

Kajian Potensi Tenaga Marin di Perairan Selangor dan Perak

Study the Potential of Marine Energy in the Coastal of Selangor and Perak

Khairul Nizam Abdul Maulud*, Othman A. Karim & Amanda Lee Sean Peik

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan mengenal pasti kawasan yang berpotensi menjana tenaga marin baru di persisiran pantai barat Semenanjung Malaysia di negeri Perak dan Selangor. Tenaga marin baru yang ditumpukan di dalam kajian ini merupakan tenaga dari ombak dan air pasang surut. Data-data yang berkaitan dengan tenaga marin baru tersebut dikumpulkan daripada jabatan-jabatan kerajaan yang berkaitan dan kemudiannya dianalisa dengan penggunaan perisian Microsoft Excel untuk memplotkan graf-graf yang digunakan untuk menganalisa dan mendapat keputusan untuk kajian ini. Kajian ini juga menggunakan aplikasi GIS untuk memaparkan kawasan yang berpotensi untuk dijana tenaga ombak. Analisis spatial yang dilakukan menunjukkan potensi tenaga keterbaharuan di kawasan kajian masih memerlukan sokongan alatan penjana kuasa untuk menjana tenaga yang lebih besar. Daripada analisa data-data yang telah diperolehi, disimpulkan bahawa kawasan berpotensi untuk penjana tenaga ombak dan tenaga pasang surut ialah di sekitar kawasan perairan Permatang Sedepa dan Pelabuhan Klang.

Kata kunci: Tenaga marin; tenaga ombak; tenaga pasang surut; Sistem Maklumat Geografi (GIS)

ABSTRACT

This study seeks to identify areas with potential new marine energy in the west coast of Peninsular Malaysia, focusing on the states of Perak and Selangor. The sources of marine energy discussed in this study are from the wave and tidal. The data relating to the new marine energy was collected from the related government departments involved and then was analyzed by using Microsoft Excel software to plot graphs of all the non-spatial data. This study also utilised GIS applications to display the potential for wave energy in the specified area. The spatial analysis showed that the despite high potential of harnessing marine energy in the study area and need the support from the power generating equipment to enhance the energy power. From this study, it is concluded that the potential for renewable marine energy from waves and tidal is at the waters of Permatang Sedepa and Port Klang areas.

Keywords: Renewable energy; wave energy; tidal energy; Geographic Information Systems (GIS)

PENGENALAN

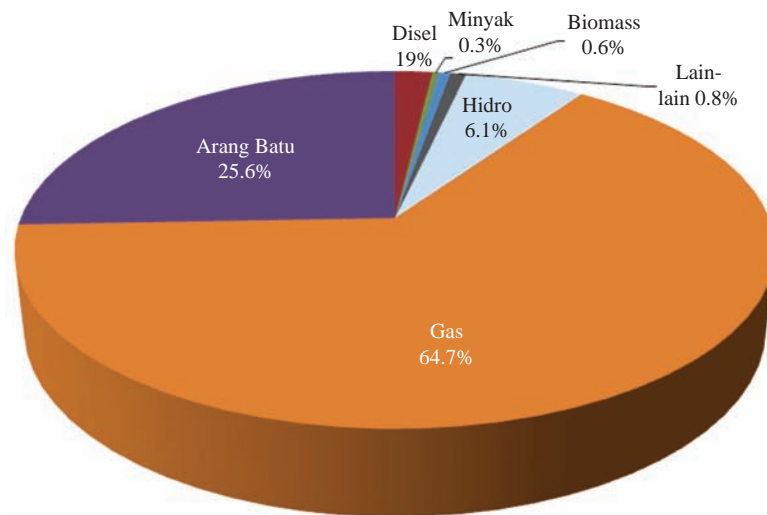
Sumber tenaga konvensional seperti arang batu, gas dan diesel kini kian dihauskan oleh manusia demi pembangunan. Bekalan sumber tenaga seperti petroleum dan juga arang batu dijangkakan habis digunakan dalam puluhan tahun yang akan datang (Jones & Finley 2003). Penggunaan sumber tenaga konvensional ini juga mendatangkan impak sosial dan persekitaran serius, antaranya pencemaran alam dan pemanasan sedunia menggambarkan permulaan kenaikan kos sumber tenaga. Tenaga Nasional Malaysia (TNB) telah memulakan langkah untuk memperkenalkan tenaga keterbaharuan sebagai tenaga tambahan yang mana mampu untuk menampung tenaga elektrik pada masa hadapan. Perancangan TNB terhadap penggunaan tenaga keterbaharuan ini adalah 2013 GWj pada tahun 2012 dan meningkat kepada 5385 GWj pada tahun 2015 dan seterusnya sehingga 11244 MGj pada tahun 2020 (Suruhanjaya Tenaga 2010).

Justeru itu, penyelidikan, kajian dan pembangunan secara intensif bagi mencari teknologi baru untuk menjanakan tenaga yang boleh diperbaharui diperlukan untuk menjadi

sumber alternatif kepada tenaga konvensional dan dengan itu mengurangkan pengeluaran gas-gas karbon sedunia. Dengan kenaikan harga minyak mentah sedunia dan kos pemeliharaan alam sekitar yang tinggi, sumber tenaga boleh diperbaharui berpotensi menjadi salah satu penyumbang tenaga utama pada masa hadapan yang terdekat ini.

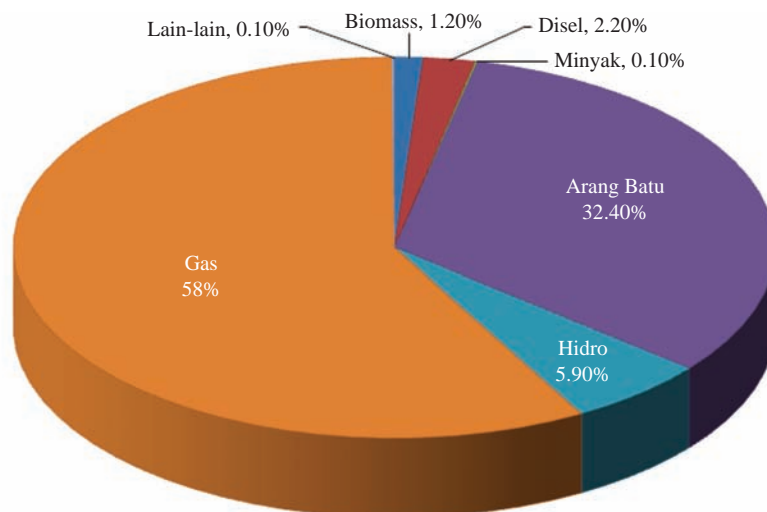
Rajah 1 dan Rajah 2 menerangkan tentang sumber penjanaan elektrik di Malaysia pada tahun 2006 dan 2009. Penjanaan elektrik menerusi sumber gas yang merupakan sumber yang tidak boleh diperbaharui semakin berkurangan dengan pengurangan sebanyak hampir 7%. Sumber boleh diperbaharui seperti biomass semakin banyak digunakan untuk menjana elektrik. Kebergantungan kepada sumber yang tidak boleh diperbaharui ini semakin berkurangan seiring dengan penawaran yang mampu dibekalkan.

Negara Malaysia mempunyai struktur geologi yang menarik di mana keseluruhan negaranya dikelilingi oleh lautan. Dalam abad ke-21, permintaan tenaga negara dijangka terus meningkat menuju Wawasan 2020 maka adalah penting Malaysia mencari sumber tenaga baru sebagai tenaga alternatif secara bersepadu. Selain menggunakan



RAJAH 1. Penjanaan elektrik di Malaysia pada tahun 2006

Sumber: Suruhanjaya Tenaga 2006



RAJAH 2. Penjanaan elektrik di Malaysia pada tahun 2009

Sumber: Suruhanjaya Tenaga 2009

tenaga hidro, solar dan angin, Malaysia mempunyai potensi pertumbuhan yang tinggi untuk penggunaan sumber tenaga boleh diperbaharui seperti tenaga marin. Antara sumber tenaga marin yang berpotensi menggantikan sumber tenaga konvensional adalah tenaga ombak dan tenaga pasang surut. Sumber tenaga marin mampu membekalkan bekalan tenaga yang mencukupi, terjamin dan berkualiti pada kos yang berkesan kepada negara Malaysia.

Sistem Maklumat Geografi (GIS) mempunyai kebolehan untuk membuat analisis spatial terhadap butiran di darat atau di laut. Star & Estes (1990) dan Bernhardsen (1999) menerangkan bahawa segala analisis GIS adalah melalui sistem komputer yang direka untuk menguruskan segala data spatial yang mempunyai rujukan dan sistem koordinat. Menurut Wright et al. (2007), model data marin GIS terdiri daripada tiga jenis iaitu titik, garisan dan poligon. Johnson

(2009) menerangkan bahawa segala data-data yang bersifat taburan dapat di analisis dengan menggunakan grid dan disimpan di dalam pangkalan data GIS. Antenussi (1991) dan Shekhar & Chawla (2003) mengatakan bahawa pangkalan data GIS dibahagikan kepada dua iaitu data spatial dan atribut. Permodelan secara spatial boleh membantu mengenal pasti kawasan yang berpotensi untuk menjana tenaga ombak (Abdul Maulud et al. 2013; Nobre et al. 2009 & Lloyd 2010).

TENAGA OMBAK

Tenaga ombak berpunca daripada tenaga kinetik yang diperolehi daripada ketinggian, kelajuan, kepanjangan dan ketumpatan ombak. Ombak berpunca daripada pergerakan

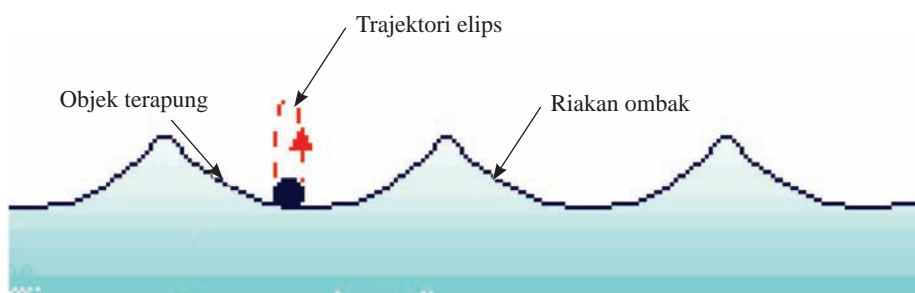
tiupan angin di permukaan laut. Saiz ombak ditentukan oleh kekencangan angin, panjang ombak, kedalaman dan topografi dasar laut. Ombak mengumpul, menyimpan dan merambatkan tenaga kinetiknya dalam lingkungan jarak beribu-ribu batu dengan hanya mengalami kehilangan tenaga yang agak kecil (Cruz 2008).

Rusu & Guedes (2009) berpendapat ombak dihasilkan secara berterusan kerana semua tiupan angin adalah konsisten di seluruh dunia. Walaupun ombak wujud dalam keamatan yang berbeza, namun kebolehnya beroperasi 24 jam sehari untuk sepanjang tahun amat menarik. Teknologi untuk menjanakan tenaga ombak bergantung kepada pergerakan ombak menggerakkan motor secara mekanikal bagi menjanakan tenaga elektrik. Tenaga ombak merupakan satu tenaga yang boleh diperolehi dengan banyak yang mana ianya boleh dijana dengan di merata tempat, tanpa mengikut masa

tertakluk kepada lokasi dan juga keadaan cuaca setempat (Rusu & Guedes 2009).

KONSEP FIZIKAL OMBAK

Ombak dicirikan melalui ketinggian ombak, kelajuan ombak, kelebaran ombak dan ketumpatan ombak. Saiz ombak biasanya ditetapkan oleh kelajuan ombak, jarak keseluruhan di mana angin mengangkut ombak itu, kedalaman dan topografi dasar laut. Apabila sesuatu objek diapungkan di permukaan laut, ia akan bergerak mengikuti lintasan elips. Pergerakan berayun ini adalah paling tinggi di permukaan dan beransur secara eksponen dengan kedalaman dasar. Rajah 3 menunjukkan sifat kejadian ombak secara konsisten di lautan.



RAJAH 3. Sifat Ombak

Formula penjanaaan kuasa ombak menurut Özger et al. (2004) yang manamerupakan aplikasi tenaga kinetik adalah seperti persamaa (1);

$$P = \frac{\rho g^2 T H^2}{32\pi} \tag{1}$$

di mana,

- P = Aliran tenaga ombak (kilowatt/meter)
- H = Ketinggian ombak (meter)
- T = Tempoh ombak (saat)
- ρ = Ketumpatan air laut (1 025 kg/m³)
- g = Pecutan graviti (9.8 m²/s)

Formula ini mengambil kira kuasa ombak adalah berkadar dengan tempoh ombak dan bertepatan dengan ketinggian ombak.

TENAGA PASANG SURUT

Tenaga pasang surut merupakan sejenis tenaga hidro yang mengeksploitasikan kenaikan dan penurunan paras lautan disebabkan fenomena pasang surut. Tenaga ini lebih mudah diramal berbanding dengan tenaga solar, tenaga ombak dan tenaga angin. Tenaga pasang surut boleh diperolehi daripada dua kaedah iaitu Sistem Pasang Surut Anak Sungai

(Tidal Stream Systems) dan Tenaga Pasang Surut Sekatan (Tidal Barrage) (Martin et al. 2007). Tenaga pasang surut ini berdasarkan kepada tenaga keupayaan yang terkandung dalam isi padu air dan diberikan oleh persamaan (2) seperti berikut:-

$$E = Mgh \tag{2}$$

di mana,

- E = tenaga keupayaan pasang surut
- M = ketumpatan air (kg/m³)
- g = pecutan graviti (m²/s)
- h = ketinggian pasang surut (meter)

Potensi penjanaaan tenaga pasang surut diberikan oleh persamaan (3):-

$$P = \frac{Ah \cdot E \cdot n}{86400} \tag{3}$$

di mana,

- P = kuasa pasang surut (kW)
- A = Keluasan loji penjanaaan (m²)
- h = ketinggian pasang surut (meter)
- E = tenaga keupayaan
- n = bilangan kejadian pasang surut sehari

ANALISIS DAN KEPUTUSAN

Kawasan kajian meliputi kawasan pesisiran pantai negeri Perak Darul Ridzuan dan Selangor Darul Ehsan ataupun daripada latitud 3°N ke 4°N dan longitud 100°E ke 102°E Semenanjung Malaysia. Data spatial diperolehi daripada Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM), Jabatan Meteorologi Malaysia dan Pusat Hidrografi Nasional.

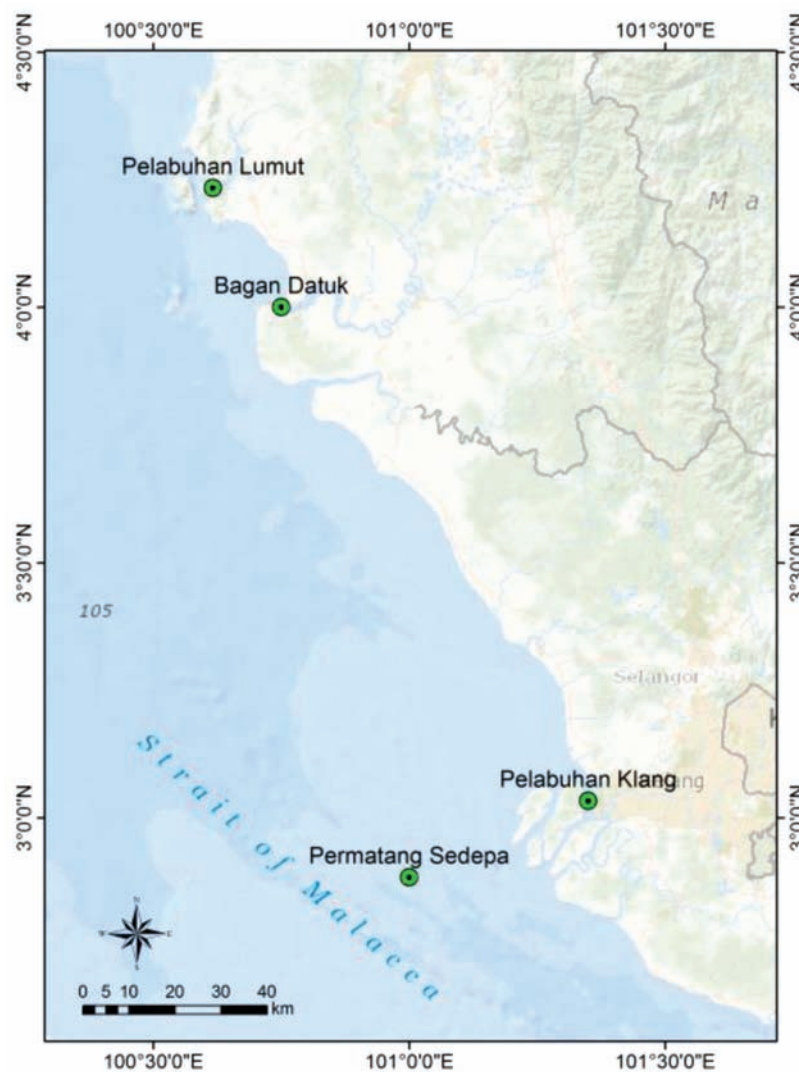
Pemilihan kawasan kajian adalah berdasarkan kepada lokasi stesen pasang surut yang ada di Selangor dan Perak. Empat kawasan yang dikenal pasti untuk kajian adalah (Rajah 4):-

- a. Pelabuhan Lumut (Lat 04° 14''N, Long 100° 37''E)
- b. Bagan Datuk (Lat 04° 00''N, Long 100° 45''E)

- c. Pelabuhan Klang (Lat 03° 02''N, Long 101° 21''E)
- d. Permatang Sedepa (Lat 02° 53''N, Long 101° 00''E)

ANALISA SPATIAL TENAGA OMBAK

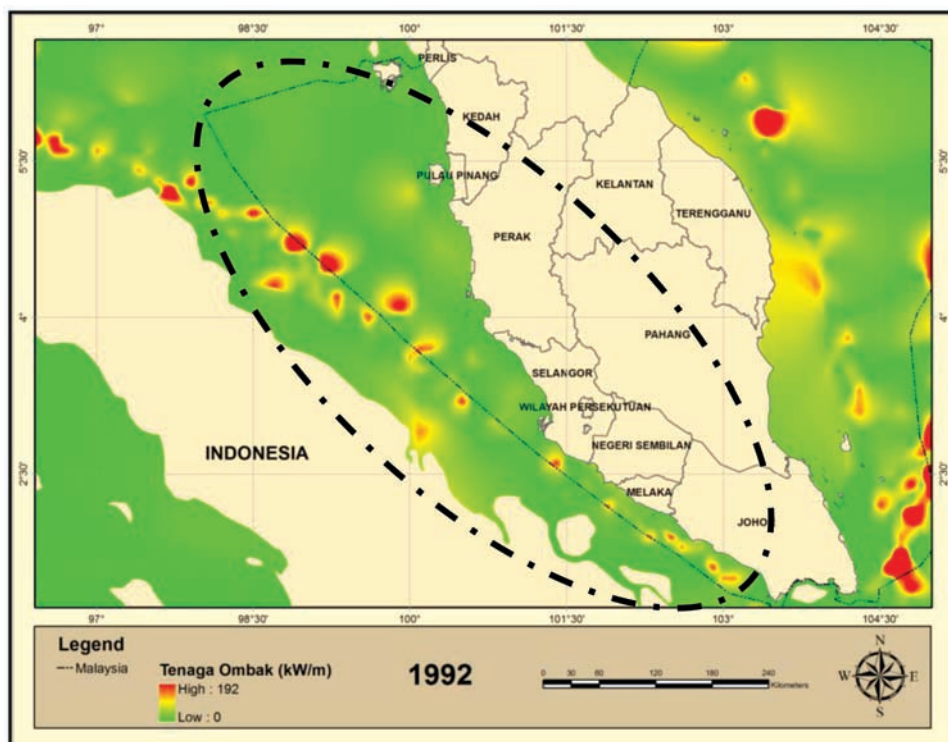
Melalui analisis permukaan terhadap data-data spatial yang telah dikenal pasti, dilihat beberapa kawasan berpotensi untuk menjana tenaga ombak. Hasil analisis spatial menggunakan data pada tahun 1992 menunjukkan kawasan yang paling berpotensi untuk menjana kuasa berada di tengah Selat Melaka seperti yang dilakarkan pada Rajah 5. Kuasa janaan maksimum yang dapat dihasilkan ialah sebanyak 20 kW/m pada Latitud 4.74°N dan Longitud 98.94°E iaitu di kawasan luar pesisir utara Perak.



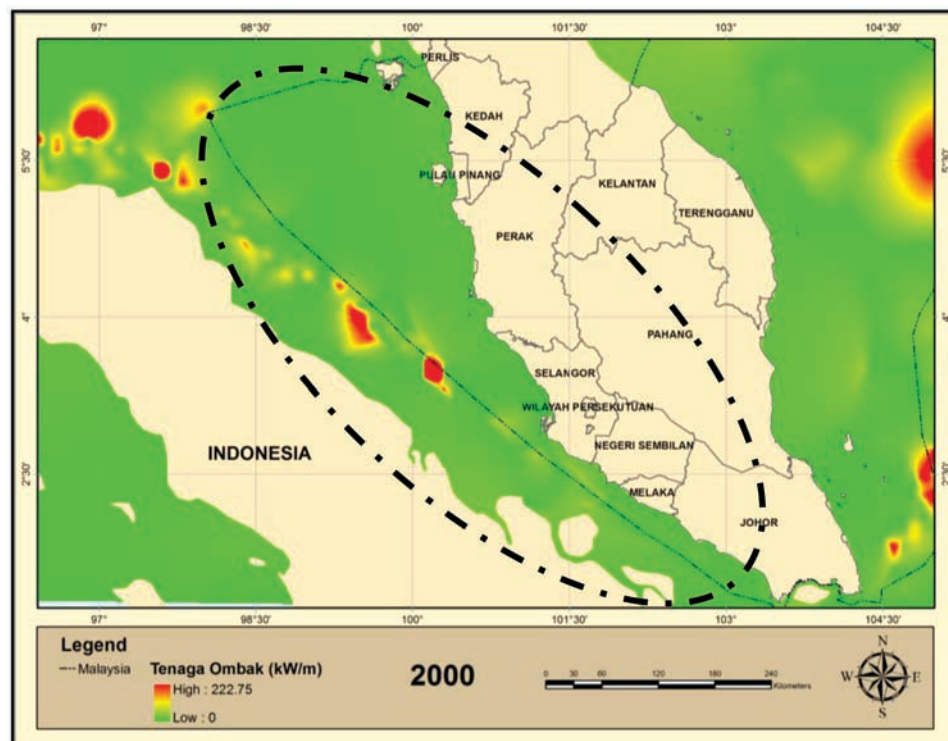
RAJAH 4. Lokasi stesen pasang surut dalam kawasan kajian

Merujuk Rajah 6, pada tahun 2000, penjanaan kuasa maksimum mencatat nilai 13.21 kW/m pada Latitud 3.62°N dan Longitud 100.21°E iaitu juga berdekatan dengan kawasan luar pesisir dari Tanjung Karang, Selangor. Lokasi kuasa yang boleh dijana pada tahun 2000 kebanyakannya adalah di luar perairan Malaysia.

Pada tahun 2005, penjanaan kuasa maksimum mencatat nilai 18 kW/m pada Latitud 2.2°N dan Longitud 101.9°E iaitu juga berdekatan dengan kawasan luar pesisir Tanjung Tuan, Negeri Sembilan. Data seterusnya yang mencatat 16 kW/m adalah berada berdekatan dengan kawasan laut Port Dickson, Negeri Sembilan. Potensi penjanaan kuasa ombak pada tahun



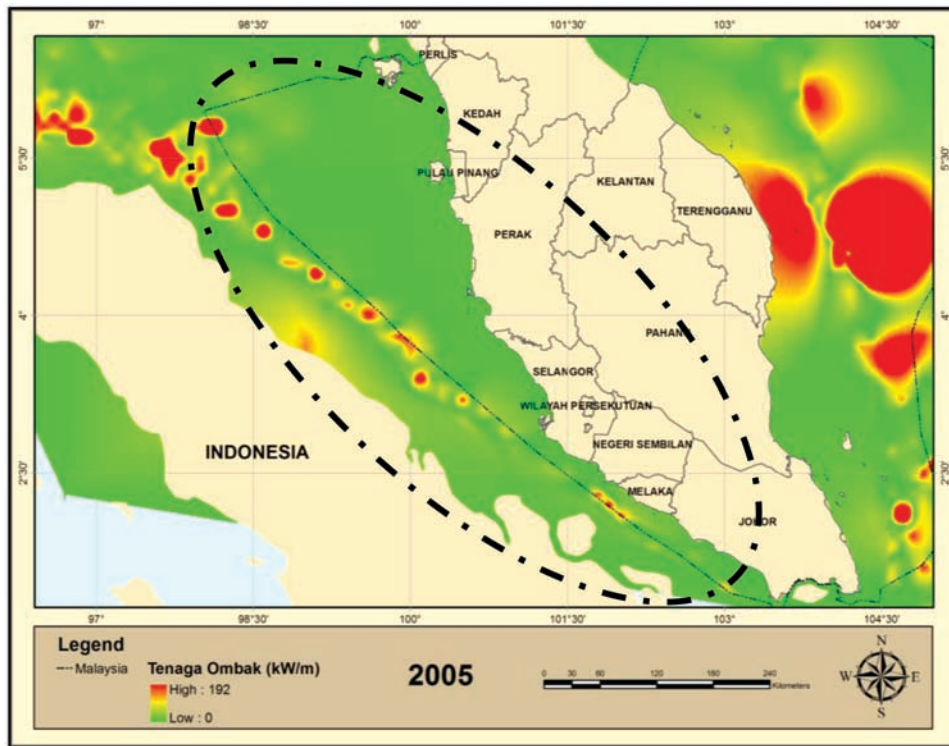
RAJAH 5. Peta yang menunjukkan kuasa ombak tahun 1992



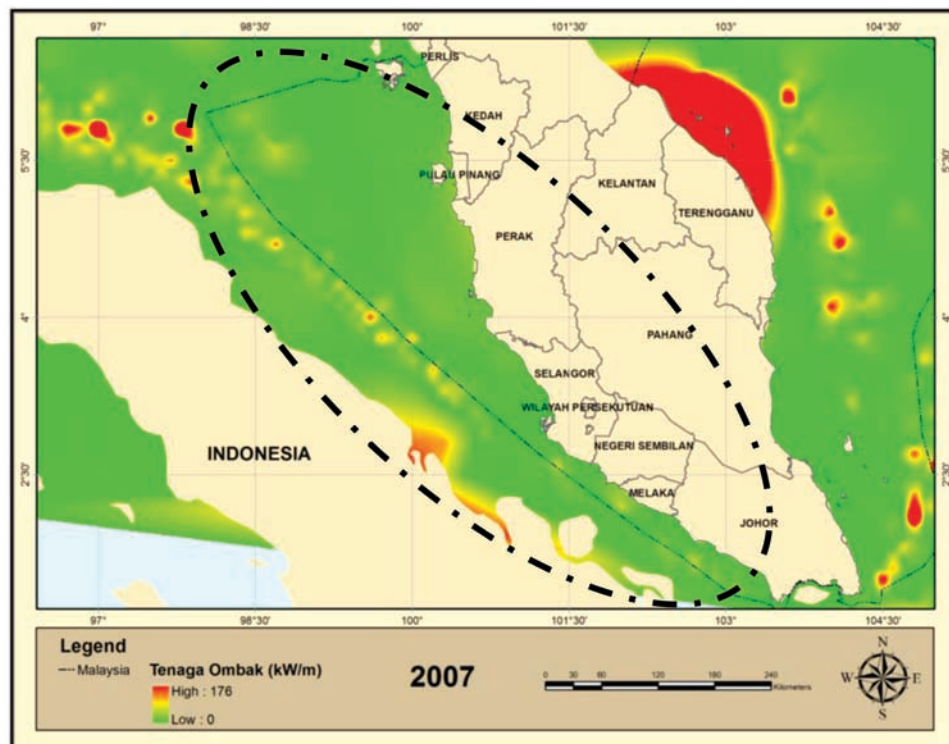
RAJAH 6. Peta yang menunjukkan kuasa ombak tahun 2000

2005 lebih memberangsangkan dengan perolehan data yang lebih banyak daripada Jabatan Meteorologi Malaysia. Rajah 7 mendapati nilai kuasa janaan maksimum adalah sebanyak 24 kW/m di di sekitar kawasan kajian Permatang Sedepa dan Pelabuhan Klang.

Pada tahun 2007, penjanaan kuasa maksimum mencatat nilai 20 kW/m pada Latitud 3.82°N dan Longitud 100°E iaitu juga berdekatan dengan luar pesisir Bagan Pasir Laut, Perak. Analisa data ombak pada tahun 2007 mendatangkan nilai kuasa janaan tenaga ombak maksimum sebanyak 20 kW/m



RAJAH 7. Peta yang menunjukkan kuasa ombak tahun 2005



RAJAH 8. Peta yang menunjukkan kuasa ombak tahun 2007

di kawasan kajian Permatang Sedepa dan juga Pelabuhan Klang seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 8.

ANALISA TENAGA PASANG SURUT

Daripada hasil analisis terhadap data pasang surut, graf ketinggian pasang surut melawan masa untuk setiap bulan

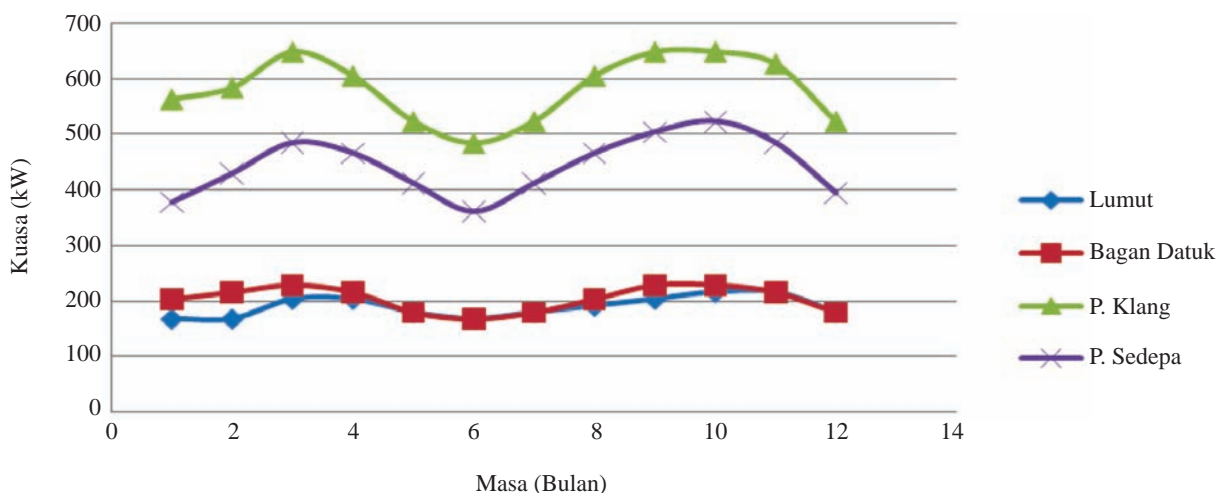
diplotkan untuk menentukan trend fenomena pasang surut untuk kawasan kajian. Daripada analisa keseluruhan kesemua graf yang telah diplotkan untuk tujuan menentukan bilangan kejadian fenomena pasang surut di kawasan kejadian, disimpulkan bahawa pasang surut di pesisiran pantai barat Selangor Darul Ehsan dan Perak Darul Ridzuan merupakan semi-diurnal yang mempunyai dua kejadian pasang dan dua kejadian air surut. Maka bilangan kejadian pasang surut sehari, n adalah empat (dua keadaan air pasang dan dua keadaan air surut).

Daripada data yang diproses, potensi penjana tenaga pasang surut diplotkan untuk tempoh masa setahun. Rajah 9 menunjukkan graf yang diplotkan untuk menganalisa potensi penjana tenaga pasang surut bagi tahun 2006. Daripada Rajah 9, jelas menunjukkan bahawa kawasan kajian Pelabuhan Klang berpotensi menjana tenaga pasang surut maksimum sebanyak 648.30 kW dan minimum

sebanyak 484.4 kW. Didapati bahawa kawasan kajian Permatang Sedepa juga mempunyai potensi yang tinggi untuk menjanakan tenaga pasang surut jika dibandingkan dengan kawasan kajian Pelabuhan Lumut dan Bagan Datuk. Bulan mac, september dan oktober menunjukkan kadar potensi penjana tenaga ombak yang tinggi boleh dijana dan bulan jun merupakan masa yang kurang berpotensi menjana tenaga pasang surut.

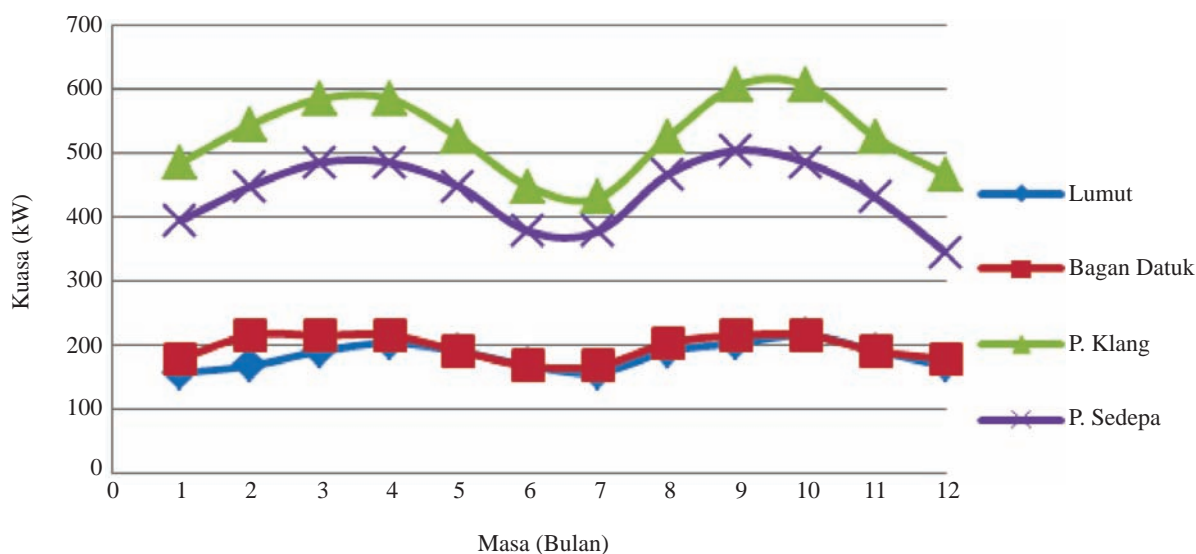
Rajah 10 menunjukkan graf yang diplotkan untuk menganalisa potensi penjana tenaga pasang surut bagi tahun 2007. Analisa data tenaga pasang surut tahun 2007 juga menunjukkan bahawa kawasan kajian Pelabuhan Klang berupaya menjana tenaga pasang surut maksimum sebanyak 605.09 kW. Bulan Mac, April, September dan Oktober menunjukkan masa yang paling tinggi berpotensi menjana tenaga pasang surut dan bulan jun hingga julai merupakan masa yang paling tidak sesuai untuk menjana tenaga pasang surut.

Graf Janaan Tenaga Air Pasang Surut melawan Masa Tahun 2006



RAJAH 9. Janaan Tenaga Pasang Surut Tahun 2006

Graf Janaan Tenaga Air Pasang Surut melawan Masa Tahun 2007



RAJAH 10. Janaan Tenaga Pasang Surut Tahun 2007

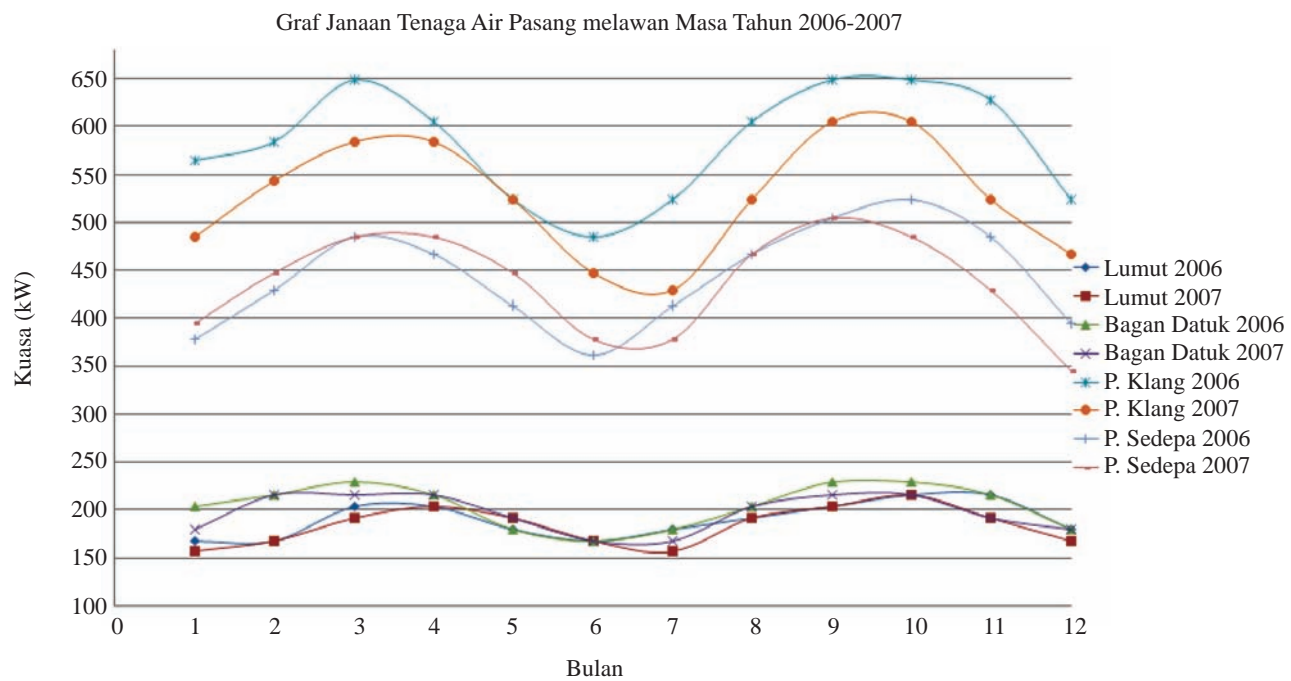
PERBINCANGAN

Daripada persamaan (2), fluks tenaga ombak yang boleh dijanakan berkadar terus pada ketinggian ombak dan tempoh ombak tersebut. Tenaga ombak yang dikirakan juga berdasarkan anggapan bahawa penukaran kuasa ombak kepada tenaga elektrik adalah 100%. Nilai tambah kuasa ombak dapat dipertingkatkan berdasarkan kepada keupayaan turbin yang digunakan.

Hasil yang diperolehi menunjukkan bahawa kebanyakan kawasan kajian mencatatkan kuasa ombak bernilai sifar kerana kebanyakan kawasan mempunyai nilai tinggi ombak yang menghampiri kosong. Daripada analisa sepanjang tahun

2003 hingga tahun 2007, didapati kawasan kajian Pelabuhan Klang dan Permatang Sedepa berpotensi menghasilkan jumlah kuasa ombak yang ketara sekitar 20 kW/m. Kuasa ombak yang berpotensi dijana di pantai barat Semenanjung Malaysia lebih rendah berbanding dengan pantai timur Semenanjung Malaysia. Faktor utama perbezaan ini adalah kerana Kepulauan Sumatera melindungi perairan pantai barat daripada kejadian ombak dan seterusnya mengakibatkan kurang berpotensi menjana tenaga ombak.

Rajah 11 menunjukkan perbandingan janaan tenaga pasang surut pada tahun 2006 dan 2007 bagi mendapatkan trend tenaga janaan tahunan.



RAJAH 11. Perbandingan Janaan Tenaga Pasang Surut Tahun 2006 dan 2007

Kuasa janaan yang diperolehi dalam pengiraan menggunakan persamaan (4) adalah bergantung kepada ketinggian pasang surut di kawasan kajian masing-masing. Daripada input data dalam perisian *Microsoft Excel*, didapati bahawa kawasan kajian Pelabuhan Klang dan Permatang Sedepa mempunyai perbezaan ketinggian pasang surut sekitar 4.0 hingga 5.0 meter manakala kawasan kajian Pelabuhan Lumut dan Bagan Datuk hanya mempunyai perbezaan sekitar 1.5 meter hingga 3.0 meter sahaja.

Melalui perbandingan antara data pada tahun 2006 dan tahun 2007, boleh disimpulkan bahawa dua kawasan kajian yang paling berpotensi menjanakan tenaga pasang surut ialah Pelabuhan Klang yang menjanakan kuasa sekitar 429.09 kW ke 648.3 kW dan Permatang Sedepa yang berkebolehan menjanakan kuasa sekitar 360.56 kW ke 523.1 kW. Manakala kawasan kajian Pelabuhan Lumut dan Bagan Datuk hanya berpotensi menjanakan kuasa dalam sekitar 156.6 kW ke 228.14 kW sahaja.

Namun demikian, perolehan nilai kuasa ini berdasarkan pada anggapan bahawa penukaran tenaga pasang surut oleh turbin kepada tenaga elektrik adalah pada kecekapan 100% dan keluasan loji penjanaan tenaga dianggarkan pada keluasan 40000 m². Isu kos pembinaan dan penyelenggaraan mungkin menjadi kekangan kepada potensi penjanaan tenaga pasang surut jika kecekapan penjanaan kurang daripada 100%.

KESIMPULAN

Analisa terhadap data spatial ombak sepanjang tahun 1992 hingga tahun 2007, didapati hanya kawasan kajian Pelabuhan Klang dan Permatang Sedepa berpotensi menghasilkan jumlah kuasa ombak maksimum yang ketara sekitar 20 kW/m, manakala dua kawasan kajian yang paling berpotensi menjanakan tenaga pasang surut ialah Pelabuhan Klang yang menjanakan kuasa sekitar 429.09 kW ke 648.3 kW dan Permatang Sedepa yang berkebolehan menjanakan

kuasa sekitar 360.56 kW ke 523.1 kW. Kuasa ombak yang berpotensi dijana di pantai barat Semenanjung Malaysia lebih rendah berbanding dengan pantai timur Semenanjung Malaysia kerana Kepulauan Sumatera melindungi perairan pantai barat daripada impak ombak. Perolehan nilai kuasa pasang surut adalah berdasarkan pada anggaran bahawa penukaran tenaga pasang surut oleh turbin kepada tenaga elektrik adalah pada kecekapan 100% dan keluasan loji penjana tenaga dianggarkan pada keluasan 40000 m². Kajian menunjukkan potensi penjana tenaga pasang surut maksima adalah sekitar bulan Mac, September dan Oktober berdasarkan kepada data tahun 2006 dan 2007.

PENGHARGAAN

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada Jabatan Meteorologi Malaysia di atas data-data dan kerjasama yang dihulurkan. Penulis juga ingin merakamkan penghargaan kepada Universiti Kebangsaan Malaysia di atas tajaan penyelidikan melalui Geran Galakan Penyelidik Muda GGPM-2014-021, Geran Universiti Penyelidikan – GUP-2014-038 dan Geran Arus Perdana AP-2015-011.

RUJUKAN

- Abdul Maulud, K. N., Wan Mohtar, W. H. M. & Karim, O. A. 2013. Spatial multi criteria analysis for the determination of areas with high potential wave energy. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)* Volume 65(2): 113-120.
- Antenucci, J. C., Brown, K., Crowell, P. L. & Kevany, M. J. 1991. *Geographic Information System: A Guide To the Technology*. New York: Springer.
- Bernhardsen, T. 1999. *Geographic Information Systems – An Introduction*. John Wiley & Sons.
- Cruz, J. 2008. *Ocean Wave Energy-Current Status and Future Perspectives*, United Kingdom: Springer. EIA Energy.
- Information Administration. 2001. *International Energy Outlook 2001*. US Department of Energy, Washington DC.
- Johnson, L. E. 2009. *Geographic Information Systems in Water Resources Engineering*. London: CRC Press.
- Jones, A.T. & Finley, W. 2003. Recent development in salinity gradient power. *Proceedings of OCEANS 2003* 4: 2284-2287.
- Jones, A.T. & Finley, W. 2003. Recent development in salinity gradient power. *Proceedings of OCEANS 2003* 4: 2284-2287.
- Kaltschmitt, M., Streicher, W. & Wiese, A. 2007. *Renewable Energy – Technology, Economics and Environment*. India: Springer.
- Lloyd, C. 2010. *Spatial Data Analysis: An Introduction for GIS Users*. London: Oxford University Press.
- Nobre, A., Pacheco, M., Jorge, R., Lopes, M.F.P. & Gato, L.M.C. 2009. Geo-spatial multi-criteria analysis for wave energy conversion system deployment. *Renewable Energy* 34: 97-111.
- Özger, M., Altunkaynak, A. & Şen, Z. 2004. Stochastic wave energy calculation formulation. *International Journal of Renewable Energy* 29(10): 1747-1756.
- Rusu, E. & Guedes, S. C. 2009. Numerical modelling to estimate the spatial distribution of the wave energy in the Portuguese nearshore. *International Journal of Renewable Energy* 34: 1501-1516.
- Shekhar, S. & Chawla, S. 2003. *Spatial Databases – A Tour*. United States of America: Pearson Education, Inc.
- Star, J. & Estes, J. 1990. *Geographic Information Systems: An Introduction*. New Jersey: Prentice Hall.
- Suruhanjaya Tenaga. 2006. *Industri Pembekalan Elektrik di Malaysia: Maklumat Prestasidan Statistik 2006*. Kuala Lumpur: Suruhanjaya Tenaga.
- Suruhanjaya Tenaga. 2009. *Industri Pembekalan Elektrik di Malaysia: Maklumat Prestasi dan Statistik 2009*. Kuala Lumpur: Suruhanjaya Tenaga.
- Suruhanjaya Tenaga. 2010. *Laporan Tahunan 2009 Suruhanjaya Tenaga Malaysia*.
- Wright, D.J., Blongewicz, M. J., Halpin, P. N. & Breman, J. 2007. *Arc Marine : GIS for a Blue Planet*. United States of America: ESRI Press.

Sr. Dr. Khairul Nizam bin Abdul Maulud
Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur
Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM, Bangi
Selangor Darul Ehsan
Malaysia

Pusat Pencerapan Bumi (EOC)
Institut Perubahan Iklim
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM, Bangi
Selangor Darul Ehsan
Malaysia
Phone : +603-89216767
Email address : knam@ukm.edu.my

Prof. Dato' Ir. Dr. Othman A. Karim
Amanda Lee Sean Peik
Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur
Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM, Bangi
Selangor D.E.
Malaysia

