nilai Islam. *Green banking* memiliki peluang sukses lebih besar dengan menargetkan pasar konsumen Muslim, mengingat daya tariknya yang selaras dengan nilai-nilai agama. Pasar Muslim yang berkembang pesat dapat ditemukan di berbagai negara seperti negara-negara Teluk, Malaysia, Indonesia, dan Turki (Ilahi, Asnawi, & Lesmana, 2023). Perilaku konsumen di wilayah ini sangat dipengaruhi oleh prinsip Islam dan nilai-nilai keagamaan, namun tetap mengikuti tren konsumen global (Wilson, 2013).

- b. Keputusan Investasi, Perbankan syariah berperan dalam pembangunan ekonomi berkelanjutan melalui investasi hijau. Namun, tantangan utama dalam pemberian berkelanjutan adalah pengambilan keputusan investasi yang harus sesuai dengan prinsip syariah dan mempertimbangkan dampak lingkungan (Dewi et al., 2023). Kurangnya pemahaman masyarakat tentang perbankan syariah juga mengurangi minat terhadap layanan ini (Alfiansyah & Nisa (2024). Meski demikian, perbankan syariah dapat memanfaatkan peluang dengan fokus pada pemberian proyek berkelanjutan yang ramah lingkungan. Banyak industri halal membutuhkan pendanaan untuk proyek berkelanjutan, sehingga bank syariah dapat berperan sebagai investor dalam mendukung ekonomi yang selaras dengan prinsip syariah.
- c. Mendorong Pemberian dalam sektor energi dan pangan, peran perbankan dalam mendukung pemberian di sektor energi dan ketahanan pangan sangat penting untuk mencapai swasembada di kedua bidang tersebut. Dukungan ini juga berkontribusi dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan dapat diperluas ke sektor lain, seperti jasa, transportasi, industri, perumahan, ekonomi kreatif, serta sektor strategis lainnya yang menerapkan prinsip keberlanjutan (Hayati, dkk., 2020). Selain itu, pemberian energi terbarukan menawarkan peluang besar bagi perbankan dalam mendukung transisi menuju energi bersih. Namun, terdapat beberapa tantangan, antara lain: keterbatasan informasi karena pasar masih dalam tahap awal, minimnya referensi proyek energi bersih yang berhasil secara komersial, ketidakstabilitan penyebarluasan informasi di antara pemangku kepentingan, serta kurangnya tenaga ahli di lembaga keuangan yang mampu menilai proposal proyek energi bersih (ICED II, 2016). Bank konvensional dan syariah wajib mendanai proyek hijau, seperti pengolahan limbah, energi terbarukan, daur ulang, dan akses air bersih, baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan menekankan aspek keberlanjutan dan perlindungan lingkungan (Julia & Kasim, 2019)
- d. Pemanfaatan teknologi informasi secara optimal , implementasi *green banking* dalam sektor perbankan perlu diperkuat dengan pemanfaatan teknologi informasi secara optimal. Upaya ini mencakup digitalisasi layanan perbankan untuk mendukung transaksi elektronik, serta penerapan sistem yang aman dalam pengelolaan dan penyimpanan dokumen rahasia bank maupun dokumen transaksi lainnya. Dengan demikian, efisiensi operasional dapat meningkat sekaligus mengurangi ketergantungan pada penggunaan kertas, sejalan dengan prinsip keberlanjutan. Dukungan ini sejalan dengan kebijakan *paperless* (tanpa kertas) sebagai bagian dari praktik *green banking* dalam operasional perbankan (Handajani, 2019)..
- e. Perbankan syariah mendukung stabilitas ekonomi, dengan prinsip keadilan dan transparansi, namun menghadapi tantangan dalam pengelolaan risiko. Pengawasan ketat dan manajemen risiko yang efektif diperlukan untuk menjaga stabilitas jangka panjang (Alfiansyah & Nisa, 2024; Umida et al., 2024). Keberagaman keahlian dalam dewan direksi meningkatkan pengawasan dan akuntabilitas terhadap kebijakan lingkungan. Dengan strategi yang tepat, bank dapat memastikan implementasi *green banking* yang berkelanjutan serta memitigasi risiko lingkungan terhadap kredit (Tauringana & Chithambo, 2015). Selain itu, langkah ini juga bertujuan untuk memperkuat peran bank sebagai institusi yang bertanggung jawab terhadap pencapaian pembangunan berkelanjutan (Handajani et al., 2019). Hal tersebut menjadi langkah utama bagi bank dalam berpartisipasi mendukung program pemerintah untuk mengurangi emisi karbon yang berdampak pada krisis iklim global dunia.

3) Aspek Lingkungan

- a. Transformasi digital dalam perbankan, seperti pemanfaatan *mobile banking*, tidak hanya mempermudah transaksi tetapi juga mendukung kebijakan *green banking* dengan mengurangi penggunaan kertas didukung peningkatan keterampilan IT pegawai, langkah ini bermanfaat bagi pegawai sejalan dengan tujuan keberlanjutan jangka panjang (Toha & Arislan, 2024). Digitalisasi ini berkontribusi pada efisiensi operasional dan meningkatkan inklusivitas layanan keuangan. Namun, menurut Alfiansyah & Nisa (2024), meskipun digitalisasi membawa manfaat besar bagi industri perbankan, proses ini juga memiliki dampak lingkungan, seperti peningkatan konsumsi energi dan limbah elektronik. Lebih lanjut, Umida, Anggriani, & Zulfikar (2024) menyoroti bahwa meskipun teknologi dalam perbankan syariah meningkatkan efisiensi, penggunaan perangkat digital dan pusat data dapat berkontribusi pada polusi karbon, yang berpotensi bertentangan dengan prinsip keberlanjutan dalam keuangan syariah. Hal ini menjadi tantangan bagi industri perbankan untuk menyeimbangkan kemajuan teknologi dengan komitmen terhadap praktik ramah lingkungan.
- b. investasi dalam energi , dalam konteks *green banking* peluang yang dapat dioptimalkan mencakup investasi dalam energi terbarukan untuk mendukung operasional perbankan digital, penggunaan pusat data yang hemat energi, serta inovasi dalam sistem transaksi yang lebih ramah lingkungan. Dengan strategi yang tepat, perbankan dapat memanfaatkan teknologi secara berkelanjutan tanpa mengabaikan dampak ekologis, sehingga mendukung transisi menuju ekonomi hijau. Pengurangan listrik dan air menjadi tantangan bagi perbankan syariah, namun juga peluang untuk mendukung ekonomi berkelanjutan (Alfiansyah & Nisa, 2024). bank Muamalat telah menerapkan *green banking* melalui *paperless*, efisiensi energi, penghematan air, dan tanaman vegetatif untuk menekan emisi (Lelawati et al., 2023).
- c. Teknologi Hemat Energi. bank dapat mengadopsi teknologi hemat energi, sistem air cerdas, dan desain bangunan hijau, serta mendanai proyek berkelanjutan untuk memperkuat perannya dalam transisi menuju ekonomi hijau. Edukasi keuangan berbasis digital mengurangi pertemuan fisik dan emisi karbon, sementara penghijauan di kantor cabang meningkatkan kualitas udara. Selain itu, kebijakan perjalanan dinas selektif dan penggunaan kendaraan ramah lingkungan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, mencerminkan komitmen bank terhadap keberlanjutan (Toha & Arislan, 2024)

5. PENUTUP

Green banking dan pembiayaan berkelanjutan merupakan solusi bagi sektor perbankan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim global. Perbankan syariah memiliki potensi besar dalam menerapkan konsep ini karena kesesuaian dengan prinsip Islam yang menekankan tanggung jawab sosial dan keberlanjutan. Namun, implementasi *green banking* di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, seperti kurangnya regulasi yang jelas, rendahnya literasi keuangan syariah di masyarakat, serta minimnya insentif bagi bank untuk berinvestasi dalam proyek ramah lingkungan. Selain itu, keterbatasan dalam pengambilan keputusan investasi dan dukungan pembiayaan hijau juga menjadi kendala utama, terutama karena kurangnya informasi serta sumber daya manusia yang kompeten dalam menilai proyek berkelanjutan. Meski demikian, terdapat peluang besar untuk mengembangkan *green banking* di Indonesia, terutama dengan adanya dukungan kebijakan pemerintah, meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap keberlanjutan, serta berkembangnya pasar konsumen Muslim yang semakin peduli terhadap investasi berbasis nilai-nilai Islam. Bank dapat mengadopsi berbagai

strategi, seperti *green investment* untuk membiayai proyek ramah lingkungan, digitalisasi layanan perbankan guna mengurangi jejak karbon, serta menerapkan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) dalam pembiayaan. Untuk mempercepat implementasi *green banking*, dibutuhkan regulasi yang lebih tegas, insentif dari pemerintah, serta peningkatan literasi keuangan syariah agar masyarakat lebih memahami manfaat dari sistem perbankan yang berkelanjutan. Dengan langkah-langkah konkret tersebut, *green banking* dapat menjadi pilar utama dalam membangun sistem keuangan yang tidak hanya menguntungkan secara ekonomi tetapi juga berkontribusi terhadap keseimbangan lingkungan dan kesejahteraan sosial.

Saran

Untuk memperkaya hasil penelitian, peneliti selanjutnya dapat mempertimbangkan penggunaan metode yang berbeda, seperti pendekatan kualitatif, kuantitatif, atau mixed-methods. Pendekatan yang berbeda dapat memberikan sudut pandang yang lebih luas dan mendalam terhadap permasalahan yang diteliti.

6. DAFTAR RUJUKAN

- Alfarizi, Muhammad, Rastinia Kamila Hanum, Almayda Andriana Firmansyah, and Rini Kurnia Sari, ‘Implikasi Komitmen Kepemimpinan Islam Dan Dimensi Green Finance Dalam Mendorong Kinerja Berkelanjutan Perbankan Syariah Indonesia’, *IQTISHADIA Jurnal Ekonomi & Perbankan Syariah*, 10.2 (2023), 225–53 <<https://doi.org/10.19105/iqtishadia.v10i2.7164>>
- Arislan, Much. Syafiq Arislan, and Mashuri Toha, ‘Implementasi Green Banking Pada Perbankan Syariah Indonesia Melalui CSR’, *Jurnal Perbankan Syariah*, 3.1 (2024), 12–20 <<https://doi.org/10.20414/jps.v3i1.10079>>
- Awatara, I Gusti Putu Diva, and Anwar Hamdani, ‘Implementasi Investasi Hijau Dan Strategi Daya Saing Hijau Terhadap Green Banking Di Kota Surakarta’, *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 16.2 (2019), 53 <<https://doi.org/10.14710/presipitasi.v16i2.53-57>>
- Azad, N, and V Samanlou, ‘Identifying and Ranking the Affecting Factors of the Green Banking on Banks Competitive Market (State-Owned Banks and Private Population of Tehran)’, *The Caspian Sea Journal*, 2015, 1–12
- Calvin Alfiansyah, and Fauzatul Laily Nisa, ‘Analisis Tantangan Dan Peluang Perbankan Syariah Dalam Mewujudkan Pembangunan Ekonomi Berkelanjutan’, *Jurnal Ekonomi Bisnis Dan Manajemen*, 2.3 (2024), 199–210 <<https://doi.org/10.59024/jise.v2i3.814>>
- Donath, Liliana, Gabriela Mircea, Mihaela Neamțu, and Nicoleta Sîrghi, ‘A Mathematical Approach to Network Contagion Regarding Greening Banks’ Policies’, *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 36.1 (2023) <<https://doi.org/10.1080/1331677X.2023.2180057>>
- Handajani, Lilik, ‘Corporate Governance Dan Green Banking Disclosure: Studi Pada Bank Di Indonesia’, *Jurnal Dinamika Akuntansi Dan Bisnis*, 6.2 (2019), 121–36 <<https://doi.org/10.24815/jdab.v6i2.12243>>

- Hanif, Nur Wahyu Ningsih, and Fatullah Iqbal, 'Green Banking Terhadap Profitabilitas Bank Umum Syariah Di Indonesia', *Jurnal Ilmiah Keuangan Dan Perbankan*, 3.2 (2020), 86–99
- Johan, Suwinto, 'Complementary or Substitute: Sharia Financing, Green Financing, and Sustainable Development Goals?', *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 17.2 (2022), 487–95 <<https://doi.org/10.18280/ijsdp.170213>>
- Julia, Taslima, and Kassim Salina, ' Exploring green banking performance of Islamic banks vs conventional banks in Bangladesh based on Maqasid Shariah framework', *Jurnal of Islamic Marketing*, 11. 3 (2020), 729-744 <<https://doi.org/10.1108/JIMA-10-2017-0105>>
- Katadata.co.id.Peluang, Tantangan, dan Inisiatif Green Finance di Indonesia. Diambil dari <https://katadata.co.id/green-finance-di-indonesia>
- Khamilia, Nada, and Wahyudin Nor, 'Faktor-Faktor Dalam Meningkatkan Pengungkapan Green Banking', *Jurnal Riset Akuntansi (JUARA)*, 12.1 (2022), 1–23 <<https://doi.org/10.36733/juara.v12i1.3144>>
- Nasution, Barran Hamzah, Rosa Agustina, and Affila, 'Urgensi Penerapan Konsep Green Banking Di Indonesia', *Doktrina: Journal of Law*, 6.1 (2023), 73–81 <<https://doi.org/10.31289/doktrina.v6i1.8879>>
- Pancaningrum, Rina Khairani, 'Jurnal Komunikasi Hukum (JKH)', *Humanisme Dalam Peraturan Perundang-Undangan Korupsi Di Indonesia*, No.1 No.2.11 (2015), 746–58 <<https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/jkh/article/view/6106>>
- Tara, Kanak, Singh Sauma , and Kumar Riteth, ' Green hanking for environmental management: a paradigm shift', *Current Word Environment*, 10. 3 (2015), 1029–1036 <<http://dx.doi.org/10.12944/CWE.10.3.36>>
- Uddin, Muhammad Nazim, ' Shari'ah Based Banking and Green Financing: Evidence from Bangladesh,' *Journal of Emerging Economies and Islamic*, 4. 2 (2016), 1-22 <<https://doi.org/10.24191/jeeir.v4i2.9088>>
- Wrespatiningsih, Hayu Mas, and Luh Putu Mahyuni, 'Praktik Green Banking Dalam Memediasi Pengaruh Corporate Social Responsibility Terhadap Kinerja Perusahaan Perbankan', *JABI (Jurnal Akuntansi Berkelanjutan Indonesia)*, 5.1 (2022), 29–44 <<https://doi.org/10.32493/jabi.v1i1.y2022.p29-44>>
- Yuwan Ferdiana Ilahi, Nur Asnawi, and Ceta Indra Lesmana, 'Hubungan Kinerja Green Banking Terhadap Perkembangan Pembangunan Ekonomi Negara Secara Berkelanjutan', *An-Nisbah: Jurnal Perbankan Syariah*, 4.2 (2023), 200–217 <<https://doi.org/10.51339/nisbah.v4i2.1071>>
- Zheng, Guang Wen, Abu Bakkar Siddik, Mohammad Masukujaman, Nazneen Fatema, and Syed Shah Alam, 'Green Finance Development in Bangladesh: The Role of Private Commercial Banks (PCBs)', *Sustainability (Switzerland)*, 13.2 (2021), 1–17 <<https://doi.org/10.3390/su13020795>>