
PREDIKSI INTENSITAS ENERGI ANGIN TAHUNAN DI SULAWESI TENGGARA DENGAN MENGGUNAKAN PEMODELAN DISTRIBUSI WEIBULL

Samhuudin, Aditya Rachman, Abd Kadir, Kadir, Budiman Sudia

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo, Kendari
Kampus Hijau Bumi Tridarma Andounohu Kendari 93232

E-mail: samhudinhakim@gmail.com

Abstrak

Sulawesi Tenggara adalah salah satu daerah di Indonesia yang saat ini masih memiliki rasio kelistrikan yang lebih rendah dibandingkan dengan rasio kelistrikan rata-rata di Indonesia. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor penghambat dalam pembangunan. Energi angin merupakan salah satu energi alternatif, terbarukan dan bersih yang dapat diterapkan sebagai sumber energi listrik di Sulawesi Tenggara. Salah satu aktifitas dalam mengkaji kelayakan aplikasi teknologi energi angin dalam suatu wilayah adalah perkiraan intensitas energi angin tahunan. Hal ini memungkinkan untuk mengkaji apakah teknologi ini akan memberikan nilai keekonomian bagi penggunanya. Salah satu cara dalam memprediksi energi angin adalah dengan menggunakan model distribusi Weibull. Studi ini bertujuan untuk memprediksi intensitas energi tahunan angin di Sulawesi Tenggara, dengan metode pemodelan distribusi Weibull, yang dikombinasikan dengan data kecepatan angin dari Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Sulawesi Tenggara. Dalam menghitung menggunakan model, studi ini menggunakan skenario variasi koefisien Weibull, yang berupa faktor bentuk dan faktor skala. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa intensitas energi angin tahunan di Sulawesi Tenggara adalah sekitar 307 KWH/m² sampai 625 KWH/m².

Kata Kunci : *model Weibull, angin, intensitas, Sulawesi Tenggara, listrik*

Abstract

The projection on the annual wind energy in Southeast Sulawesi using the model of Weibull distribution. Southeast Sulawesi is one of the regions in Indonesia that currently has lower electricity ratio than that of the average power ratio in Indonesia. This can be one of the factors inhibiting for the development in this region. The wind energy is one of the alternative clean renewable energies that can be potentially applied as the alternative power source in the Southeast Sulawesi. One of the activities in assessing the feasibility on the applications of the wind energy technology within a region is the estimation on the annual wind energy intensity. By obtaining this information, it is possible to assess whether this technology provides the desirable economic value for its users. One of the common methods to predict the intensity of wind energy is using the model of Weibull distribution. This study aims to predict annual energy intensity of the wind in the Southeast, using the Weibull distribution model, combined with the wind speed data from the Department of Energy and Mineral Resources of Southeast Sulawesi. In calculating the model, it proposes the Weibull coefficient scenarios, including its scale and shape factors. The results show that the annual wind energy intensity is around 307-625 kwh / m².

Keywords: *Weibull model, wind, intensity, Southeast Sulawesi, electricity*

1. Pendahuluan

Perkembangan ekonomi dan peningkatan taraf hidup masyarakat, dipercaya, memiliki pengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap penggunaan energi (Nguyen, 2006). Listrik merupakan salah satu bentuk energi yang telah banyak dimanfaatkan oleh manusia. Bentuk energi ini telah diterima sebagai salah satu faktor yang mendorong kegiatan ekonomi di semua Negara (Kaundinya 2009).

Sulawesi Tenggara merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang dipercaya memiliki peran penting secara internal maupun eksternal dalam pembangunan social dan ekonomi di wilayah timur Indonesia (Dinas ESDM Sultra 2010). Namun, ketersediaan listrik untuk sebagian masyarakat masih menjadi kendala. Menurut sumber dari ESDM (2009), angka rasio elektrifikasi di wilayah ini masih dibawah 50%. Selain itu, masih banyak pedesaan yang belum sama sekali mendapatkan akses listrik (Balaka, 2013, Rachman, 2015).

Energi alternatif yang berkelanjutan dan berbahan lokal dapat menjadi salah satu solusi dalam mengatasi masalah distribusi listrik. Hal ini disebabkan karena energi ini secara relatif dapat dioperasikan lebih dekat ke pengguna dengan bahan bakar lokal, sehingga tidak membutuhkan proses distribusi listrik. Energi ini juga tidak terpengaruh pola distribusi penduduk yang tidak uniform. Selain itu beberapa energi ini lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan energi yang berbasis minyak bumi dan batu bara (Zand 2009).

Teknologi energi berbasis angin merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang bersifat lokal dan ramah lingkungan. Teknologi dapat menjadi salah satu pilihan sumber energi alternatif di Sulawesi Tenggara, dalam mendukung usaha penyediaan energi listrik.

Pengkajian kelayakan pengembangan energi terbarukan dapat menjadi salah satu pertimbangan dalam memutuskan penggunaan energi di suatu daerah. Pengkajian juga sangat penting untuk dilakukan pada keadaan lingkungan ataupun wilayah di mana teknologi tersebut akan ditempatkan. Karena keadaan lingkungan, sebuah wilayah mungkin lebih tepat dikembangkan untuk sebuah teknologi energi terbarukan tertentu, dan mungkin kurang memiliki nilai ekonomi jika

dikembangkan teknologi yang lain (Rachman, 2014). Studi ini menyajikan salah satu kegiatan dalam pengkajian kelayakan pengembangan energi angin di Sulawesi Tenggara, yaitu menghitung intensitas energi angin.

2. Kajian Pustaka

Sulawesi Tenggara

Provinsi Sulawesi Tenggara terletak di jazirah Tenggara Pulau Sulawesi. Secara geografis terletak di bagian Selatan Garis Khatulistiwa, memanjang dari Utara ke Selatan di antara 02°45'-06°15' Lintang Selatan dan membentang dari Barat ke Timur di antara 120°45'-124°45'. Menurut data dari Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral, wilayah provinsi Sulawesi Tenggara memiliki kecepatan angin harian rata rata 3-5 m/s (Dinas ESDM Sultra 2010).

Angin

Angin adalah salah satu bentuk energi yang tersedia di alam. Menurut Boyle (1996), energi angin dihasilkan oleh perbedaan tekanan sepanjang atmosfer bumi. Perbedaan ini disebabkan sebagian besar oleh perbedaan pemanasan matahari di permukaan bumi.

Perhitungan Intensitas Angin

Untuk menghitung intensitas energi angin dalam suatu kurun waktu tahun, dapat menggunakan formula sebagai berikut

$$P_T = 0.5 \rho \bar{V}^3 x(\text{waku})(\text{watt} - \text{waktu}) \quad (1)$$

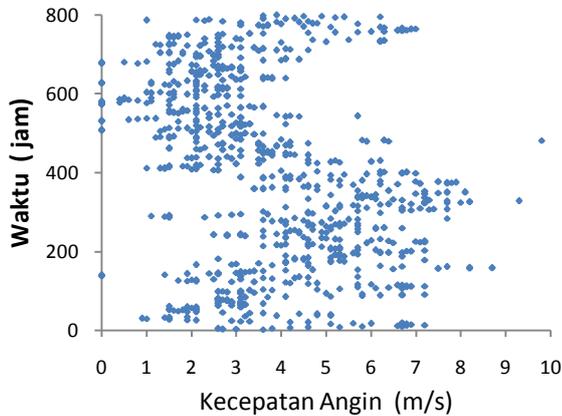
Dimana \bar{V} adalah kecepatan angin. Formula ini mengasumsikan bahwa kecepatan angin adalah sama dalam kurun waktu.

Perhitungan Intensitas dengan Memperhatikan Perbedaan Frekwensi Angin

Dalam kenyataan di lapangan, dalam suatu kurun waktu, angin akan berhembus dengan kecepatan yang berbeda-beda. Hal in mengakibatkan, pada setiap kecepatan angin akan memiliki frekwensi yang berbeda-beda dalam suatu kurun waktu.

Gambar 1 merupakan salah satu contoh data hasil monotring kecepatan angin dalam 720 jam di suatu lokasi di Darwin Australia menurut i Commonwealth Supported Independent Research Organisation (CSIRO) yang diperoleh di Hughes

(2009). Data ini merupakan salah satu bagian dari data tahunan angin di Australia yang diambil dari 70 lokasi dalam waktu 38 tahun dari Januari 1967 sampai 2004.



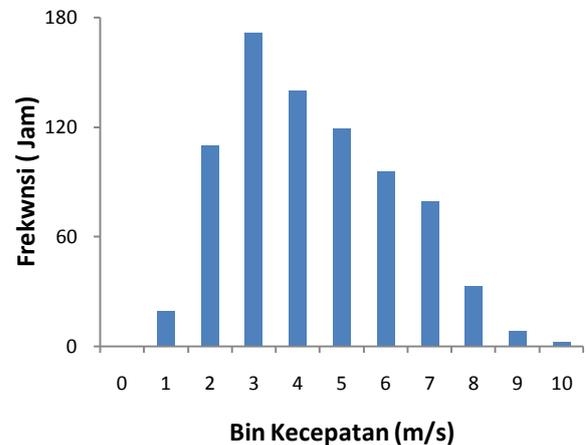
Gambar 1. Contoh data angin disuatu wilayah dalam kurun waktu (Darwin 2004 , CSIRO) (Hughes 2009)

Data angin yang disajikan di atas memiliki kelemahan berupa kesulitan untuk menghitung frekwensi setiap kecepatan angin yang disebabkan oleh banyak dan variasi data. Untuk mempermudah perhitungan frekwensi angin dari data monitoring, salah satu metode adalah pengelompokan data monitoring menurut Bin kecepatan. Dalam metode ini, kecepatan-kecepatan angin yang memiliki kecepatan hampir sama dikelompokkan ke dalam suatu kotak kecepatan rata-rata (*Bin*) (Boyle, 1996). Sebagai contoh, jika dalam 720 jam ada 100 data yang menunjukkan kecepatan angin antara 1.7 sampai 2.3, dan jika lebar bin ditentukan 1, maka , 100 data tersebut dianggap masuk ke *Bin* 2 (atau ada 100 data dengan kecepatan 2 m/s). Gambar 2 menunjukkan hasil dari pengelompokan *Bin* kecepatan dari data monitoring di Gambar 1. Dari Gambar 2, sangat nyata bahwa, frekwensi pada setiap kecepatan angin sangat lebih jelas terepresentasikan.

Metode perhitungan intensitas energi angin yang melibatkan data kecepatan angin dan frekwensi angin dari wilayah dapat disajikan sebagai (Boyle, 1996)

$$P_T = 0.5\rho \int_0^{vt} Vt^3 x f_w dVt \text{ (watt-waktu)} \quad (2)$$

Di mana, V_t adalah kecepatan angin dan f_w adalah frekwensi angin berhembus dalam kecepatan V_t dalam waktu suatu kurun waktu, misalnya menit, jam dan hari.



Gambar 2. Data frekwensi angin yang sudah dipisahkan menurut kecepatan dengan metoda *Bin*

Perhitungan Intensitas dengan Pemodelan Distribusi Weibull

Karena kebutuhan data frekwensi angin, tantangan dalam mengaplikasikan metode perhitungan intensitas energi angin tahunan berdasarkan persamaan (2) adalah keterbatasan data. Hal ini menyebabkan jika suatu wilayah tidak memiliki data frekwensi angin, metode perhitungan ini tidak dapat digunakan.

Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah keterbatasan data frekwensi, adalah dengan pendekatan distribusi frekwensi angin dengan model distribusi Weibull. Dalam model ini, distribusi frekwensi angin terhadap kecepatan dalam suatu kurun waktu dianggap memiliki pola distribusi Weibull.

Menurut Carta (2009), pencocokan frekwensi angin dalam suatu kurun waktu menggunakan distribusi Weibull dapat digunakan untuk menentukan frekwensi angin, yang diwakili dengan besar waktu yang terjadi, pada setiap kecepatan angin, ketika data frekwensi angin tidak lengkap.

Menurut Shata (2006), model distribusi Weibull merupakan salah satu metode stasistika yang sering digunakan untuk menjelaskan data kecepatan angin. Distribusi ini adalah metode pencocokan yang tepat untuk data eksperimen. Metode ini hanya membutuhkan ketersediaan data tentang kecepatan rata-rata angin per tahun atau perbulan, untuk memprediksi distribusi frekwensi angin dalam satu tahu atau satu bulan.

Pada saat ini, pemodelan distribusi Weibull menjadi salah satu dari metode distribusi yang biasanya sering digunakan, diterima dan direkomendasikan untuk menentukan potensi energi angin (Ucar 2010). Metode distribusi ini, saat ini, juga telah digunakan sebagai distribusi referensi untuk *software* komersial untuk turbin angin, seperti Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP) (Carta, 2009). Beberapa studi (Stevens 1979, Ta’ani 1985 Anani, 1992, Hughes 2009) telah menemukan bahwa data frekwensi angin dalam suatu kurun waktu (bulan atau tahun) pada beberapa lokasi di belahan bumi mengikuti pola model Weibull.

3. Metodologi

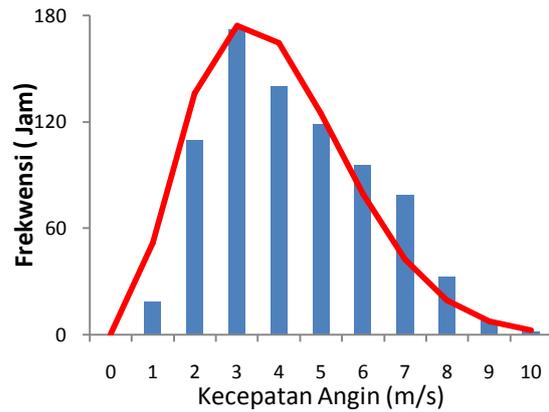
Metodologi yang digunakan adalah menggunakan kombinasi anatara data dari kajian literatur dan model matematika.

Persamaan frekwensi menurut Weibull didefinisikan sebagai

$$f_w = \frac{8760}{C} k_w \left[\frac{V}{C} \right]^{k_w - 1} \exp\left(-\left(\frac{V}{C}\right)^{k_w}\right) \quad (3)$$

Dimana *C* adalah nilai faktor skala empiris weibull (*Weibull scale factor*) (m/s), yang biasanya nilainya mendekati kecepatan angin rata rata, dan *k_w* adalah faktor bentuk empiris (*Weibull shape factor*) (Shata 2006) (Boyle, 1996), (Carta, 2009).

Gambar berikut adalah sebuah contoh pemodelan frekwensi angin pada kasus di atas (Darwin) sebagai distribusi Weibull dengan nilai *C* 3.4 dan *K_w* 2.



Gambar 3. Pemodelan frekwensi angin pada suatu wilayah sebagai distribusi Weibull

4. Hasil dan Pembahasan

Dalam perhitungan intensitas energi tahunan di Sulawesi Tenggara, studi ini menggunakan model matematika pada persamaan (1) dengan menganggap distribusi kecepatan angin dalam satu tahun mengikuti pola distribusi Weibull.

Bedasarkan data dari Dinas ESDM (2010), kecepatan rata rata harian di Wilayah ini adalah 3 - 5 m/s. Untuk menentukan faktor skala (*scale factor*), diambil dari nilai tengah antara 3 - 5 , yaitu 4 m/s.

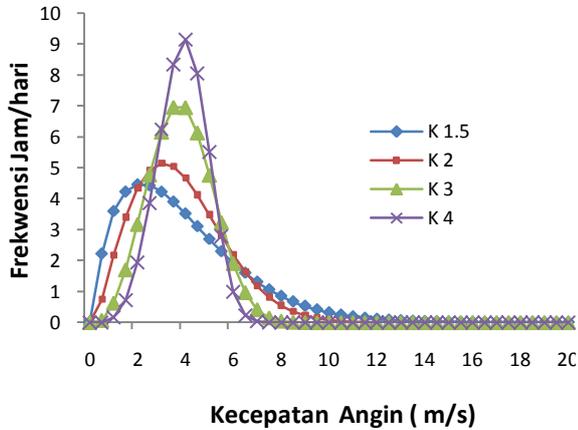
Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan hasil prediksi intensitas kecepatan angin dan energi angin di Sulawesi Tenggara pada setiap kecepatan harian (dari kecepatan 0 – 20 m/s) dengan variasi nilai faktor bentuk 1.5 sampai 4. Tabel 1 menunjukkan total intensitas energi angin di Sulawesi Tenggara pada variasi faktor bentuk.

Tabel 1. Intensitas energi angin tahunan di Sulawesi Tenggara pada beberapa kemungkinan faktor bentuk distribusi (Kw)

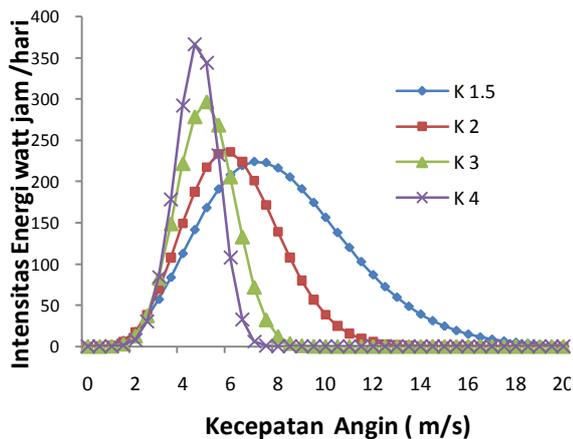
Kw	1.5	2	3	4
P _T (KWH/m ² /thn)	625	428	330	307
P _T (KWH/m ² /hr)	1.70	1.10	0.91	0.84

Faktor bentuk dalam perhitungan intensitas sengaja divariasikan, karena karakteristik frekwensi distribusi kecepatan angin di Sulawesi Tenggara secara tepatnya tidak diketahui. Pemilihan jarak

variasi faktor bentuk didasarkan pada pencocokan distribusi frekwensi angin distribusi Weibull (*Weibull Best Fit*) yang berkisar antara 1.5 – 4.



Gambar 4. Pemodelan frekwensi angin di Sulawesi Tenggara sebagai distribusi Weibull



Gambar 5. Intensitas energi angin di Sulawesi Tenggara dengan menggunakan pemodelan frekwensi angin sebagai distribusi Weibull

Selain itu, nilai variasi bentuk dibuat lebih besar dari 1, untuk menjaga pola distribusi dalam perhitungan sesuai pola distribusi Weibull. Menurut Ebeling (2010), jika nilai faktor sama dengan atau lebih kecil dari 1, pola distribusi akan eksponensial, bukan Weibull.

Dari hasil perhitungan di atas, dalam satu tahun, nilai intensitas rata rata energi angin di Sulawesi Tenggara adalah sekitar 307 – 625 KWH/m²/ tahun atau sekitar 0.84 – 1.7 KWH/m²/hari. Hasil

perhitungan ini bedasarkan nilai faktor skala 4 dan variasi nilai faktor bentuk antara 1.5 - 4.

Dari kajian nilai faktor bentuk, pada nilai yang kecil, distribusi frekwensi angin lebih merata di semua kecepatan dibandingkan dengan pada nilai faktor yang besar. Nilai faktor bentuk yang kecil dapat digunakan untuk menunjukan bahwa distribusi frekwensi angin pada kecepatan lebih merata.

Nilai faktor bentuk yang besar dapat menunjukan bahwa distribusi angin cenderung sedikit terpengaruh distribusi Weibull, atau, populasi pada daerah di sekitar kecepatan rata-rata adalah besar. Perhitungan dengan faktor bentuk yang besar dapat diartikan bahwa perhitungan menggunakan sebagian besar data di sekitar nilai rata rata, dan sangat besar kemungkinan dapat dimodelkan seperti pada persamaan (1).

Perhitungan intensitas angin dengan menggunakan variasi nilai faktor bentuk dapat menghasilkan sumber informasi yang lebih komprehensif tentang keadaan distribusi frekwensi angin yang mungkin terjadi di suatu wilayah, karena hanya data nilai angin rata rata saja yang diketahui, bukan bentuk distribusinya.

5. Kesimpulan

Studi ini telah melakukan pengkajian intensitas energi angin di Sulawesi Tenggara dengan menggunakan pemodelan distribusi Weibull dan data kecepatan angin rata-rata dari Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Sulawesi Tenggara. Berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil..

Dengan metode pemodelan distribusi Weibull dan data kecepatan angin, intensitas energi angin tahunan di Sulawesi Tenggara adalah sekitar 307 – 625 KWH/m², pada variasi faktor bentuk 1.5 – 4 dan kecepatan angin rata-rata 4 m/s. Pemilihan pemodelan distribusi Weibull dalam perhitungan prediksi intensitas energi angin dapat dijadikan salah satu alternatif dalam memprediksi intensitas energi suatu wilayah.

Referensi

Anani F, Wakileh J, 1992, *The royal scientific society activities in the field of wind energy*, Proceedings of the International Seminar on the Commercialization of Solar, Wind Energy Technologies, Amman- Jordan,

- Balaka R, Rachman A, Jaya LDM, 2013, Mitigating climate change through the development of clean renewable energy in Southeast Sulawesi, a developing region in Indonesia, *International Journal of Energy, Information and Communications*, Vol 4 , Issue 4
- Boyle, G 1996, *Renewable Energy: Power for a sustainable future*, ed., Oxford University Press,
- Carta JA, Ramírez P, Vela'zquez S, 2009, *A review of wind aspeed probability distributions used in wind energy analysis*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*;13:933–55.
- CSIRO 2002, *Climate change and Australia's coastal communities*, media release, accessed 06/07/09, <http://www.csiro.au/science/Climate-Change.html>
- Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral SULTRA, 2010, *Renewable Energy in Provinsi Sulawesi Tenggara*
- Ebeling CE, 2010, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Waveland Press.Inc.
- ESDM Department, 2009, *Rasio Elektrifikasi 14 Provinsi diatas 60% , PLN (Persero) wilayah Sulsel, Sultra , Sulbar, 07/08*, <http://www.plnsulselra.co.id/detilnews.aspx?id=145>
- Hughes, L 2009, *'Optimization of small HAWTs and remote area power supply design'*, University of Wollongong, Faculty of Engineering.
- Kaundinya D P, Balachandra P, Ravindranath N H, 2009, *Grid-connected versus stand-alone energy systems for decentralized power—A review of literature*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*
- Nguyen Q H, 2006, *Alternatives to grid extension for rural electrification: Decentralized renewable energy technologies in Vietnam*, *Energy Policy*, November, Elsevier.com
- Prov.Sultra ,2014, *Letak Wilayah Sulawesi Tenggara di Wilayah Indonesia*, <http://www.sulawesitenggaraprov.go.id/profil-daerah.html>
- Rachman A, 2014, *Simulating the Influences of the Blade Number and the Rotation on the Annual Energy Performance of the Wind Machine*, *International Journal of Energy, Information and Communications*, Vol.5, Issue 6 (2014), pp.35-42
- Rachman A, Rianse U, Musaruddin M, Ornam K, 2015, *Technical, economical and environmental assessments of the solar PV technology in Southeast Sulawesi, a developing province in eastern Indonesia*, *International Journal of Energy Economics and Policy (IJEEP)*, Vol 5(4) –Hal. 918-925
- Stevens M.J.M 1979, *The usefulness of weibull functions in determining the output of wind energy conversion systems*, Ir. Thesis, Wind Energy Group, Department of Physics, Eindhoven University of Technology, R370A, The Netherlands.
- Ta'ani R, Al-Mulki HA,1985, *Stochastic storage—auxiliary pumping system design*, RSS Report, Amman- Jordan.
- Shata AS, Hanitsch R,2006, *The potential of electricity generation on the east coast of Red Sea in Egypt*. *Renewable Energy* ;31:1597–625.
- Ucar A, Balo F, 2010, *Assessment of wind power potential for turbine installation in coastal areas of Turkey* a Department of Mechanical Engineering, Firat University, 23279 Elazığ, Turkey *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 1901–1912
- Zahnd A, Kimber HM, 2009 , *Benefits from a renewable energy village electrification system*, *Renewable Energy journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene*