

KAJIAN POTENSI DAN PENGEMBANGAN TURBIN ANGIN DAERAH URBAN

Akhmad Nurdin^{1*}, Muhammad Munadi¹, Rustam Sidiq², Fajar Paundra³

¹Program Studi D3 Teknologi Pengecoran Logam Politeknik Manufaktur Ceper, Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465

²Program Studi D3 Manajemen Industri Politeknik Manufaktur Ceper Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465

³Teknik Mesin, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Lampung Selatan, Lampung 35365.

*Email korespondensi : nurdin@polmanceper.ac.id

Abstrak

Pada wilayah perkotaan atau wilayah urban turbin angin dapat diintegrasikan pada bangunan atau disebut *building integrated wind turbine*. Disisi lain, pola angin pada daerah urban bersifat turbulen dan memiliki masalah lebih kompleks, Karakteristik angin suatu wilayah berbeda, hal ini dipengaruhi oleh kondisi permukaan tanah. Kondisi nilai roughness length yang tinggi seperti daerah perkotaan menimbulkan zona turbulen yang besar, selain itu pada saat bersamaan angin menumbuk bangunan dan obyek lain akan menimbulkan profil pusaran angin. Kajian studi ini membahas tentang karakteristik angin serta kelayakan potensi penerapan turbin angin pada daerah perkotaan atau urban. Tujuan studi ini dilakukan untuk membahas fenomena dan potensi angin pada daerah urban serta me-review beberapa kajian tentang aplikasi turbin angin di daerah urban.

Kata kunci: Perkotaan, turbin angin, turbulen

Abstract

In urban areas, wind turbines can be integrated into buildings or called *building integrated wind turbines*. On the other hand, wind patterns in urban areas are turbulent and have more complex problems. The wind characteristics of a region are different, this is influenced by ground surface conditions. Conditions of high roughness length values, such as urban areas, create a large turbulent zone, besides that at the same time the wind pound buildings and other objects, causing a wind vortex profile. This study discusses the characteristics of the wind and the feasibility of the potential application of wind turbines in urban or urban areas. The purpose of this study was to discuss the phenomenon and potential of wind in urban areas and to review several studies on the application of wind turbines in urban areas.

Keyword: *Urban, wind turbine, turbulent*

1. Pendahuluan

Isu tentang pencemaran lingkungan yang disebabkan polusi dari bahan bakar fosil menyebabkan perubahan kebijakan untuk beralih menggunakan energi alternatif yang bersifat terbarukan [1], bersumber dari alam dengan jumlah yang tidak terbatas [2]. Selain itu, semakin bertambahnya penduduk peran energi alternatif ini semakin berkembang [3] mulai dari skala kecil sampai besar. Terletak di daerah tropis dan dilewati garis khatulistiwa, ketersediaan sumber energi alternatif terbarukan sangat melimpah [4], salah satu energi alternatif terbarukan tersebut adalah energi angin [5].

Selama ribuan tahun energi angin dimanfaatkan sebagai tenaga mekanik untuk membantu menggosok hasil pertanian. Sejak tahun 1970an, pemanfaatan energi angin dikembangkan menjadi penghasil energi listrik [6]. Secara global pemanfaatan energi angin sebagai energi listrik dibangun dalam skala besar sehingga dibutuhkan tempat terpisah (*wind farm*) dengan daerah yang berpenduduk, sehingga banyak hambatan-hambatan yang muncul misalnya jaringan distribusi yang panjang. Penerapan teknologi *Wind Turbine* merupakan salah satu strategi pemanfaatan energi angin dalam skala kecil dengan jaringan distribusi lokal, jaringan ini

diharapkan mampu mensuplai kebutuhan rumah tangga, lampu penerangan jalan, sampai pengisian baterai kendaraan listrik [7]. Pada wilayah perkotaan atau wilayah *urban* turbin angin skala kecil dapat diintegrasikan pada bangunan atau disebut *building integrated wind turbine* [8]. Di daerah *urban*, pengembangan potensi energi angin diharapkan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik secara lokal, sehingga mengurangi ketergantungan pada jaringan listrik secara nasional, serta mengurangi kepadatan infrastruktur yang disebabkan jaringan kabel listrik. Pemanfaatan energi angin ini meliputi pemanfaatan infrastruktur kota, misalnya pembatas jalan, sisi rel kereta api, dan disekitar gedung bertingkat [9].

Saat ini peneliti, perancang, dan pengembang telah mempelajari pemasangan turbin angin di atas dan di sekitar bangunan tinggi atau *building integrated wind turbine* sebagai salah satu strategi pengembangan bangunan di daerah urban yang bersifat ramah lingkungan dimasa mendatang [10]. Disisi lain, pola angin pada daerah urban bersifat turbulen dan memiliki masalah lebih kompleks, sehingga metode perhitungan potensi yang digunakan berbeda dengan metode pada pengembangan *windfarm* [11].

Kajian studi ini membahas tentang

karakteristik angin serta kelayakan potensi penerapan turbin angin pada daerah perkotaan atau *urban*. Tujuan studi ini dilakukan untuk membahas fenomena dan potensi angin pada daerah *urban* serta me-review beberapa kajian tentang aplikasi turbin angin di daerah *urban*.

2. Pembahasan

a. Karakteristik Angin

Angin merupakan pergerakan udara akibatkan perbedaan tekanan satu tempat dengan tempat lainnya. Pemanasan per-mukaan bumi yang disebabkan radiasi sinar matahari menyebabkan udara memuai sampai *massa* jenis udara menjadi lebih ringan, selanjutnya udara ini akan naik karena tekanan udara menurun dan terdorong udara yang dengan *massa* jenis lebih berat. Udara yang lebih berat ini selanjutnya turun ke permukaan bumi dan memuai lagi (*massa* jenis turun) sedangkan udara yang ringan naik ke atas dan mulai mendingin (*massa* jenis naik), sehingga akan terjadi pergerakan udara lagi dari *massa* jenis yang tinggi kemassa jenis yang lebih rendah yang disebabkan fenomena konveksi udara, dan siklus pergerakan udara ini terus menerus terjadi [12].

Karakteristik angin suatu wilayah berbeda, hal ini dipengaruhi oleh kondisi permukaan tanah [13], Tabel 1 menunjukkan nilai kekasaran permukaan (*roughness lenght*) berdasarkan kondisi permukaan tanah. Secara langsung, nilai *roughness length* mempengaruhi nilai kecepatan saat angin [14]. Pada daerah *urban*, terdapat dua jenis profil lapisan angin, yaitu *Urban Canopy Layer (UCL)* dari permukaan tanah sampai ketinggian bangunan dan *Urban Boundary Layer (UBL)* dari ketinggian bangunan keatas, seperti yang ditunjukkan Gambar 1. Kondisi nilai *roughness length* yang tinggi seperti daerah perkotaan menimbulkan zona turbulen yang besar, selain itu pada saat bersamaan angin menumbuk bangunan dan obyek lain akan menimbulkan profil pusaran angin [10], seperti yang ditunjukkan Gambar 2. Apabila direncanakan pemasangan turbin angin di daerah *urban*, dengan sifat angin turbulen, diperlukan penempatan turbin angin yang cukup tinggi, misalnya pada atap (*roof*) bangunan [10], sedangkan setiap bentuk profil atap juga mempengaruhi aliran angin [7].

b. Pengaruh Rooftop Profil terhadap karakteristik aliran angin

Rooftop Profil atau profil atap secara langsung mempengaruhi potensi energi angin yang dihasilkan. Penelitian yang dilakukan pada referensi [15] dengan simulasi pada bermacam-macam bentuk atap yaitu (a) berbentuk flat/datar, (b) *domed*/setengah bola (c) *gabled*/segitiga, (d)

piramida, (e) *vaulted*/setengah tabung, dan (f) *wedged/tirus* yang ditunjukkan Gambar 3, menunjukkan hasil potensi angin yang berbeda yang disebabkan perubahan arah dan aliran angin, sehingga dari pengaruh tersebut dapat menentukan tata letak turbin angin apabila diterapkan pada tempat tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bentuk atap setengah tabung berpotensi paling tinggi untuk menerapkan turbin angin dengan kapasitas sampai 56% lebih tinggi pada atap datar dengan lokasi dan kondisi keceptan angin yang sama. Pada bangunan dengan profil melengkung menghasilkan konsentrasi profil arah dan aliran angin yang tinggi (Gambar 3), dalam hal ini *rooftop* dengan bentuk setengah bola dan setengah tabung merupakan desain *rooftop* bangunan yang mampu menghasilkan energi angin yang optimal dengan efek turbulensi lebih rendah dibandingkan atap yang berbentuk persegi [15].

Penempatan turbin angin pada *rooftop* secara langsung mempengaruhi kinerjanya, penelitian yang dilakukan referensi [16] terdapat tiga alternatif posisi pemasangan turbin angin, yaitu *corner*, *edge*, dan *center* pada bentuk *rooftop* datar, segitiga, dan piramida seperti yang ditunjukkan Gambar 4. Saat aliran angin normal atau laminar seperti yang ditunjukkan gambar 4a, pada *rooftop* segitiga dan piramida tidak direkomendasikan untuk dipasang pada *corner* dan *center*. Sedangkan pada atap datar turbin angin dapat diletakkan pada semua *rooftop* (*corner*, *edge*, dan *center*). Dari penelitian tersebut, saat aliran angin laminar bagian *corner* dari ketiga *rooftop* (*corner*, *edge*, dan *center*). tersebut merupakan bagian yang paling berpotensi untuk dipasang turbin angin. Sedangkan saat kondisi aliran turbulen, arah angin tidak menentu, sehingga perencanaan turbin angin juga berbeda dengan aliran angin normal. Gambar 4b menunjukkan rekomendasi peletakan turbin angin kondisi angin keadaan turbulen. Pada kondisi turbulen ini *rooftop* dengan bentuk segitiga tidak direkomendasikan untuk dipasangkan turbin angin, pada *rooftop* piramid direkomendasikan hanya terletak pada *edge*, dan pada *rooftop* datar tetap direkomendasikan pada semua bagian (*corner*, *edge*, dan *center*).

Table 1. Tabel 1. Nilai kekasaran permukaan (*roughness lenght*) berdasarkan kondisi permukaan [13]

Kondisi	<i>Roughness Length (m)</i>
Perkotaan, Hutan	0.7
Pinggiran, Pedesaan dikelilingi berhutan	0.3

Kondisi	Roughness Length (m)
Desa, Pedesaan dikelilingi pohon	0.1
Lahan pertanian terbuka, sedikit pohon, dan sedikit bangunan	0.03
Daratan berumput	0.01
Daratan pasir, lautan berombak	0.001

c. Aplikasi Turbin Angin Daerah Urban

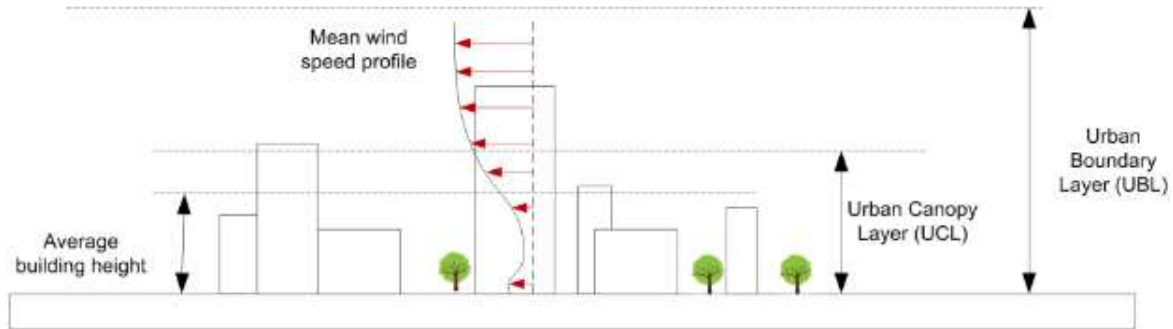
1) Horizontal Axis Wind Turbines (HAWTs)

Turbin angin jenis ini memiliki sumbu rotasi dalam posisi horisontal, dan saat ini paling banyak diaplikasikan di daerah *urban* dengan nilai efisiensi relatif tinggi. Kinerja turbin angin *HAWTs* akan menurun apabila terjadi angin dengan aliran turbulen. Tantangan membangun *HAWTs* dalam skala besar seperti pada *windfarm* untuk lingkungan *urban* diantaranya bahaya bagi kelangsungan hidup kelompok burung, navigasi

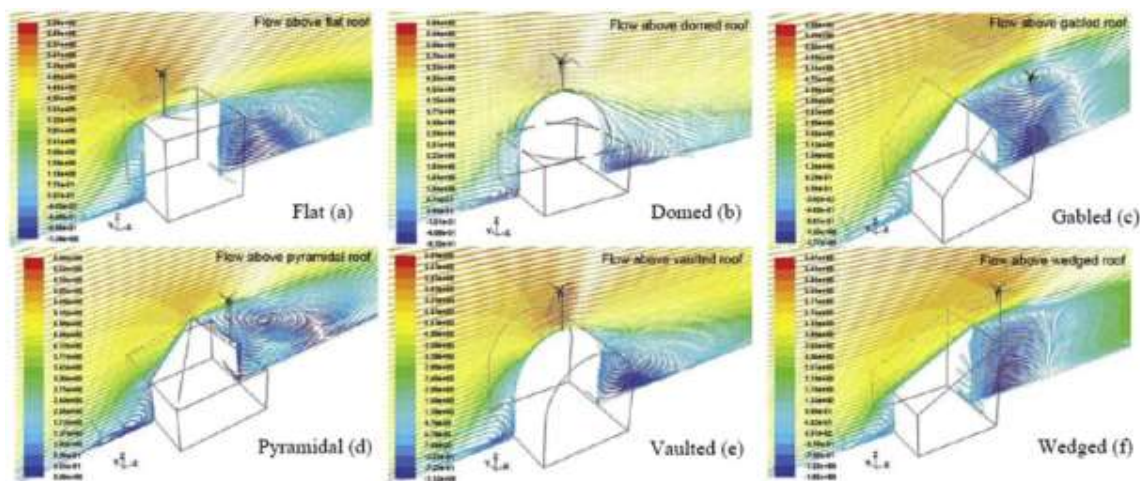
pesawat terbang, perawatan, kebisingan, dan resiko runtuh akibat beban dinamis. Gambar 5 menunjukkan contoh *HAWTs* dalam skala menengah/besar daerah urban, sedangkan *HAWTs* dalam skala kecil ditunjukkan Gambar 6 [10].

2) Vertical Axis Wind Turbines (VAWTs)

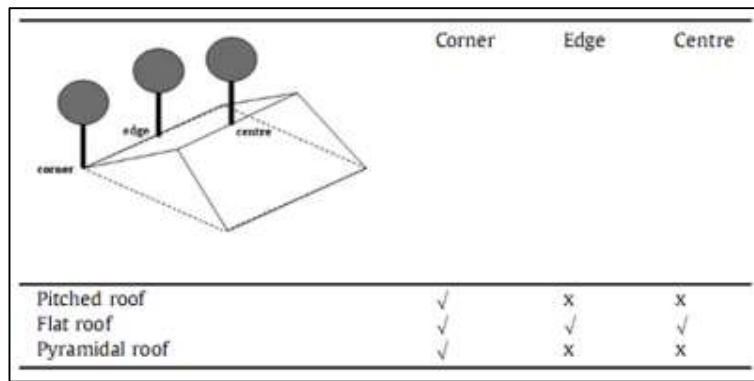
Turbin angin sumbu vertikal memiliki sumbu rotasi vertikal, dengan sudu dan poros diposisikan secara vertikal pula. Walau nilai efisiensi tidak setinggi *HAWTs*, *VAWTs* mampu menerima angin dari segala arah dengan kecepatan angin rendah sehingga cocok dengan karakter angin pada daerah *urban*. Ditinjau dari produksi massal, *VAWTs* belum sebesar *HAWTs* namun banyak studi memperkirakan dalam 2-3 dekade mendatang *VAWTs* akan mendominasi teknologi turbin angin, terutama pada daerah *urban* dalam skala kecil dengan kuantitas banyak [10]. Gambar 7 menunjukkan contoh *VAWTs* tipe *darrieus*.



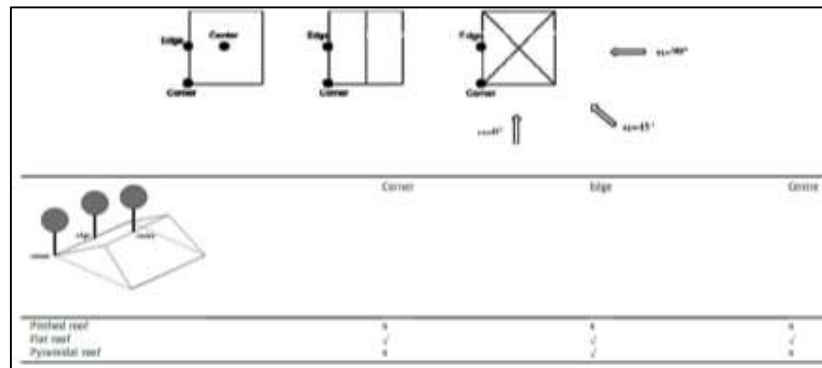
Gambar 1. Profil lapisan angin daerah urban [14]



Gambar 2. Macam-macam Rooftop Profil dan bentuk arah-aliran angin [15]



(a)



(b)

Gambar 3. Efek penempatan turbin angin pada atap berbentuk segitiga
(a) aliran angin normal (b) aliran angin turbulen



(a)



(b)



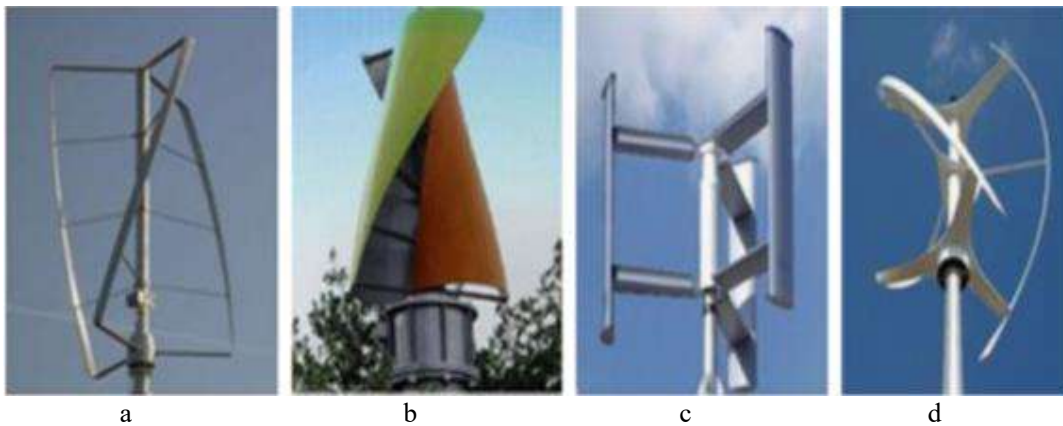
(c)

Gambar 4. Aplikasi *HAWTs* dalam skala menengah/besar daerah *urban* [10]

(a) Bahrain WTC Twin Towers, Bahrain; (b) SOM's Pearl River Tower, China; (c) COR Project Design External View



Gambar 5. Aplikasi HAWTs dalam skala kecil [10]
(a) Boston Logan airport building; (b) High speeds on urban highways, Arizona



Gambar 6. VAWTs tipe darrieus
(a) Turbin Turby, (b) Turbin WinSide, (c) Turbin Ropatec, dan (d) Turbin Gorlov Helical [10]

3. Kesimpulan

Daerah *urban*, pengembangan potensi energi angin diharapkan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik secara lokal. Karakteristik angin suatu wilayah berbeda, hal ini dipengaruhi oleh kondisi permukaan tanah. Pada daerah *urban*, angin menumbuk bangunan dan obyek lain yang besar akan membentuk profil pusaran angin dan me-nimbulkan zona turbulen.

Profil *rooftop* bangunan secara langsung mempengaruhi aliran angin, profil setengah bola dan setengah tabung mampu menghasilkan energi angin yang optimal dengan efek turbulensi lebih rendah dibandingkan atap yang berbentuk persegi. Sedangkan tata letak turbin pada *rooftop* juga mempengaruhi kinerja turbin terutama saat aliran turbulen, ini *rooftop* dengan bentuk segitiga tidak direkomendasikan untuk dipasangkan turbin angin, pada *rooftop* piramid direkomendasikan hanya terletak pada *edge*, dan pada *rooftop* datar tetap direkomendasikan pada semua bagian (*corner*, *edge*, dan *center*).

Saat ini teknologi HAWTs mendominasi

pemakaian turbin angin daerah *urban*, namun dengan banyak keuntungan teknologi VAWTs kedepan secara bertahap akan mendominasi teknologi turbin angin daerah *urban*.

4. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Politeknik Manufaktur Ceper melalui LPPM telah memfasilitasi dan mendanai hibah penelitian Politeknik Manufaktur Ceper 2021 dan publikasi ini dengan Surat Perjanjian Nomor :148.1/PLC.04/VI/2021.

5. Daftar Pustaka

- [1] A. Nurdin, D. A. Himawanto, and S. Hadi, "Optimasi perancangan turbin air menggunakan analysis of variance aliran horisontal," vol. 10, no. 2, pp. 103–109, 2020.
- [2] A. Nurdin, D. A. Himawanto, and S. Hadi, "Experimental Study of the

- Effect of Blade Angle on Pico Tubular Bulb Turbine Performance in Horizontal Flow,” 2020, vol. 030122, no. April.
- [3] A. Nurdin et al., “Optimalisasi daya output generator pada pico- hydropower menggunakan transmisi roda gigi 1,” vol. 4, no. 2, pp. 7–14, 2020.
- [4] A. Nurdin, D. A. Himawanto, S. Hadi, and F. B. Darsono, “Kajian Teoritis Pengaruh Parameter Internal Terhadap Unjuk Kerja Turbin Propeller sebagai Pembangkit,” J. Media Mesin, vol. 22, no. 2, pp. 89–100, 2021.
- [5] S. Martosaputro and N. Murti, “Blowing the Wind Energy in Indonesia,” Energy Procedia, vol. 47, pp. 273–282, 2014.
- [6] Pramod Jain, Wind Energy Engineering. New York: Mc Graw Hill, 2011.
- [7] A. KC, J. Whale, and T. Urmee, “Urban wind conditions and small wind turbines in the built environment: A review,” Renew. Energy, vol. 131, pp. 268–283, 2019.
- [8] Muhamad, Rifqi, and Danardono Dwi, “Statistik Analisis Potensi Kecepatan Angin Roof Top Gedung Sala View Hotel Menggunakan Metode Weibull Dan Metode Rayleigh” vol. 13, no. 1, pp. 60–64, 2015.
- [9] S. Allen, G. Hammond, and M. C. Mcmanus, “Prospects for and barriers to domestic micro-generation: A United Kingdom perspective,” Appl. Energy, vol. 85, no. november, pp. 528–544, 2007.
- [10] T. F. Ishugah, Y. Li, R. Z. Wang, and J. K. Kiplagat, “Advances in wind energy resource exploitation in urban environment : A review Advances in wind energy resource exploitation in urban environment : A review,” Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 37, no. September, pp. 613–626, 2014.
- [11] R. Unless, P. Act, W. Rose, T. If, and W. Rose, “Mapping the Urban Wind Resource over UK Cities using an Analytical Downscaling Method,” 2012.
- [12] A. Maharwan, “Uji Karakteristik Turbin Angin Savonius 4 Tingkat Bersekat dan Sudut Geser 45 Derajat dengan Pembanding Turbin Standar,” Uniersitas Diponegoro, 2013.
- [13] T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins, and Bossanyi, Wind Energy Handbook., Pp. 139–14. Chichester, UK,: Wiley and Sons Ltd, 2001.
- [14] D. Micallef and G. van Bussel, “A Review of Urban Wind Energy Research: Aerodynamics and Other Challenges,” Energies, vol. 11, no. 2204, pp. 1–27, 2018.
- [15] I. Abohela, N. Hamza, and S. Dudek, “Effect of roof shape , wind direction , building height and urban con fi guration on the energy yield and positioning of roof mounted wind turbines,” Renew. Energy, vol. 50, pp. 1106–1118, 2013.
- [16] L. Ledo, P. B. Kosasih, and P. Cooper, “Roof mounting site analysis for micro-wind turbines,” Renew. Energy, vol. 36, no. 5, pp. 1379–1391, 2011.