

POTENSI ENERGI GELOMBANG LAUT SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN: STUDI KASUS PESISIR UJONG BATEE POLITEKNIK PELAYARAN MALAHAYATI

THE POTENTIAL OF OCEAN WAVE ENERGY AS A RENEWABLE ENERGY SOURCE: A CASE STUDY ON THE COAST OF UJONG BATEE OF POLITEKNIK PELAYARAN MALAHAYATI

Alberto Rima¹, Dedi Kurniawan^{2*}, Kelvin Yudhawastu¹, Yuli Pera Fitria³, Muhammad Yani³,
Muhammad Aziz³

¹Program Studi Teknika, Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, Makassar, Indonesia

²Program Studi Sistem Kelistrikan Kapal, Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh, Indonesia

³Program Studi Permesinan Kapal, Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh, Indonesia

*email: dedikurniawan@poltekpelaceh.ac.id

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki potensi besar energi terbarukan berbasis laut, khususnya energi gelombang laut yang hingga kini belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi energi gelombang laut di wilayah pesisir Ujong Batee Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh Besar, sebagai dasar pengembangan energi terbarukan lokal. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan memanfaatkan data sekunder dari ECMWF dan BMKG selama periode April 2024. Parameter yang dianalisis meliputi tinggi gelombang signifikan, periode gelombang, serta kecepatan dan arah angin. Hasil analisis menunjukkan bahwa tinggi gelombang signifikan berkisar antara 1,5–2,4 m dengan periode gelombang dominan 6–8 detik. Potensi energi gelombang berada pada kisaran 4,78–6,43 kW/m. Dengan asumsi pemanfaatan sepanjang 500 m garis pantai, potensi energi total yang dapat dikembangkan mencapai sekitar 2,805 MW. Hasil ini menunjukkan bahwa kawasan pesisir Ujong Batee memiliki potensi signifikan untuk dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan berbasis laut.

Kata kunci: Energi Gelombang Laut; Energi Terbarukan; Potensi Energi; Aceh

ABSTRACT

Indonesia, as an archipelagic country, possesses significant marine renewable energy resources, particularly wave energy, which remains underutilized. This study aims to analyze the potential of ocean wave energy along the coastal area of Ujong Batee, Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh Besar, as a basis for local renewable energy development. A quantitative approach was applied using secondary data obtained from ECMWF and BMKG during April 2024. The analyzed parameters include significant wave height, wave period, as well as wind speed and direction. The results indicate that the significant wave height ranges between 1.5–2.4 m with dominant wave periods of 6–8 seconds. The estimated wave energy potential varies from 4.78 to 6.43 kW/m. Assuming the utilization of a 500 m coastline, the total potential energy could reach approximately 2.805 MW. These findings demonstrate that the Ujong Batee coastal area has strong potential for the development of marine-based renewable energy systems.

Keywords: Wave Energy; Renewable Energy; Marine Energy; Aceh

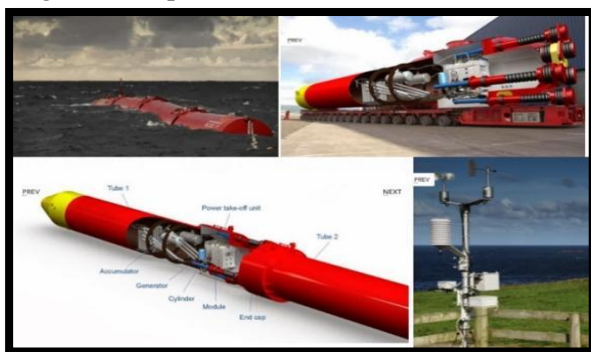
1. Pendahuluan

Pemanfaatan energi terbarukan berbasis laut menjadi isu strategis dalam mendukung ketahanan energi nasional. Energi gelombang laut merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di wilayah pesisir

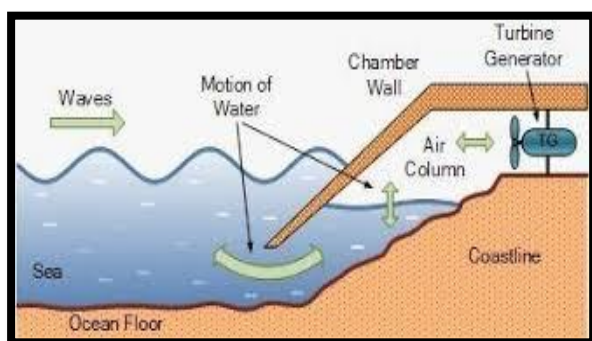
Indonesia, khususnya di Provinsi Aceh yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia. Meskipun demikian, pemanfaatan energi gelombang laut di Aceh masih sangat terbatas dan belum didukung oleh kajian kuantitatif yang memadai. Penelitian ini berupaya mengisi

kesenjangan penelitian terkait potensi energi gelombang laut di wilayah Ujong Batee sebagai dasar pengembangan energi terbarukan berbasis maritim.

Secara global, teknologi konversi energi gelombang laut telah berkembang pesat dengan prinsip dasar dari teknologi *Wave Energy Converters* (WEC) adalah menangkap gerakan vertikal atau horizontal dari gelombang laut untuk menggerakkan turbin atau sistem hidraulik, yang kemudian dihubungkan ke generator listrik. Terdapat beberapa jenis WEC, seperti *Oscillating Water Column* (OWC), Point Absorbers, dan Attenuators, yang masing-masing bekerja dengan prinsip yang berbeda, namun pada intinya memanfaatkan energi dari gelombang laut dan telah digunakan di berbagai negara, seperti Pelamis *Wave Energy Converter* di Skotlandia dengan beberapa sistem.



Gambar 1. Pelamis *Wave Energy Converter* di Skotlandia



Gambar 2. Desain Konseptual Konfigurasi *Oscillating Water Column*

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi energi gelombang laut di wilayah pesisir Ujong Batee Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh Besar, sebagai dasar pengembangan energi terbarukan lokal.

2. Metode Penelitian

Metode Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan fokus pada pengumpulan dan analisis data numerik terkait

potensi energi gelombang laut di kawasan pesisir Ujong Batee, yang terletak pada koordinat 5,4° Lintang Utara dan 95,2° Bujur Timur, di sebelah barat daya Kota Banda Aceh serta berhadapan langsung dengan Samudra Hindia. Kondisi geografis tersebut menjadikan wilayah penelitian sebagai lokasi yang strategis untuk pengamatan dan pemanfaatan energi gelombang laut. Data penelitian diperoleh melalui pengamatan menggunakan model numerik seperti ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) serta data sekunder dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), yang meliputi tinggi gelombang, periode gelombang, serta pola arah dan kecepatan angin. Data tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan pemodelan numerik dan pendekatan statistik untuk menghasilkan estimasi potensi energi gelombang laut yang tersedia di wilayah studi.

Penelitian dilaksanakan selama periode 30 hari pada bulan April 2024, yang dipilih karena memiliki variasi kondisi angin dan gelombang yang cukup representatif untuk analisis potensi energi gelombang laut. Tahapan penelitian lainnya, termasuk pemodelan numerik dan analisis data, dilakukan secara berkelanjutan sepanjang tahun dengan validasi hasil berdasarkan data lapangan dan data sekunder dari BMKG.

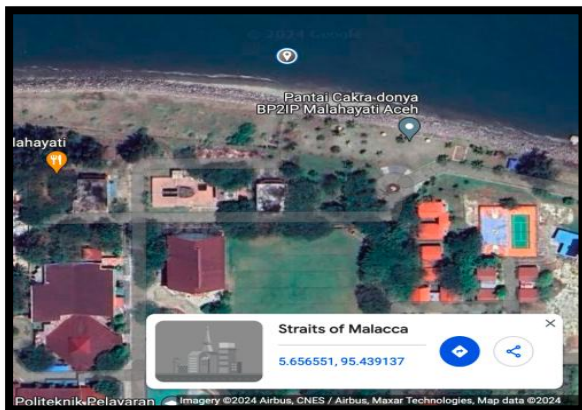
Secara umum, tahapan penelitian meliputi pengumpulan data primer berupa data gelombang laut yang diperoleh melalui pengamatan satelit dan pemodelan numerik menggunakan ECMWF, yang memprediksi dan memodelkan kondisi atmosfer dan oseanografi secara global. Data ini memberikan gambaran kondisi gelombang secara luas serta digunakan untuk keperluan kalibrasi dan validasi hasil pemodelan di lokasi penelitian. Parameter yang dianalisis meliputi tinggi gelombang, periode gelombang, dan arah gelombang selama periode pengamatan satu bulan. Selain itu, data sekunder yang diperoleh dari BMKG, mencakup informasi kondisi gelombang laut di perairan Aceh Besar, digunakan sebagai pembandingan dan pendukung validasi hasil analisis. Data meteorologi dan pola angin selama periode penelitian turut dimanfaatkan untuk memperkuat analisis.

Pemodelan gelombang dilakukan menggunakan ECMWF yang menyediakan data prediksi cuaca global serta pemodelan atmosfer, laut, dan gelombang. Model ini digunakan untuk mensimulasikan pola perambatan gelombang, tinggi gelombang signifikan, dan periode gelombang di wilayah penelitian. Selanjutnya,

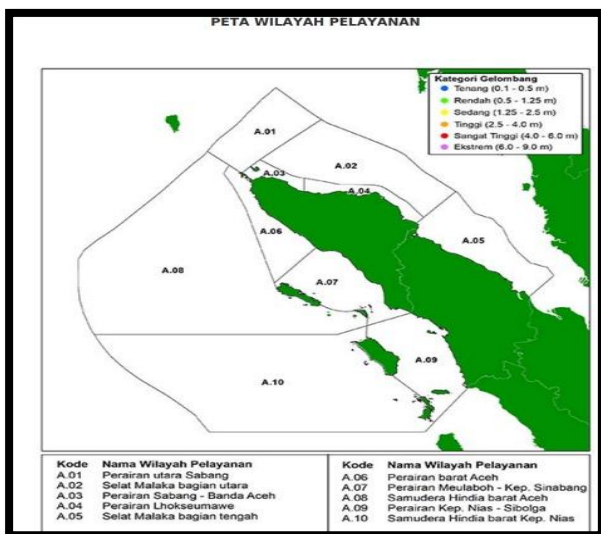
hasil pemodelan dianalisis untuk memperoleh informasi mengenai tinggi gelombang signifikan, pola propagasi energi gelombang, serta distribusi energi gelombang di area penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

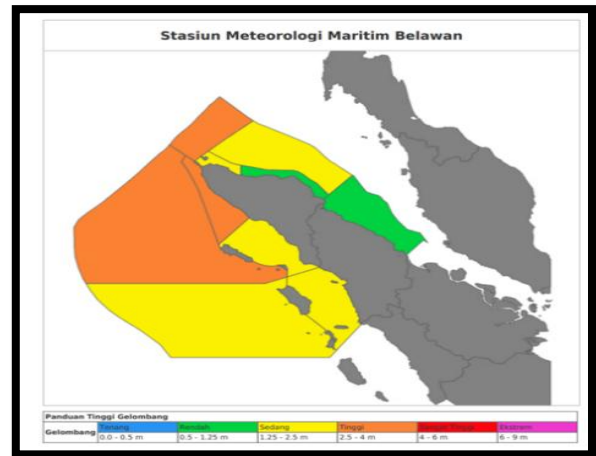
Lokasi penelitian ditetapkan di perairan Ujong Batee Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh Besar, yang dipilih karena memiliki karakteristik gelombang laut yang signifikan serta merupakan salah satu kawasan pesisir dengan potensi energi terbarukan. Pengumpulan data dilakukan selama periode 30 hari pada bulan April 2024 dengan memanfaatkan data primer yang bersumber dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) yang menyediakan prediksi dan pemodelan kondisi laut untuk keperluan analisis dan kalibrasi hasil pemodelan gelombang. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) sebagai data pendukung dan pembandingan dalam analisis.



Gambar 3. Lokasi Penelitian Ujong Batee, Aceh Besar



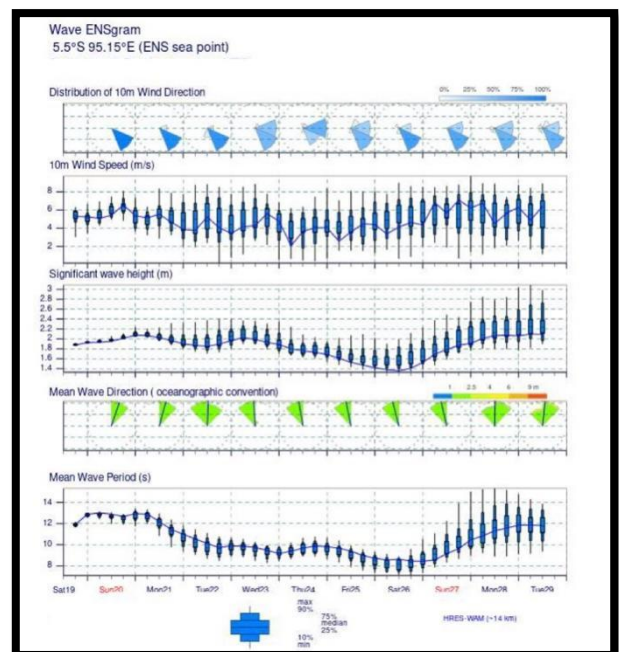
Gambar 4. Peta Perairan Ujong Batee, Aceh Besar terklasifikasi dibawah perairan A.03 Sabang – Banda Aceh



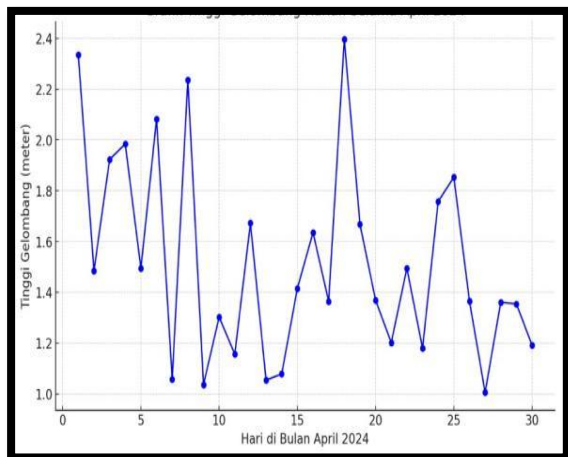
Gambar 5. Peta perairan Ujong Batee di Aceh Besar

Gambar di atas menunjukkan bahwa wilayah tersebut termasuk dalam kategori gelombang sedang dengan tinggi gelombang berkisar antara 1,25–2,5 m.

Data yang bersumber dari ECMWF dan BMKG menunjukkan bahwa rata-rata tinggi gelombang di perairan Ujong Batee selama bulan April 2024 berkisar antara 1,0 m hingga 2,5 m. Variasi harian tinggi gelombang dipengaruhi oleh perubahan kondisi cuaca dan pola angin yang terjadi selama periode pengamatan.



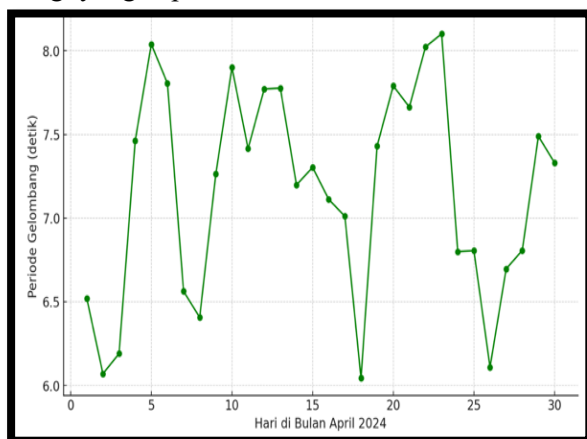
Gambar 6. Data Pemodelan Kondisi Laut dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*).



Gambar 7. Grafik Tinggi Gelombang Harian Selama 30 Hari (April 2024) di Perairan Ujong Batee, Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh Besar

Hari dengan tinggi gelombang tertinggi tercatat pada periode 15 hingga 20 April, dengan tinggi maksimum mencapai 2,4 m. Kondisi ini terutama dipengaruhi oleh peningkatan kecepatan angin yang terjadi selama periode tersebut.

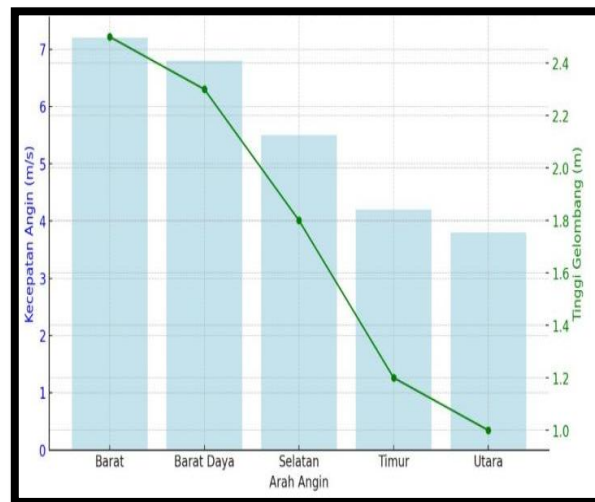
Periode puncak gelombang dianalisis untuk menentukan potensi energi gelombang laut. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa periode gelombang rata-rata berkisar antara 6 hingga 8 detik selama periode penelitian. Periode gelombang yang lebih panjang mengindikasikan potensi energi gelombang yang lebih besar, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan daya energi yang dapat dimanfaatkan.



Gambar 8. Grafik Periode Gelombang Harian Selama 30 Hari (April 2024) di Perairan Ujong Batee, Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh Besar

Periode gelombang terpanjang tercatat pada tanggal 24 April dengan nilai rata-rata sebesar 8,2 detik, sedangkan periode terpendek terjadi pada tanggal 3 April dengan rata-rata 6,1 detik.

Kecepatan dan arah angin menunjukkan peranan penting dalam pembentukan gelombang laut. Selama bulan April 2024, kecepatan angin rata-rata berkisar antara 4,5 hingga 7,2 m/s dengan arah angin dominan berasal dari barat daya. Kondisi ini secara signifikan memengaruhi karakteristik gelombang laut, di mana terdapat korelasi yang kuat antara peningkatan kecepatan angin dengan kenaikan tinggi gelombang serta pemanjangan periode gelombang.



Gambar 9. Diagram Arah Angin dan Hubungannya dengan Tinggi Gelombang di Perairan Ujong Batee, Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh Besar

4. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data selama 30 hari pengamatan pada bulan April 2024, perairan Ujong Batee Politeknik Pelayaran Malahayati Aceh Besar memiliki potensi energi gelombang laut yang cukup signifikan. Tinggi gelombang signifikan rata-rata berada pada kisaran 1,5 m hingga 2,4 m dengan periode puncak antara 6 hingga 8 detik. Daya gelombang rata-rata per meter garis pantai diperkirakan berkisar antara 4,78 kW/m hingga 6,42 kW/m. Dengan asumsi pemanfaatan sepanjang 500 m garis pantai untuk konversi energi, total potensi daya listrik yang dapat dihasilkan mencapai sekitar 2,805 MW. Hasil ini menunjukkan bahwa wilayah penelitian memiliki potensi yang menjanjikan untuk dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan serta dapat berkontribusi dalam diversifikasi bauran energi nasional, khususnya di kawasan pesisir Provinsi Aceh.

Berdasarkan karakteristik gelombang yang relatif konsisten selama periode pengamatan, wilayah ini dinilai sesuai untuk penerapan teknologi konversi energi gelombang laut, seperti

point absorber atau *Wave Energy Converters* (WECs), yang mampu memanfaatkan tinggi dan periode gelombang yang terukur di lokasi penelitian.

Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada durasi pengamatan yang hanya mencakup periode 30 hari, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan variasi musiman kondisi gelombang laut. Oleh karena itu, disarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan dengan periode pengamatan yang lebih panjang, khususnya pada musim hujan dan saat kondisi cuaca ekstrem, guna mengevaluasi pengaruh variasi musiman terhadap potensi energi gelombang laut secara lebih komprehensif.

Daftar Pustaka

- Aidil, M., & Lisapaly, L. (2022). Kajian pemanfaatan potensi energi baru terbarukan di Sumatera Barat (Studi kasus: Kampung Bayang Jariah, Kabupaten Pesisir Selatan). *Jurnal Cahaya Mandalika*, 6(1), 45–53. <https://ojs.cahayamandalika.com/index.php/jc/article/download/2932/2323>
- Apriansyah, & Zulkhair. (2019). Studi potensi energi gelombang di perairan selatan Jawa Barat sebagai pembangkit listrik tenaga gelombang laut sistem oscillating water column (PLTGL-OWC). *Jurnal Teknologi Kelautan*, 10(2), 72–78. <http://repository.ub.ac.id/179785/>
- Brociner, A., Falcão, A. F. de O., & Henriques, J. C. C. (2023). Performance comparison of Pelamis, Wavestar, Langley, oscillating water column and Aqua Buoy wave energy converters supplying islands energy demands. *Energy Reports*, 9, 5111–5124. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484723004134>
- Drew, B., Plummer, A. R., & Sahinkaya, M. N. (2019). A review of wave energy converter technology. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 223(8), 887–902. <https://doi.org/10.1243/09576509JPE782>
- Falcão, A. F. de O. (2020). Wave energy utilization: A review of the technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(3), 899–918. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.11.001>
- Kharis, A. (2019). Transisi energi di Indonesia: Overview dan tantangan. *Jurnal Ilmiah*, 4(2), 25–30. https://www.researchgate.net/publication/374417692_TRANSISI_ENERGI_DI_INDONESIA_OVERVIEW_CHALLENGES
- López, I., Andreu, J., Ceballos, S., de Alegría, I. M., & Kortabarria, I. (2021). Review of wave energy technologies and the necessary power-equipment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27, 413–434. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.128>
- Mulkan, A., & Zulfadli, T. (2018). Studi awal energi gelombang laut di perairan Bireuen sebagai sumber pembangkit listrik. *Jurnal Geuthee*, 14(1), 55–64. <https://journal.geutheeinstitute.com/index.php/JG/article/view/15>
- Syahreza, S., Akbar, R., & Nasrullah, N. (2020). Potensi air laut Aceh sebagai sumber energi listrik alternatif. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 4(2). <https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/circuit/article/view/6496>
- Thorpe, T. W. (2020). An overview of wave energy technologies: Status, performance and costs. *Ocean Engineering*, 31(9), 961–976. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.01.005>
- Venugopal, V., & Nimalidinne, R. (2019). Numerical modelling of wave energy resources and assessment of wave energy extraction by large-scale wave farms. *Renewable Energy*, 147, 37–48. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569117302417>