

P-31

## STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH KOMBINASI SUDU TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN ANGIN SAVONIUS

### EXPERIMENTAL STUDY THE EFFECT OF COMBINATION OF BLADE ON THE PERFORMANCE OF SAVONIUS WIND TURBINE

Yudi Kurniawan<sup>1\*</sup>, Ida Bagus Dharmawan<sup>2</sup>, Wahyu Anhar<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Politeknik Negeri Balikpapan, Jl. Soekarno Hatto – KM.8, Balikpapan

\*E-mail: yudi.kurniawan@poltekba.ac.id

Diterima 27-10-2021	Diperbaiki 27-10-2021	Disetujui 27-10-2021
---------------------	-----------------------	----------------------

#### ABSTRAK

Pemanfaatan sumber energi baru terbarukan (EBT) merupakan solusi bagi ketergantungan manusia terhadap penggunaan sumber energi yang berasal dari fosil. Energi angin hadir sebagai sumber energi yang sederhana, bersih dan mudah dimanfaatkan. Untuk dapat memanfaatkan energi angin diperlukannya mekanisme turbin angin. Secara umum turbin terbagi menjadi 2 yaitu turbin angin sumbu vertikal (VAWT) dan turbin angin sumbu horisontal (HAWT). Turbin angin Savonius cocok diaplikasikan di Indonesia yang memiliki kecepatan angin rata-rata relative rendah. Untuk mendapatkan turbin angin Savonius dengan performa yang baik, pengaruh parameter desain dan parameter geometris harus menjadi perhatian. Pengujian eksperimen dilakukan pada turbin angin Savonius konvensional dan turbin angin Savonius dengan kombinasi sudu. Skematik pengujian didesain mendekati kondisi angin nyata. Fan blower menjadi sumber angin pengujian dengan 3 variasi kecepatan angin yaitu 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk dapat mengetahui karakteristik dari turbin angin Savonius. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan putaran tertinggi diperoleh turbin angin dengan penambahan kombinasi sudu pada kecepatan angin 5 m/s. Kecepatan putaran turbin tertinggi yaitu 229,6 rpm.

**Kata kunci:** energi angin, savonius, kombinasi sudu, kecepatan putaran

#### ABSTRACT

Utilization of new renewable energy sources (EBT) is a solution for human dependence on the use of energy sources derived from fossils. Wind energy is present as a simple, clean and easy-to-use energy source. To be able to utilize wind energy, a wind turbine mechanism is needed. In general, turbines are divided into 2, namely vertical axis wind turbines (VAWT) and horizontal axis wind turbines (HAWT). The Savonius wind turbine is suitable to be applied in Indonesia, which has a relatively low average wind speed. To get a Savonius wind turbine with good performance, the effect of design parameters and geometric parameters must be considered. Experimental testing was carried out on a conventional Savonius wind turbine and Savonius wind turbine with a combination of blades. The test schematic is designed to approach real wind conditions. The fan blower became the source of the testing wind with 3 variations of wind speed, namely 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s. The purpose of this study was to determine the characteristics of the Savonius wind turbine. The test results show that the highest rotational speed is obtained by a wind turbine with the addition of a combination of blades at a wind speed of 5 m/s. The highest turbine rotation speed is 229.6 rpm.

**Keywords:** wind energy, savonius, combination of blade, rotation speed

#### PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Indonesia yang sangat besar yakni lebih dari 250 Juta jiwa mengakibatkan meningkatnya kebutuhan energi listrik, peningkatan kebutuhannya mencapai 8% per tahun sehingga peningkatan energi listrik mencapai 7.000 MW per tahun. Pemasalahan tersebut mendorong pemerintah untuk

berpartisipasi dalam penyediaan dan pemanfaatan sumber energi baru dan energi terbarukan untuk pembangkit tenaga listrik [1,2].

Sumber energi baru terbarukan (EBT) mampu menjadi solusi bagi ketergantungan manusia terhadap pemanfaatan sumber energi yang berasal dari fosil. Sumber EBT yaitu

sumber daya energi yang secara alami tidak akan habis, seperti angin, air gelombang laut, matahari, panas bumi dan lain-lain [3,4].

Energi angin adalah energi yang sederhana, bersih dan mudah dimanfaatkan sehingga dapat muncul kapan saja dan dimana saja [5,6]. Turbin angin adalah suatu alat yang dapat merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik dan dapat diteruskan menjadi energi listrik dengan mekanisme generator [7,8]. Secara umum turbin angin dikategorikan menjadi 2 yaitu turbin angin sumbu vertikal (VAWT) dan turbin angin sumbu horisontal (HAWT). Penelitian terhadap VAWT dianggap sangat menjanjikan di seluruh dunia, hal ini dikarenakan VAWT memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan HAWT [9,10], sehingga menjadi turbin alternatif yang baik khususnya untuk pembangkit listrik di lingkungan perkotaan [11].

Potensi energi angin di seluruh daerah di Indonesia dapat dimanfaatkan dengan baik karena memiliki kecepatan angin rata-rata 5 m/s [12]. Namun pemilihan turbin angin yang cocok sangat penting agar meningkatkan efisiensi kinerja dari turbin. Turbin angin Savonius dinilai sangat cocok diaplikasikan di daerah yang memiliki kecepatan angin rata-rata < 2 m/s dan arah angin yang berubah-ubah [13,14].

Untuk mendapatkan turbin angin Savonius dengan performa yang baik, banyak upaya yang dilakukan untuk mempelajari pengaruh parameter desain dan parameter geometris oleh peneliti [15]. Parameter yang dikembangkan seperti tip speed ratio, aspect ratio, overlap ratio, jumlah sudu, end plate, blockage ratio, Reynold number, gaya drag dan lift. Selain itu perkembangan bentuk dan profil sudu juga banyak dilakukan seperti semicircular rotor, bach type rotor, swinging rotor, benesh rotor, slatted-bladed rotor, twisted-bladed rotor, sistan rotor, zephyr rotor, fish-ridge rotor, semi-elliptic bladed rotor, elliptic-bladed rotor, slotted-bladed rotor, incurved-bladed rotor, bronzinus rotor, modified bach rotor, roy rotor, airfoil-shaped rotor, multiple quarter bladed, multiple miniatur bladed, spline-curved rotor, banki rotor [16].

Seiring dengan berbagai perkembangan parameter turbin Savonius yang terus diteliti hingga saat ini, berikut adalah penelitian dengan menggunakan parameter penambahan *multiple quarter blades* yang dibandingkan dengan turbin Savonius konvensional telah dilakukan oleh Sharma, dkk, 2016 [17], dengan melakukan pengujian simulasi diperoleh peningkatan koefisien daya mencapai 8,89%,

hal ini diakibatkan aliran angin yang masuk pada sisi cekung sudu diarahkan langsung ke sisi cekung sudu lainnya sehingga dapat mengurangi torsi negatif pada sisi cembung sudu. Penelitian tersebut dikuatkan dengan penelitian Sharma, dkk, 2017 [18] selanjutnya, dimana dilakukannya penelitian dengan parameter *multiple layer*. Hasilnya yang diperoleh adalah terjadi peningkatan performa dari turbin Savonius dibandingkan dengan turbin konvensional.

Untuk memvalidasi dan menguatkan penelitian sebelumnya, Kurniawan, dkk, 2020 [4] melakukan penelitian secara eksperimen terhadap turbin Savonius. Pengujian dengan skala laboratorium dilakukan terhadap turbin Savonius yang divariasikan penambahan lapisan sudu *single* dan *double* pada masing-masing sudu cekung. Parameter lapisan sudu dikombinasikan dengan parameter overlap ratio 10% dan 15%. Koefisien daya ( $C_p$ ) maksimal diperoleh turbin Savonius *double layer* dengan overlap rasio 10% yaitu dengan nilai 0,12 pada TSR 0,428.

Penelitian terhadap turbin angin Savonius kembali dilakukan oleh Kurniawan, dkk, 2020 [7] secara eksperimen. Dengan turbin Savonius yang dikombinasikan dengan penambahan ukuran *multiple layer* yang membentuk sudut  $90^\circ$ ,  $115^\circ$ ,  $135^\circ$  dan juga dengan parameter posisi *multiple layer*  $0^\circ$  dan  $30^\circ$ . Kombinasi yang dilakukan terbukti dapat meningkatkan  $C_p$  turbin Savonius hingga 17,6% dibandingkan dengan turbin Savonius konvensional. Ukuran dan posisi dari *multiple layer* sangat mempengaruhi dari performa turbin yang dihasilkan.

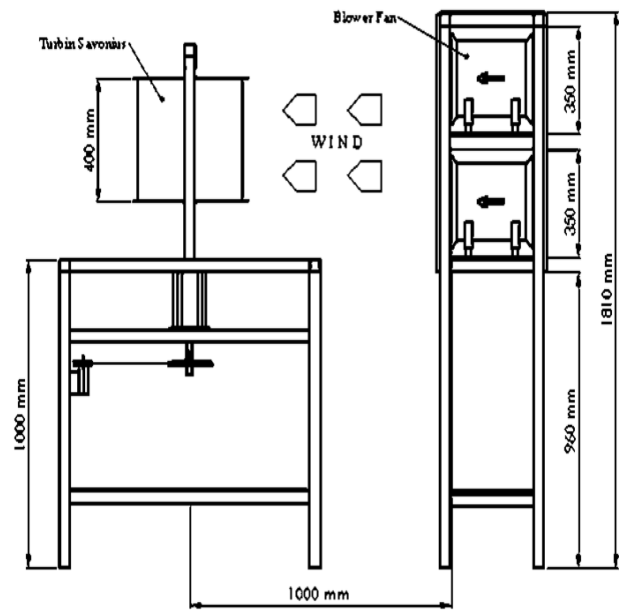
Penelitian terkait modifikasi sudu turbin Savonius menjadi bentuk sudu V di daerah sudu cembung juga dilakukan oleh Gad, dkk, 2014 [19]. Dengan melakukan pengujian secara simulasi diperoleh efisiensi turbin mencapai 37%. Hal ini dikarenakan bentuk sudu V dapat mengurangi torsi negatif pada sudu cembung saat berbenturan dengan sudut serang angin.

Penelitian yang akan dilakukan adalah membuat prototipe turbin angin Savonius dengan kombinasi bentuk sudu terhadap performansi turbin angin Savonius. Pengujian secara eksperimen skala laboratorium dilakukan dengan *blower fan* sebagai sumber angin tersedia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kombinasi sudu yang diterapkan pada sudu cekung dan cembung turbin Savonius terhadap putaran turbin yang dihasilkan, sehingga diketahui pengaruh dari parameter yang digunakan.

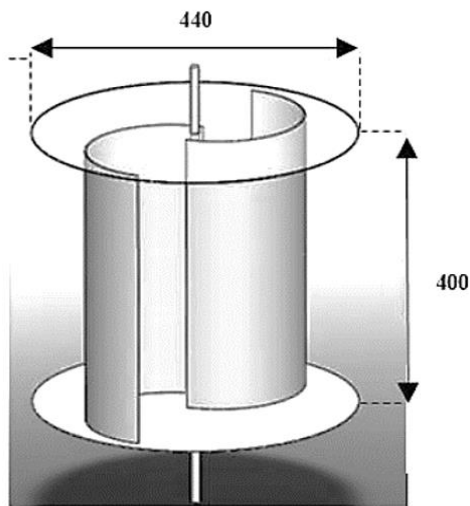
**METODOLOGI**

Penelitian ini menggunakan turbin angin Savonius dengan menambahkan parameter *extra layers* pada sudu cekung dan *V-Shape* pada sudu cembung turbin. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah plat aluminium dengan tebal 1,2 mm. turbin didesain dengan diameter ( $d$ ) = 400 mm, tinggi ( $h$ ) = 400 mm, aspek rasio ( $h/d$ ) = 1 dan overlap rasio 10%. Turbin dibuat dengan proses *cutting* dan *roller* material (Gambar 1 dan Gambar 2).

Pengujian eksperimen dilakukan dengan skematik pengujian seperti terlihat pada Gambar 3. Sumber angin untuk memutar turbin dilakukan 3 variasi kecepatan angin yaitu 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s. Sumber angin diposisikan berhadapan langsung dengan turbin angin dengan tujuan untuk dapat mengetahui karakteristik dari turbin angin. *Fan blower* dengan 4 konfigurasi disusun seperti Gambar 4. Turbin angin Savonius yang berputar akibat gaya dari *fan blower* akan diukur putaran per menit (rpm) dengan alat *tachometer* (gambar 5).



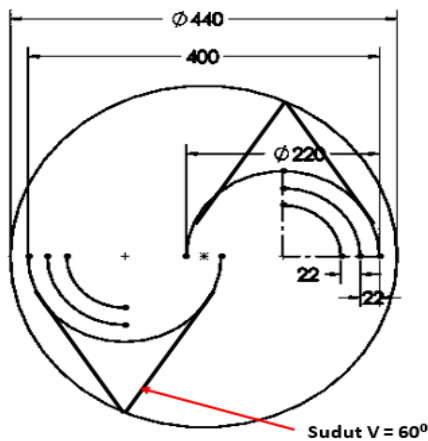
Gambar 3. Skematik pengujian



Gambar 1. Desain turbin angin Savonius



Gambar 4. Fan blower



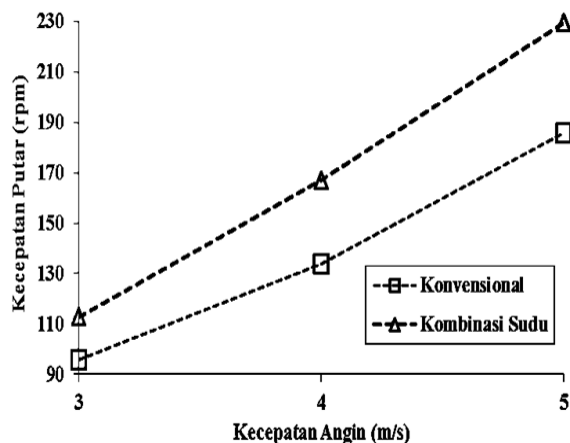
Gambar 2. Geometri turbin angin Savonius dengan variasi kombinasi sudu



Gambar 5. Tachometer

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian secara eksperimen turbin angin Savonius dengan penambahan kombinasi sudu terhadap nilai kecepatan putaran (rpm). Pengujian dilakukan dengan 3 variasi kecepatan angin yaitu 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s. Gambar 6. menunjukkan grafik hubungan antara variasi kecepatan angin pada masing-masing turbin terhadap kecepatan putar turbin (rpm).



Gambar 6. Hubungan antara variasi kecepatan angin pada turbin Savonius konvensional dan dengan penambahan kombinasi sudu terhadap kecepatan putar turbin (rpm)

Gambar 6. menunjukkan bahwa penambahan kombinasi sudu pada turbin angin Savonius memiliki pengaruh terhadap unjuk kerja turbin. Penelitian ini membuktikan bahwa turbin Savonius konvensional yang ditambahkan kombinasi sudu mampu meningkatkan kecepatan putaran turbin. Pada kecepatan rendah yaitu 3 m/s, turbin Savonius konvensional menghasilkan putaran 96,5 rpm dan turbin Savonius dengan penambahan kombinasi sudu menghasilkan putaran 113,3 rpm. Penambahan modifikasi terhadap sudu cekung dan sudu cembung turbin Savonius mampu meningkatkan kecepatan putar hingga 17,4%.

Penelitian dilanjutkan dengan meningkatkan kecepatan angin rata-rata 4 m/s. Dari pengujian kedua turbin Savonius konvensional memperoleh hasil 134,8 rpm dan turbin Savonius dengan penambahan kombinasi sudu menghasilkan putaran 167,1 rpm. Penambahan modifikasi terhadap sudu cekung dan sudu cembung turbin Savonius mampu meningkatkan kecepatan putar hingga 23,9%.

Pengujian yang ketiga adalah melakukan pengujian terhadap turbin angin Savonius konvensional dan turbin Savonius dengan penambahan kombinasi sudu dengan

kecepatan sumber angin rata-rata 5 m/s. Pada pengujian tersebut memperoleh data kecepatan turbin 186,6 rpm dihasilkan oleh turbin angin Savonius konvensional dan kecepatan turbin 229,6 rpm dihasilkan oleh turbin angin Savonius dengan penambahan kombinasi sudu. Turbin angin Savonius dengan penambahan modifikasi pada sudu cekung dan sudu cembung turbin Savonius mampu meningkatkan kecepatan putar hingga 23%.

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian dengan membandingkan turbin Savonius konvensional dan turbin Savonius dengan penambahan kombinasi sudu secara umum menunjukkan bahwa meningkatnya kecepatan putaran (rpm) turbin seiring dengan semakin tinggi kecepatan input angin yang diberikan pada turbin angin. Hal tersebut terjadi pada 3 variasi kecepatan angin yang diberikan. Kecepatan angin yang meningkat membuat *drag force* atau gaya dorong terhadap sudu cekung turbin meningkat yang mengakibatkan kecepatan putaran ikut meningkat.

Turbin savonius dengan penambahan kombinasi sudu mendapatkan kecepatan putaran turbin tertinggi pada kecepatan angin 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s dibandingkan dengan turbin angin Savonius konvensional. Hal ini disebabkan oleh turbin angin Savonius dengan variasi penambahan kombinasi sudu pada bagian sudu cekung dapat mempercepat mengalirkan aliran fluida ke masing-masing sudu cekung yang menyerang turbin. Fenomena tersebut menimbulkan peningkatan torsi positif pada turbin [4,12].

Selain itu desain *V-Shape* pada sudu cembung turbin angin Savonius kombinasi sudu dapat mengurangi gaya drag pada sudu cembung [19]. Gaya drag yang terjadi berkurang diakibatkan turunnya nilai koefisien *drag* pada kedua sudu cembung turbin Savonius dengan kombinasi sudu. Kenaikan torsi positif dan gaya *drag* terbukti dapat meningkatkan performa dari turbin angin Savonius dibandingkan turbin angin Savonius konvensional [20,21].

Data hasil pengujian berupa kecepatan turbin (rpm) dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut terhadap performansi dan karakteristik turbin angin Savonius [5,6,22].

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian secara eksperimen dan analisis data maka dapat diambil kesimpulan bahwa kecepatan putaran tertinggi diperoleh pada turbin angin dengan penambahan kombinasi sudu pada kecepatan

angin 5 m/s. hasil kecepatan putaran tertinggi adalah 229,6 rpm.

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah dapat menganalisa lebih lanjut kedalam perumusan dasar koefisien daya, koefisien torsi statis dan koefisien torsi dinamis.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Balikpapan yang telah memberikan pendanaan penelitian ini dan menyediakan tempat untuk melakukan pengujian eksperimental ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. "Pelaksanaan kegiatan fisik pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan serta konservasi energi", *Permen ESDM*, No. 39, 2017.
- [2] M. Mosbahi, S. Elgasri, M. Lajnef, and B. Mosbahi. "Performance enhancement of a twisted Savonius hydrokinetic turbine with an upstream deflector", *Int. J. Green Energy*, pp. 1–15, 2020.
- [3] Y. Kurniawan dan D.A. Himawanto. "Kajian teoritik pengaruh geometri dan twist angle turbin hidrokinetik savonius terhadap koefisien daya", *SENATIK*, vol. III, 2017.
- [4] Y. Kurniawan, D.D.D.P. Tjahjana, and B. Santoso. "Experimental study of savonius wind turbine performance with blade layer addition", *Journal of Advanced In Fluid Mechanich And Thermal Science*, Vol.69, Vol.1, No.1, Pp. 23–33, 2020.
- [5] Y. Kurniawan, D.M. Kurniawati dan D.D.D.P. Tjahjana. "Studi eksperimental pengaruh aspek rasio terhadap unjuk kerja turbin angin crossflow", *SNITT Politeknik Negeri Balikpapan*, ISBN: 978-602-51450-1-8, P63, 2018.
- [6] Y. Kurniawan dan D.D.D.P. Tjahjana. "Studi eksperimental pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin angin crossflow", *SNITT Politeknik Negeri Balikpapan*, ISBN: 978-602-51450-1-8, P62, 2018.
- [7] Y. Kurniawan, D.D.D.P. Tjahjana dan B. Santoso. "Experimental studies of performance savonius wind turbine with variation layered multiple blade", *IOP Conference Series: Earth And Environmental Science* 541 (2020) 012006.
- [8] D.M. Kurniawati dan J.M. Sukanda. "Simulasi numerik pengaruh aspect ratio dan sudut serang terhadap performa turbin angin sumbu vertikal H-rotor", *Jurnal Rotasi*, vol. 22, no. 1, pp. 22–28, 2020.
- [9] L. Marzec, Z. Bulinski, and T. Krysinski. "Fluid structure interaction analysis of the operating Savonius wind turbine", *Journal Renewable Energy*, vol. 164, 2021.
- [10] U.K. Saha, S.Thotla, and D.Maity. "Optimum design configuration of Savonius rotor through wind tunnel experiments," *Journal Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 96, no. 8–9, pp. 1359–1375, 2008.
- [11] R. Longo, P. Nicastro, M. Natalini, P. Schito, R. Mereu, and A. Parente. "Impact of urban environment on Savonius wind turbine performance: A numerical perspective". *Journal Renewable Energy*, vol. 156, pp. 407–422, 2020.
- [12] Y. Kurniawan, I.B. Dharmawan, dan Zulkifli. "Prototipe turbin angin savonius variasi extra layers dengan pengujian real wind condition", *Jurnal Polimesin*, Vol 19, N0.1, 2021.
- [13] M.H. Mohamed, G. Janiga, E. Pap, and D. Thévenin. "Optimization of Savonius turbines using an obstacle shielding the returning blade", *Journal Renewable Energy*, vol. 35, no. 11, pp. 2618–2626, 2010.
- [14] S. Mathew. "*Wind energy fundamentals, resource analysis and economics*", Springer, 2006.
- [15] A.E.S. El-deen, M.A.A. Nawar, Y.A. Attai, and R.M.A. El-maksoud. "On the enhancement of Savonius bach-type rotor performance by studying the optimum stator configuration, *Journal Ocean Eng*, vol. 217, pp. 107954, 2020.
- [16] N. Alom and U.K. Saha. "Evolution and progress in the development of savonius wind turbine rotor blade profiles and shapes", *Journal of Solar Energy Engineering*, vol. 141, pp. 1–15, 2019.
- [17] S. Sharma and R.K. Sharma. "Performance improvement of Savonius rotor using multiple quarter blades – A CFD investigation", *Energy Convers. Manag*, vol. 127, pp. 43–54, 2016.
- [18] S. Sharma and R. K. Sharma. "CFD investigation to quantify the effect of layered multiple miniature blades on the performance of Savonius rotor," *Energy Convers. Manag.*, vol. 144, pp. 275–285,

- 2017.
- [19] H.E. Gad and M.H. Nasef. "A new design of savonius wind turbine: numerical study", *CFD Letters*, Vol. 6 (4), 2014.
- [20] M. Zemamou, M. Aggour, and A. Toumi. "Review of Savonius wind turbine design and performance", *Energy Procedia*, vol. 141, pp. 383–388, 2017.
- [21] S. Santhakumar, I. Palanivel, and K. Venkatasubramanian. "A study on the rotational behaviour of a Savonius Wind turbine in low rise highways during different monsoons", *Energy Sustain. Develop.*, vol. 40, pp. 1–10, 2017.
- [22] M.R. Ahmed, M. Faizal, and Y. Lee. "Optimization of blade curvature and inter-rotor spacing of Savonius rotors for maximum wave energy extraction", *Ocean Eng.*, vol. 65, pp. 32–38, 2013.