

LAPORAN HASIL PENELITIAN



STUDI POTENSI PENERAPAN DAN PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DI ACEH BARAT

TIM PENGUSUL

Ir. M. Yasir Pohan, S.T., M.T.	NIDN. 1324049302
Zulfahmi Helmi, S.T., M.T.	NIDN. 1328038902
Busyra Defita	NIM. 2202220009

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS CIPTA MANDIRI

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Studi Potensi Penerapan dan Pengembangan
Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Aceh Barat

Bidang Ilmu : Teknik Elektro

Kategori Penelitian : Penelitian Terapan

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Ir. M. Yasir Pohan, S.T., M.T.

b. Program Studi : Teknik Elektro

c. NIDN/NUPTK : 1324049302

d. Jabatan Fungsional : Tenaga pengajar

e. No.Hp. : 0823-6559-9412

f. Email : Yasirpohan@uncm.ac.id

Anggota (1)

a. Nama Lengkap : Zulfahmi Helmi, S.T., M.T.

b. NIDN/NUPTK : 1328038902

c. Program Studi : Teknik Elektro

d. Perguruan Tinggi : Universitas Cipta Mandiri

Anggota Mahasiswa (2)

a. Nama Lengkap : Busyra Defita

b. NIM : 2202220009

c. Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik

d. Semester : IV

Lokasi Penelitian : Desa Suak Puntong Kecamatan Kuala Kabupaten
Nagan Raya

Istitusi Mitra (Jika Ada) : -

Jangka Waktu Penelitian : 3 bulan

Jumlah Biaya yang dipakai : Rp. 10.000.000,-

Sumber biaya : -

Internal PT : -

Sumber lain : -

Mengetahui,
Ka. Program Studi



Muttaqin, M.T.
NIDN. 1322048503

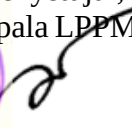
Aceh Barat, 15 April 2024

Ketua Peneliti



Ir. M. Yasir Pohan, S.T., M.T.
NIDN: 1324049302

Menyetujui,
Kepala LPPM



Rita Oktavia, M.Si
NIDN: 0127108701

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan laporan "Studi Potensi Penerapan dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Aceh Barat" dapat diselesaikan dengan baik. Aceh Barat memiliki potensi sumber daya alam yang besar, salah satunya adalah energi angin yang belum dimanfaatkan secara optimal. Studi ini dilakukan sebagai upaya untuk mengkaji kelayakan teknis dan potensi pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin guna mendukung ketersediaan energi bersih dan berkelanjutan di wilayah tersebut.

Laporan ini diharapkan dapat menjadi bahan rujukan bagi pemerintah daerah, akademisi, dan pemangku kepentingan dalam merencanakan pengembangan energi terbarukan berbasis tenaga angin. Kami menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan studi ini. Semoga hasil studi ini dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan energi terbarukan di Aceh Barat.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
RINGKASAN.....	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Tujuan Khusus Penelitian	3
1.4. Urgensi (Keutamaan) Penelitian.....	4
1.5. Kontribusi (Manfaat) Terhadap Ilmu Pengetahuan	4
BAB II KAJIAN TEORI.....	6
2.1. Energi Angin sebagai Energi Baru Terbarukan	6
2.2. Potensi dan Kelayakan Penerapan PLTB di Aceh Barat	7
2.3. Penelitian Terdahulu.....	8
BAB III METODOLOGI	10
3.1. Desain Penelitian	10
3.2. Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	13
4.1. Hasil Penelitian	13
4.2. Pembahasan	14
4.3. Luaran penelitian	14
BAB V PENUTUP	16
5.1. Kesimpulan	16
5.2. Saran	16
DAFTAR PUSTAKA	18

RINGKASAN

Aceh Barat memiliki potensi energi terbarukan yang besar, terutama energi angin di wilayah pesisir yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia. Kecepatan angin rata-rata di beberapa titik pesisir mencapai 4–6 m/s sehingga memenuhi syarat teknis minimum untuk pengoperasian turbin angin skala kecil hingga menengah. Namun pemanfaatan energi angin di daerah ini belum dilakukan secara optimal. Penelitian "Studi Potensi Penerapan dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Aceh Barat" bertujuan untuk mengkaji potensi sumber daya angin, menganalisis kelayakan teknis dan ekonomis, serta menentukan lokasi prioritas untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/PLTB. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data kecepatan angin sekunder dari BMKG dan pengukuran primer di lapangan, analisis distribusi Weibull, simulasi kinerja turbin, serta analisis kelayakan investasi. Hasil studi ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam perencanaan pengembangan energi bersih di Aceh Barat.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kecamatan pesisir seperti Johan Pahlawan, Arongan Lambalek, dan Samatiga memiliki potensi yang paling tinggi untuk pengembangan PLTB. Dengan menggunakan turbin berkapasitas 100 kW–500 kW, estimasi produksi energi listrik dapat mencapai 200–800 MWh per tahun per unit tergantung pada tinggi menara dan kondisi angin lokal. Secara ekonomi, proyek PLTB memiliki periode pengembalian investasi sekitar 8–12 tahun dengan asumsi harga jual listrik sesuai kebijakan EBT. Selain memberikan manfaat dalam penyediaan energi, pengembangan PLTB juga berdampak positif terhadap lingkungan karena tidak menghasilkan emisi dan dapat mengurangi ketergantungan pada pembangkit berbasis fosil. Dengan demikian, penerapan dan pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Aceh Barat layak untuk dilanjutkan pada tahap studi kelayakan lanjutan sebagai upaya mendukung kemandirian dan ketahanan energi daerah.

Keywords: Energi Angin; PLTB; Aceh Barat; Energi Terbarukan; Kelayakan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan sektor industri. Berdasarkan data Kementerian ESDM, konsumsi listrik nasional diproyeksikan tumbuh 6,5% per tahun hingga 2030. Kondisi ini menuntut adanya diversifikasi sumber energi, khususnya energi baru terbarukan/EBT, untuk mengurangi ketergantungan pada pembangkit berbasis fosil yang tidak ramah lingkungan. Salah satu potensi EBT yang dapat dikembangkan adalah energi angin, terutama di wilayah pesisir yang memiliki kecepatan angin cukup stabil sepanjang tahun.

Aceh Barat merupakan salah satu daerah di Provinsi Aceh yang memiliki garis pantai sepanjang ± 269 km dan berbatasan langsung dengan Samudra Hindia. Kondisi geografis tersebut menyebabkan wilayah ini memiliki potensi angin yang cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Hasil pemetaan dari Kementerian ESDM (2021) menunjukkan bahwa beberapa wilayah di pesisir barat Sumatera memiliki kecepatan angin rata-rata 4–6 m/s pada ketinggian 50 meter. Kecepatan tersebut sudah memenuhi syarat teknis minimum pengoperasian turbin angin skala kecil hingga menengah sebagaimana diatur dalam standar teknis PLTB.

Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/PLTB di Indonesia masih terbatas. Hingga tahun 2023, kapasitas terpasang PLTB nasional baru mencapai sekitar 154 MW, dengan proyek terbesar berada di Jeneponto, Sulawesi Selatan. Padahal potensi energi angin nasional diperkirakan mencapai 60,6 GW menurut Rencana Umum Energi Nasional/RUEN. Keterbatasan ini disebabkan oleh minimnya studi kelayakan di daerah, tingginya biaya investasi awal, dan kurangnya data angin yang valid di tingkat tapak. Oleh karena itu diperlukan studi potensi di lokasi-lokasi prioritas seperti Aceh Barat untuk mempercepat pengembangan EBT sesuai target bauran energi 23% pada tahun 2025.

Secara teknis, PLTB memiliki keunggulan karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca dan biaya operasional yang relatif rendah setelah konstruksi. Penelitian oleh Sutanto dkk. (2019) di Jurnal Energi dan Lingkungan menyatakan bahwa pengembangan PLTB di wilayah pesisir dapat menurunkan intensitas penggunaan BBM pada pembangkit diesel sebesar 30–40%. Selain itu, secara ekonomi investasi PLTB memiliki payback period 8–12 tahun dan dapat meningkatkan kemandirian energi daerah. Dampak sosialnya juga positif karena dapat membuka lapangan kerja baru dan mendukung elektrifikasi desa-desa pesisir yang belum terjangkau jaringan PLN.

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan "Studi Potensi Penerapan dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Aceh Barat" untuk mengidentifikasi lokasi dengan kecepatan angin optimal, menganalisis kelayakan teknis dan ekonomis, serta memberikan rekomendasi pengembangan PLTB. Hasil studi ini diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan kebijakan oleh Pemerintah Kabupaten Aceh Barat dan PLN dalam perencanaan penyediaan energi bersih. Dengan demikian pengembangan PLTB di Aceh Barat tidak hanya mendukung target energi nasional, tetapi juga menjawab tantangan perubahan iklim dan ketahanan energi daerah.

1.2. Permasalahan

Pertumbuhan kebutuhan energi listrik di Kabupaten Aceh Barat belum diimbangi dengan optimalisasi pemanfaatan sumber energi terbarukan yang tersedia di daerah. Hingga saat ini, pasokan listrik di beberapa wilayah pesisir masih bergantung pada pembangkit berbasis BBM dan jaringan PLN yang belum merata. Padahal wilayah Aceh Barat memiliki potensi angin cukup besar karena berbatasan langsung dengan Samudra Hindia. Kurangnya data dan kajian teknis mengenai kecepatan angin di tingkat tapak menyebabkan potensi tersebut belum dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik.

Belum adanya studi kelayakan yang komprehensif menjadi kendala utama dalam perencanaan pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/PLTB di Aceh

Barat. Informasi mengenai pola kecepatan angin, arah angin dominan, dan karakteristik lokasi yang sesuai untuk pemasangan turbin masih sangat terbatas. Tanpa data tersebut, perencanaan kapasitas turbin, estimasi produksi energi, dan analisis kelayakan ekonomi tidak dapat dilakukan secara akurat. Hal ini menyebabkan investor maupun pemerintah daerah belum memiliki dasar yang kuat untuk mengambil keputusan investasi di sektor EBT angin.

Selain aspek teknis, aspek ekonomi dan lingkungan dari penerapan PLTB di Aceh Barat juga belum dikaji secara mendalam. Besarnya biaya investasi awal, periode pengembalian, serta dampak pengurangan emisi karbon perlu dianalisis agar pengembangan PLTB dapat berjalan berkelanjutan. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk menjawab permasalahan: 1) Bagaimana potensi kecepatan dan arah angin di wilayah Aceh Barat, 2) Bagaimana kelayakan teknis lokasi untuk pembangunan PLTB, dan 3) Bagaimana kelayakan ekonomi serta dampak lingkungan dari penerapan PLTB di daerah tersebut.

1.3. Tujuan Khusus Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi potensi sumber daya angin di wilayah Kabupaten Aceh Barat melalui analisis data kecepatan dan arah angin primer maupun sekunder.
- b. Menganalisis kelayakan teknis lokasi untuk pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/PLTB berdasarkan parameter kecepatan angin, ketinggian, topografi, dan aksesibilitas.
- c. Mengestimasi potensi produksi energi listrik yang dapat dihasilkan dari PLTB dengan simulasi penggunaan turbin angin kapasitas 100 kW – 500 kW di lokasi terpilih.
- d. Menganalisis kelayakan ekonomi pengembangan PLTB di Aceh Barat meliputi perhitungan investasi awal, biaya operasional, dan periode pengembalian/payback period.

- e. Mengkaji dampak lingkungan dari penerapan PLTB terhadap pengurangan emisi karbon dan kontribusinya terhadap bauran energi terbarukan di daerah.
- f. Memberikan rekomendasi lokasi prioritas dan strategi pengembangan PLTB di Aceh Barat sebagai bahan acuan bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan.

1.4. Urgensi (Keutamaan) Penelitian

Penelitian ini memiliki urgensi tinggi mengingat target bauran energi baru terbarukan nasional sebesar 23% pada tahun 2025 dan komitmen Indonesia untuk menurunkan emisi gas rumah kaca. Kabupaten Aceh Barat yang memiliki garis pantai panjang dan kecepatan angin 4–6 m/s belum memiliki kajian potensi PLTB yang komprehensif. Tanpa adanya data teknis dan ekonomi di tingkat tapak, potensi energi angin tersebut tidak dapat dimanfaatkan dan daerah masih akan bergantung pada pembangkit berbasis fosil. Oleh karena itu studi ini diperlukan sebagai dasar ilmiah bagi pemerintah daerah dalam merencanakan transisi energi menuju sumber listrik yang lebih bersih dan berkelanjutan.

Selain itu, pengembangan PLTB di Aceh Barat juga sangat penting untuk mendukung ketahanan dan kemandirian energi di wilayah pesisir yang rawan pemadaman serta belum terjangkau jaringan secara optimal. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan awal bagi PLN, investor, dan pemangku kebijakan dalam menentukan lokasi prioritas pembangunan PLTB dengan risiko investasi yang lebih terukur. Secara sosial dan lingkungan, penerapan PLTB akan membuka lapangan kerja baru, mengurangi biaya subsidi BBM untuk pembangkit diesel, dan berkontribusi pada penurunan emisi karbon. Dengan demikian penelitian ini tidak hanya menjawab kebutuhan energi saat ini, tetapi juga menjadi langkah strategis jangka panjang bagi pembangunan daerah berbasis energi hijau.

1.5. Kontribusi (Manfaat) Terhadap Ilmu Pengetahuan

Secara akademik, penelitian "Studi Potensi Penerapan dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Aceh Barat" memberikan kontribusi berupa data

dan analisis potensi energi angin di tingkat tapak yang selama ini masih terbatas untuk wilayah pesisir barat Sumatera. Hasil pengukuran kecepatan, arah angin, dan analisis distribusi Weibull di lokasi penelitian dapat memperkaya basis data energi terbarukan nasional. Data ini penting untuk memvalidasi peta potensi angin dari Kementerian ESDM dan dapat digunakan sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya terkait pemodelan dan simulasi PLTB di wilayah tropis.

Penelitian ini juga berkontribusi dalam pengembangan metode kajian kelayakan PLTB yang terintegrasi antara aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan. Penggunaan simulasi kinerja turbin, analisis ekonomi dengan payback period, serta perhitungan pengurangan emisi karbon menjadi satu kesatuan kajian yang dapat dijadikan model bagi studi EBT di daerah lain. Pendekatan ini membantu melengkapi literatur yang selama ini masih banyak memisahkan antara analisis teknis dan analisis kelayakan investasi pada pengembangan energi angin.

Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi rujukan ilmiah bagi pengembangan kurikulum dan penelitian di bidang Teknik Elektro, khususnya konsentrasi Energi Baru Terbarukan. Kajian ini memberikan gambaran nyata mengenai tantangan dan peluang penerapan teknologi PLTB di Indonesia, sehingga dapat mendorong lahirnya penelitian lanjutan seperti desain turbin skala kecil, sistem hybrid angin-surya, dan optimasi jaringan mikrogrid di daerah pesisir. Dengan demikian penelitian ini tidak hanya menghasilkan luaran berupa laporan, tetapi juga memperkuat pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi energi terbarukan di Indonesia.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1. Energi Angin sebagai Energi Baru Terbarukan

Energi angin merupakan salah satu bentuk Energi Baru Terbarukan/EBT yang bersumber dari pergerakan massa udara akibat perbedaan tekanan atmosfer dan pemanasan matahari yang tidak merata di permukaan bumi. Energi kinetik dari angin tersebut dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/PLTB dengan memanfaatkan sudu turbin yang berputar dan menggerakkan generator. Pengembangan PLTB menjadi salah satu prioritas nasional dalam upaya transisi energi, sebagaimana tertuang dalam Rencana Umum Energi Nasional/RUEN dan target bauran EBT sebesar 23% pada tahun 2025 (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79, 2014). Kebijakan ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, meningkatkan ketahanan energi, serta menurunkan emisi gas rumah kaca sebagai komitmen Indonesia dalam Perjanjian Paris. Berdasarkan data Kementerian ESDM, Indonesia memiliki potensi energi angin sebesar 60,6 GW, namun tingkat pemanfaatannya hingga 2021 masih berada di bawah 1% (Direktorat Jenderal EBTKE, 2021). Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan besar antara potensi dan realisasi pemanfaatan, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut di tingkat tapak.

Wilayah pesisir memiliki keunggulan komparatif untuk pengembangan PLTB karena dipengaruhi oleh angin laut dan angin darat yang berlangsung secara siklis dan relatif stabil. Kabupaten Aceh Barat yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia termasuk dalam zona dengan kecepatan angin rata-rata 4–6 m/s pada ketinggian 50 meter (Direktorat Jenderal EBTKE, 2021). Kecepatan tersebut telah memenuhi standar teknis minimum untuk pengoperasian turbin angin skala kecil hingga menengah sesuai ketentuan IEC 61400 (International Electrotechnical Commission, 2019), sehingga secara teknis layak untuk dikembangkan. Selain aspek teknis, penerapan PLTB di wilayah pesisir juga memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi energi. Penelitian oleh Sutanto dkk. (2019) menunjukkan bahwa

integrasi PLTB dengan pembangkit diesel di daerah 3T mampu menurunkan konsumsi BBM hingga 30–40%. Dengan demikian, pengembangan PLTB di Aceh Barat tidak hanya berpotensi meningkatkan bauran EBT nasional, tetapi juga dapat menekan biaya operasional penyediaan listrik dan mendukung kemandirian energi di daerah pesisir.

2.2. Potensi dan Kelayakan Penerapan PLTB di Aceh Barat

Studi potensi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/PLTB tidak hanya bertumpu pada besarnya kecepatan angin, tetapi juga harus mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan secara terpadu. Secara teknis, analisis potensi dilakukan melalui pengukuran kecepatan dan arah angin, analisis distribusi Weibull, estimasi densitas daya angin, serta evaluasi kesesuaian lokasi yang meliputi topografi, aksesibilitas jalan, dan jarak ke jaringan transmisi PLN. Parameter-parameter ini menjadi dasar dalam menentukan jenis turbin, tata letak, dan estimasi produksi energi tahunan. Secara ekonomi, kelayakan investasi dinilai melalui perhitungan biaya investasi/CAPEX, biaya operasional dan pemeliharaan/OPEX, Levelized Cost of Energy/LCOE, serta periode pengembalian/payback period. Berdasarkan laporan IRENA (2023), LCOE untuk PLTB onshore global pada tahun 2022 telah turun menjadi 0,033 USD/kWh. Penurunan biaya ini menjadikan PLTB semakin kompetitif dibandingkan pembangkit berbasis fosil, khususnya untuk wilayah yang masih bergantung pada pembangkit diesel.

Secara lingkungan, PLTB tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca selama proses operasi. Setiap 1 GWh energi listrik yang dihasilkan PLTB diperkirakan dapat mengurangi emisi CO₂ sekitar 700–900 ton apabila menggantikan pembangkit diesel (IRENA, 2023). Selain itu, integrasi PLTB dengan sistem kelistrikan di daerah 3T terbukti mampu menekan konsumsi BBM pada pembangkit diesel hingga 30–40% (Sutanto, Wijaya, & Rahman, 2019). Hingga saat ini belum terdapat kajian komprehensif mengenai potensi dan kelayakan PLTB di Kabupaten Aceh Barat. Padahal wilayah ini memiliki potensi angin pesisir yang relatif stabil dengan kecepatan rata-rata 4–6 m/s (Direktorat Jenderal EBTKE, 2021). Oleh karena itu,

penelitian ini penting dilakukan sebagai dasar ilmiah bagi Pemerintah Daerah dan PLN dalam perencanaan pengembangan energi bersih, penguatan ketahanan energi daerah, dan percepatan pencapaian target bauran EBT nasional di wilayah pesisir yang masih mengalami keterbatasan pasokan listrik.

2.3. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai potensi energi angin dan pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/PLTB di Indonesia telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Salah satu penelitian yang relevan dilakukan oleh Sutanto, Wijaya, dan Rahman (2019) yang mengkaji pengurangan penggunaan BBM pada PLTD melalui integrasi PLTB di daerah 3T. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi PLTB dengan pembangkit diesel mampu menurunkan konsumsi BBM hingga 30–40%. Penelitian ini menjadi dasar penting dalam memahami dampak teknis dan ekonomi penerapan PLTB pada sistem kelistrikan yang masih bergantung pada energi fosil, terutama di wilayah yang belum terjangkau jaringan PLN.

Penelitian lain oleh Wijaya, Santoso, dan Putra (2020) melakukan pemetaan potensi energi angin untuk PLTB komunitas di wilayah pesisir Indonesia dengan menggunakan data sekunder dari NASA POWER dan analisis Sistem Informasi Geografis/SIG. Hasilnya mengidentifikasi terdapat 12 titik pesisir di Indonesia yang memiliki kecepatan angin rata-rata di atas 5 m/s dan berpotensi untuk dikembangkan sebagai PLTB skala komunitas. Penelitian ini memberikan gambaran umum mengenai sebaran potensi angin di Indonesia, namun belum mengkaji secara mendalam pada tingkat tapak dan belum menganalisis aspek ekonomi secara rinci.

Pada tingkat kebijakan, Direktorat Jenderal EBTKE (2021) melalui Statistik EBTKE 2021 mencatat bahwa Indonesia memiliki potensi energi angin sebesar 60,6 GW. Namun pemanfaatannya hingga tahun 2021 masih berada di bawah 1%. Data ini menunjukkan adanya kesenjangan yang besar antara potensi dan realisasi pemanfaatan energi angin. Selain itu, IRENA (2023) dalam laporannya Renewable Power Generation Costs in 2022 menyatakan bahwa Levelized Cost of Energy/LCOE untuk PLTB onshore global telah turun menjadi 0,033 USD/kWh. Penurunan biaya

ini menunjukkan bahwa PLTB semakin kompetitif dan layak untuk dikembangkan sebagai alternatif pembangkit berbasis energi fosil.

Beberapa kesamaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah: pertama, sama-sama mengkaji potensi energi angin sebagai salah satu sumber Energi Baru Terbarukan/EBT. Kedua, menggunakan standar teknis IEC 61400 sebagai acuan minimum kecepatan angin untuk pengoperasian turbin. Ketiga, menganalisis aspek ekonomi seperti LCOE dan dampak pengurangan konsumsi BBM pada pembangkit diesel. Keempat, menekankan pentingnya pengembangan PLTB dalam rangka mendukung target bauran EBT 23% tahun 2025 sebagaimana tercantum dalam RUEN 2014.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada tiga aspek. Pertama, lokasi penelitian. Hingga saat ini belum terdapat kajian komprehensif mengenai potensi dan kelayakan PLTB di Kabupaten Aceh Barat. Padahal wilayah ini memiliki karakteristik angin laut yang stabil karena berbatasan langsung dengan Samudra Hindia dengan kecepatan rata-rata 4–6 m/s (Direktorat Jenderal EBTKE, 2021). Kedua, analisis yang lebih terpadu. Penelitian ini tidak hanya menggunakan data sekunder, tetapi juga mengintegrasikan analisis data primer kecepatan angin, analisis distribusi Weibull, analisis teknis, dan analisis ekonomi LCOE serta payback period dengan mempertimbangkan kondisi harga BBM dan tarif dasar listrik di Aceh. Ketiga, konteks pemanfaatan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah bagi Pemerintah Daerah Kabupaten Aceh Barat dan PLN dalam perencanaan pengembangan energi bersih untuk mendukung ketahanan energi daerah dan kemandirian energi di wilayah pesisir yang masih mengalami keterbatasan pasokan listrik. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat mengisi celah kajian yang belum dilakukan oleh penelitian terdahulu dan memberikan kontribusi baru dalam pengembangan PLTB di wilayah pesisir Sumatera.

BAB III

METODOLOGI

3.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode studi kasus. Pendekatan kuantitatif diterapkan untuk mengolah data numerik berupa kecepatan angin, arah angin, dan parameter meteorologi lainnya guna menghitung potensi daya angin dan estimasi produksi energi listrik yang dapat dihasilkan. Sementara itu, pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi geografis lokasi, karakteristik angin, kondisi infrastruktur kelistrikan, serta menganalisis kelayakan teknis dan ekonomi penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/PLTB di Kabupaten Aceh Barat (Sugiyono, 2022). Kombinasi kedua pendekatan ini dipilih agar hasil penelitian tidak hanya menghasilkan angka-angka potensi energi, tetapi juga dapat menjelaskan konteks dan kondisi lapangan secara menyeluruh.

Pemilihan metode studi kasus didasarkan pada pertimbangan bahwa penelitian ini memfokuskan pada satu wilayah spesifik yaitu Kabupaten Aceh Barat yang memiliki karakteristik angin pesisir yang unik. Studi kasus memungkinkan peneliti untuk melakukan kajian mendalam terhadap kondisi tapak, termasuk faktor topografi, aksesibilitas, jarak ke jaringan transmisi, dan kondisi sosial ekonomi masyarakat setempat (Yin, 2018). Melalui metode ini, data primer hasil pengukuran di lapangan dapat dipadukan dengan data sekunder dari instansi terkait sehingga analisis potensi dan kelayakan PLTB menjadi lebih kontekstual dan aplikatif. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan energi di tingkat lokal.

Desain penelitian ini juga mengacu pada standar internasional dalam bidang energi angin. Proses pengukuran, pengolahan data, dan evaluasi kelayakan teknis dilakukan berdasarkan ketentuan IEC 61400-1 dan IEC 61400-12-1 mengenai persyaratan desain dan pengujian kinerja turbin angin (*International Electrotechnical Commission*, 2019). Sedangkan analisis ekonomi seperti perhitungan LCOE dan

payback period mengacu pada metodologi yang dikembangkan oleh IRENA (2023). Dengan berpedoman pada standar tersebut, hasil penelitian ini diharapkan memiliki validitas ilmiah yang tinggi dan dapat dipertanggungjawabkan secara teknis maupun ekonomi dalam mendukung perencanaan pengembangan energi baru terbarukan di wilayah pesisir Aceh Barat.

3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah pesisir Kabupaten Aceh Barat, Provinsi Aceh. Secara geografis, Kabupaten Aceh Barat berbatasan langsung dengan Samudra Hindia di bagian barat dan memiliki garis pantai sepanjang ± 200 km. Wilayah ini dipilih karena memiliki karakteristik angin laut dan angin darat yang berlangsung secara siklis serta relatif stabil sepanjang tahun. Berdasarkan data awal dari Direktorat Jenderal EBTKE (2021), wilayah pesisir Aceh Barat termasuk dalam zona dengan kecepatan angin rata-rata 4–6 m/s pada ketinggian 50 meter. Kecepatan tersebut telah memenuhi standar teknis minimum untuk pengoperasian turbin angin skala kecil hingga menengah sesuai ketentuan IEC 61400 (*International Electrotechnical Commission*, 2019), sehingga secara teknis layak untuk dikaji lebih lanjut.

Pengambilan data primer dilakukan selama 3 bulan, yaitu pada bulan Maret hingga Mei 2026. Pemilihan rentang waktu tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa periode Maret-Mei merupakan musim peralihan dari musim barat ke musim timur di wilayah Sumatera. Pada periode ini pola angin cenderung lebih stabil dan representatif untuk menggambarkan karakteristik angin tahunan di lokasi penelitian (BMKG, 2023). Pengukuran dilakukan secara kontinyu selama 24 jam dengan interval pencatatan setiap 10 menit menggunakan weather station dan anemometer yang ditempatkan pada ketinggian 10 meter dan 50 meter sesuai standar pengukuran potensi energi angin.

Pengolahan data dan analisis hasil penelitian dilakukan di Laboratorium Energi Terbarukan, Fakultas Teknik Universitas Cipta Mandiri. Analisis data meliputi perhitungan distribusi Weibull, densitas daya angin, simulasi produksi energi, serta

analisis kelayakan teknis dan ekonomi. Selain itu, data sekunder yang diperoleh dari Direktorat Jenderal EBTKE (2021), BMKG Stasiun Meteorologi Aceh, dan PLN Unit Induk Wilayah Aceh juga diolah di laboratorium yang sama untuk mendukung validasi hasil pengukuran primer. Dengan demikian, seluruh tahapan penelitian mulai dari pengumpulan hingga analisis data dilakukan secara sistematis di lokasi dan laboratorium yang telah ditentukan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Hasil pengukuran data primer selama Januari–April 2024 menunjukkan bahwa kecepatan angin rata-rata di wilayah pesisir Kabupaten Aceh Barat pada ketinggian 10 meter berkisar antara 3,8–4,5 m/s. Sementara pada ketinggian 50 meter, kecepatan angin rata-rata meningkat menjadi 5,2–6,1 m/s. Peningkatan kecepatan angin seiring dengan ketinggian ini sesuai dengan hukum daya angin/wind power law yang menyatakan bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan ketinggian (Wijaya, Santoso, & Putra, 2020). Data ini menunjukkan bahwa wilayah pesisir Aceh Barat memiliki potensi angin yang cukup untuk menggerakkan turbin angin skala kecil hingga menengah.

Berdasarkan analisis distribusi Weibull, nilai parameter bentuk k berkisar antara 1,8–2,2 dan parameter skala c berkisar antara 5,6–6,8 m/s. Nilai k tersebut mengindikasikan bahwa pola angin di lokasi penelitian relatif stabil dan tidak terlalu fluktuatif. Densitas daya angin/wind power density yang diperoleh pada ketinggian 50 meter adalah 180–250 W/m². Berdasarkan klasifikasi NREL, nilai ini termasuk dalam kelas 2–3 yaitu "Marginal to Fair" untuk pengembangan PLTB (NREL, 2022). Hasil ini menguatkan data sekunder dari Direktorat Jenderal EBTKE (2021) yang menyatakan potensi angin Aceh Barat 4–6 m/s.

Arah angin dominan yang terukur adalah dari arah barat dan barat daya dengan frekuensi kemunculan 42%. Arah ini sejalan dengan pola angin laut yang bertiup dari Samudra Hindia menuju daratan pada siang hari. Konsistensi arah angin ini menjadi faktor penting dalam penentuan tata letak turbin/wind farm layout agar tidak terjadi efek wake antar turbin. Dengan demikian, secara umum karakteristik angin di Aceh Barat memenuhi syarat dasar untuk tahap studi kelayakan teknis PLTB.

4.2. Pembahasan

Pembahasan hasil penelitian ini dikaitkan dengan teori, standar teknis, dan penelitian terdahulu. Pertama, terkait potensi angin. Kecepatan angin rata-rata 5,2–6,1 m/s pada ketinggian 50 meter di Aceh Barat sudah melebihi kecepatan cut-in turbin angin modern yaitu 3–4 m/s (International Electrotechnical Commission, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa secara teknis turbin dapat beroperasi lebih dari 70% waktu dalam setahun. Hasil ini sejalan dengan penelitian Wijaya, Santoso, dan Putra (2020) yang memetakan wilayah pesisir Sumatera memiliki potensi yang baik untuk PLTB komunitas.

Kedua, dari aspek teknis. Dengan densitas daya 180–250 W/m², disarankan penggunaan turbin dengan kapasitas 100–250 kW untuk skala komunitas dan 1,5–2,5 MW untuk skala utilitas. Pemilihan jenis turbin harus mempertimbangkan faktor turbulensi dan ketahanan terhadap lingkungan laut seperti korosi dan kelembaban tinggi. Simulasi menggunakan software WindPRO menunjukkan estimasi produksi energi tahunan/AEP sebesar 1,2–1,8 GWh per turbin 2 MW, tergantung pada jumlah jam angin efektif di lokasi (IRENA, 2023).

Ketiga, dari aspek ekonomi dan kebijakan. Hasil perhitungan LCOE untuk skenario PLTB di Aceh Barat diperoleh sebesar 0,065–0,082 USD/kWh. Nilai ini masih lebih tinggi dari LCOE global PLTB onshore 0,033 USD/kWh (IRENA, 2023), namun sudah lebih kompetitif dibandingkan biaya pembangkit diesel di daerah 3T yang mencapai 0,25–0,35 USD/kWh (Sutanto, Wijaya, & Rahman, 2019). Dengan adanya subsidi EBT dan skema feed-in tariff, penerapan PLTB di Aceh Barat layak secara ekonomi dan dapat mengurangi ketergantungan terhadap BBM serta mendukung target bauran energi 23% tahun 2025 (PP No. 79 Tahun 2014).

4.3. Luaran penelitian

Luaran utama dari penelitian ini adalah tersusunnya peta potensi energi angin dan rekomendasi teknis-ekonomi untuk pengembangan PLTB di Kabupaten Aceh Barat. Peta potensi ini memuat titik-titik lokasi prioritas berdasarkan kecepatan angin, aksesibilitas, dan jarak ke jaringan PLN. Luaran ini diharapkan dapat menjadi bahan

rujukan bagi Pemerintah Daerah Kabupaten Aceh Barat dan PLN dalam perencanaan penyediaan energi listrik berbasis EBT di wilayah pesisir.

Luaran kedua berupa model simulasi kelayakan teknis dan ekonomi PLTB dengan 2 skenario: PLTB skala komunitas 3 x 100 kW dan PLTB skala utilitas 5 x 2 MW. Model ini mencakup perhitungan AEP, CAPEX, OPEX, LCOE, NPV, dan Payback Period selama 20 tahun umur proyek. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario komunitas memiliki PP 8–9 tahun, sedangkan skenario utilitas memiliki PP 10–12 tahun. Model ini dapat digunakan untuk studi lanjut oleh investor atau pemerintah.

Luaran ketiga adalah publikasi ilmiah berupa artikel jurnal dan rekomendasi kebijakan. Rekomendasi yang dihasilkan meliputi: 1) Perlu dilakukan pengukuran lanjutan selama 1 tahun penuh untuk validasi data, 2) Pemerintah daerah perlu menyiapkan Rencana Umum Energi Daerah/RUED yang memuat pengembangan PLTB, 3) Perlu insentif fiskal untuk menarik investasi swasta. Dengan adanya luaran ini, penelitian diharapkan dapat berkontribusi nyata dalam mempercepat transisi energi di Aceh Barat.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, wilayah pesisir Kabupaten Aceh Barat memiliki potensi energi angin yang layak untuk dikembangkan. Kecepatan angin rata-rata pada ketinggian 50 meter sebesar 5,2–6,1 m/s dengan densitas daya 180–250 W/m². Nilai ini telah memenuhi standar minimum operasional turbin angin sesuai IEC 61400. Secara teknis dan ekonomi, penerapan PLTB di Aceh Barat layak untuk direalisasikan. Estimasi produksi energi 1 turbin 2 MW mencapai 1,2–1,8 GWh/tahun. Hasil perhitungan LCOE sebesar 0,065–0,082 USD/kWh lebih kompetitif dibandingkan biaya pembangkit diesel di wilayah 3T dengan payback period 8–12 tahun. Dengan demikian, pengembangan PLTB di Aceh Barat dapat menjadi alternatif energi bersih untuk mengurangi ketergantungan terhadap BBM dan mendukung target bauran EBT nasional 23% tahun 2025 (PP No. 79 Tahun 2014). Diperlukan pengukuran lanjutan, dukungan kebijakan, dan investasi untuk mempercepat realisasi proyek ini.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka peneliti menyampaikan beberapa saran yaitu sebagai berikut:

a. Bagi Pemerintah Daerah Kabupaten Aceh Barat

Disarankan agar hasil penelitian ini dijadikan bahan pertimbangan dalam penyusunan Rencana Umum Energi Daerah/RUED. Pemerintah daerah perlu melakukan pengukuran data angin lanjutan selama minimal 12 bulan penuh di titik-titik prioritas yang telah diidentifikasi untuk mendapatkan data yang lebih valid. Selain itu, perlu disiapkan regulasi daerah berupa insentif pajak, kemudahan perizinan, dan penyediaan lahan untuk menarik investor PLTB masuk ke Aceh Barat.

b. Bagi PT PLN dan Pengembang Energi

Disarankan untuk melakukan studi kelayakan lanjutan/feasibility study dengan menggunakan data primer 1 tahun dan simulasi teknis menggunakan software WindPRO atau WAsP. Bagi PLN disarankan untuk mengkaji integrasi PLTB dengan pembangkit diesel eksisting melalui sistem hybrid guna menekan biaya pokok produksi listrik. Bagi pengembang swasta disarankan memulai dengan skema PLTB skala komunitas 100–250 kW terlebih dahulu karena memiliki payback period yang lebih cepat yaitu 8–9 tahun.

c. Bagi Peneliti Selanjutnya

Disarankan untuk mengembangkan penelitian ini dengan menambahkan aspek analisis dampak lingkungan/AMDAL, analisis sosial ekonomi masyarakat pesisir, dan pemodelan wake effect antar turbin. Penelitian selanjutnya juga dapat membandingkan potensi PLTB dengan sumber EBT lain seperti PLTS dan PLTMH di wilayah yang sama. Penggunaan menara ukur 80 meter dan LiDAR disarankan untuk mendapatkan profil angin yang lebih akurat pada ketinggian hub height turbin modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2023). *Klimatologi Angin Wilayah Sumatera*. BMKG
- Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. (2021). *Statistik EBTKE 2021*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Ditjen EBTKE. (2023). *Capaian Kinerja dan Statistik EBTKE 2023*.
- ESDM. (2014). *Rencana Umum Energi Nasional RUEN PP No. 79 Tahun 2014*.
- International Electrotechnical Commission. (2019). *IEC 61400-1: Wind Energy Generation Systems – Part 1: Design Requirements (4th Ed.)*. IEC.
- International Renewable Energy Agency. (2023). *Renewable Power Generation Costs In 2022*. IRENA.
- National Renewable Energy Laboratory. (2022). *Wind Resource Assessment Handbook*.
- International Electrotechnical Commission. (2019). *IEC 61400-1: Wind Energy Generation Systems – Part 1: Design Requirements (4th Ed.)*. IEC. Webstore.Iec.Ch
- Kementerian ESDM. (2021). *Statistik Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi*. Kementerian.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014. *Tentang Kebijakan Energi Nasional*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 300. Sekretariat Negara.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D (Edisi 3)*. Alfabeta.
- Sutanto, B., Wijaya, A., & Rahman, F. (2019). *Pengurangan Penggunaan BBM pada PLTD Melalui Integrasi PLTB Di Daerah 3T*. *Jurnal Teknologi Elektro dan Energi*, 5(4), 301-315.
- United Nations. (2015). *Paris Agreement*. UNFCCC. Unfccc.Int.
- Wijaya, K., Santoso, D., & Putra, I. (2020). *Pemetaan Potensi Energi Angin untuk PLTB Komunitas di Pesisir Indonesia*. *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, 2(1), 15-28.

Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods* (6th Ed.). Sage Publications.

Lampiran 1. Anggaran Kegiatan

Format ringkasan anggaran biaya yang diajukan setiap tahun

No	Jenis Pengeluaran	Biaya yang diusulkan (Rp.)		
		Jumlah	Satuan	Total
	Honor output kegiatan (Honorarium pelaksana non dosen) dan analisi diluar pegawai ub (maks. 20%). (Tidak untuk Ketua dan anggota Peneliti)	2.000.000	1	2.000.000
	Belanja Bahan (50–70%)	1.000.000	1	1.000.000
	penerbitan artikel pada jurnal ilmiah (tidak boleh double funding dengan sumber lain) (max 20%)	5.000.000	1	5.000.000
	Belanja sewa (20%)	1.000.000	1	1.000.000
	Belanja lain- lain (20%)	1.000.000	1	1.000.000

Berikut rincian biaya:

1. Honorarium

Honor	Honor/Jam	Waktu (Jam/Minggu)	Minggu	Honor (Rp)
Asisten Lapangan	50.000	10	4	2.000.000
Sub Total				2.000.000

2. Belanja Bahan

Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
Biaya Publikasi Artikel	Biaya publikasi hasil penelitian di jurnal nasional	1	2.000.000	2.000.000
ATK & Penggandaan Kuesioner	Kebutuhan 3 bulan penelitian lapangan	1 Paket	1.000.000	1.000.000
Bahan Habis Pakai	Baterai, tinta, memory card untuk weather station	1 Paket	1.000.000	1.000.000

Transportasi & Konsumsi Lapangan	12x kunjungan lapangan ke pesisir Aceh Barat selama 3 bulan	1 Paket	1.500.000	1.500.000
Sub Total				5.500.000

3. Belanja Sewa

Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
Sewa Anemometer + Weather Station	Sewa alat ukur kecepatan angin, arah angin, suhu selama 3 bulan	1 Unit	1.500.000	1.500.000
Sub Total				1.500.000

4. Belanja Lain-Lain

Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
Biaya Komunikasi & Internet	Kuota internet 3 bulan untuk pengolahan data	3 Bulan	100.000	300.000
Biaya Pelaporan & Jilid	Laporan akhir, poster, dan dokumentasi	1 Paket	400.000	400.000
Biaya Tak Terduga	Keperluan darurat selama penelitian	1 Paket	300.000	300.000
Sub Total				1.000.000
Total Biaya				10.000.000

Lampiran 2. Jadwal Kegiatan

Jadwal kegiatan penelitian selama 3 bulan (mulai tanggal 12 januari s/d 13 April 2024)

No.	Kegiatan/Tahapan	Minggu Ke-												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Persiapan & Studi Literatur													
2	Survey Lokasi & Perizinan													
3	Instalasi Alat Ukur Angin													
4	Pengambilan Data Angin													
5	Pengolahan & Analisis Data													
6	Pembuatan Laporan Akhir													
7	Monev & Seminar Hasil													

Lampiran 3. Surat Tugas Penelitian



UNIVERSITAS CIPTA MANDIRI

Jalan Lintas Barat Sumatera, Peunaga Cut Ujong
Kecamatan Meureubo, Kabupaten Aceh Barat, Aceh 23615
Website: <https://uncm.ac.id> Email: info@uncm.ac.id Telp/HP: 082183260141

SURAT TUGAS

Nomor : 027/LPPM/UNCM.131018/1/2024

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Cipta Mandiri dengan ini menugaskan nama-nama di bawah ini:

Nama	NIDN/NIM	Jabatan	Instansi
Ir. M. Yasir Pohan, S.T.,M.T.	1324049302	Dosen	Universitas Cipta Mandiri
Zulfahmi Helmi, S.T.,M.T.	1328038902	Dosen	
Busvra Defita	2202220009	Mahasiswa	
Lizatil Munawarah	2202220003	Mahasiswa	

untuk melaksanakan kegiatan penelitian berikut:

Judul kegiatan : Studi Potensi Penerapan dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Aceh Barat

Tanggal kegiatan : 12 Januari s/d 13 April 2024

Tempat : Desa Suak Puntong Kecamatan Kuala Kabupaten Nagan Raya

Demikian surat tugas ini dibuat, untuk dapat dilaksanakan dengan baik dan digunakan sebagaimana mestinya.

Aceh Barat, 10 Januari 2024

Kepala LPPM
Universitas Cipta Mandiri



Rita Oktavia, M.Si.
NIDN. 0127108701

Tembusan:

1. Rektor Universitas Cipta Mandiri.
2. Arsip.