

## INTEGRASI WIFI DAN TOLOK PASANG SURUT MUDAH ALIH UNTUK KERJA PENGUKURAN HIDROGRAFI

Mohd Fadli Che Adenan<sup>1</sup>, Che Ku Ahmad Fuad Che Ku Abdullah<sup>2</sup>, Helmi Abd Kadir<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Jabatan Kejuruteraan Awam, Politeknik Kuching Sarawak, Malaysia

<sup>1</sup>[mohd\\_fadzli@poliku.edu.my](mailto:mohd_fadzli@poliku.edu.my)

<sup>2</sup>[ahmad\\_fuad@poliku.edu.my](mailto:ahmad_fuad@poliku.edu.my)

<sup>3</sup>[helmi\\_kadir@poliku.edu.my](mailto:helmi_kadir@poliku.edu.my)

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received

10 March 2025

Received in revised form

22 May 2025

Accepted

28 May 2025

Published online

01 June 2025

#### Keywords:

hidrografi; cerapan aras  
laut; IOT

### ABSTRACT

Cerapan aras laut yang tepat dan jitu adalah penting untuk kerja-kerja pengurusan pantai, keselamatan pelayaran, dan pemeliharaan alam sekitar. Kaedah tradisional untuk mengukur aras air seperti menggunakan staf aras perlu menggunakan tenaga kerja yang banyak, terdedah kepada kesilapan manusia, dan sukar untuk dilaksanakan dalam persekitaran tertentu. Bagi mengatasi masalah-masalah tersebut maka sistem inovasi integrasi wifi dan tolok pasang surut mudah alih dihasilkan. Sistem ini memberi tumpuan kepada reka bentuk dan pembangunan tolok pasang surut yang disepadukan dengan Wi-Fi dan penderia ultrasonic. Sistem ini diuji sejauh mana konsistensi dan juga kebolehpercayaan dengan mengukur paras air secara berterusan dan menghantar data secara tanpa wayar dalam masa nyata. Sistem ini dihasilkan dengan mengaplikasikan konsep Internet of Thing (IoT) iaitu melibatkan elemen penderia, alatan pintar dan juga pemantauan atau pencerapan secara masa nyata. Analisis konsistensi adalah dengan memperoleh nilai  $R^2$  yang menunjukkan konsistensi yang tinggi bagi cerapan tersebut. Selain itu, ujian perbandingan dijalankan dengan melihat kepada perbezaan cerapan dengan kaedah konvensional. Beberapa cerapan menunjukkan hasil yang sama sehingga cerapan terakhir yang sangat berbeza disebabkan kecuai manusia mencerap dengan kaedah konvensional. Kesimpulan yang diperoleh dari ujian ini menunjukkan sistem boleh digunapakai oleh pelajar politeknik semasa sesi khemah ukur. Sistem ini akan ditambahbaik serta disesuaikan dengan cabaran industri di luar politeknik khususnya penggunaan di luar ruang pelajar politeknik.

## 1. Pengenalan

Dalam bidang geomatik khususnya kerja-kerja kejuruteraan pantai, tolok pasang surut digunakan untuk mengukur dan memantau perubahan ketinggian aras laut (Mustafa, 2005; Dawod at el., 2021; Vecchi, 2023; Idris at el, 2024). Tolok air pasang dapat memberikan data pengukuran yang jitu dan konsisten yang penting dalam mewujudkan kawalan pugak untuk kegunaan pemetaan dan carta (Emery at el., 2012; Gomez at el., 2021; Farre, 2021, Ray at el., 2023) . Seterusnya data ini dapat membantu dalam menghasilkan carta pelayaran atau pelan hidrografi yang tepat, menentukan ketinggian tanah berbanding paras laut, dan menilai kesan kenaikan paras laut di kawasan pantai. Jurukur hidrografi menggunakan data tolok pasang surut untuk meningkatkan ketepatan model geospasial pantai dan marin, yang penting untuk merancang infrastruktur pantai, mengurus sumber semula jadi dan mengurangkan kesan bencana alam seperti gelombang ribut dan tsunami (Hamden at el., 2023). Maklumat tolok pasang surut juga disepadukan ke dalam sistem maklumat geografi (GIS) untuk menganalisis dan menggambarkan arah aliran paras laut, membantu dalam proses membuat keputusan yang berkaitan dengan pengurusan pantai dan perlindungan alam sekitar.

Semasa menjalankan kerja ukur hidrografi, memasang tolok pasang surut konvensional dengan staf aras adalah proses yang agak mencabar dan berisiko (Abbott, 2017). Pemasangan perlu dilakukan pada waktu yang sesuai. Keadaan laut yang bergelora di jeti akan menyukarkan pemasangan (Vandercruyssen at el., 2024; Alvarellos at el., 2024). Selain daripada itu, kawasan yang dipilih mestilah betul supaya aras pasang surut sentiasa boleh dibaca walaupun pada waktu yang paling surut. Selain daripada masalah kesukaran pemasangan yang boleh menjadi punca kepada ketepatan pemasangan iaitu kekuatan dan kestabilan pemasangan staf aras pada tiang jeti. Ini boleh menyebabkan tid data yang dicerap boleh menyebabkan bacaan yang tidak tepat kerana kedudukan staf aras berubah apabila dipukul ombak atau arus kuat. Konsistensi bacaan adalah perkara yang sangat kritikal dalam kerja pengukuran. Konsistensi bacaan boleh dipengaruhi oleh keletihan pencerap, kecuaiian pencerap dan lain-lain punca. Masa cerapan yang agak panjang bergantung kepada projek sehingga mengambil masa 24 jam boleh mendatangkan risiko kesalahan bacaan yang berpunca dari pencerap sendiri. Cerapan sehingga lewat petang dan malam akan menyebabkan cerapan pada staf aras memerlukan bantuan cahaya yang terhad. Kaedah cerapan pasang surut konvensional melibatkan perekodan data secara manual. Antara kelemahan kaedah merekod secara manual ini adalah kesalahan mencatat masa dan data pasang surut air. Antara risiko lain menggunakan kaedah catatan manual ini adalah kehilangan data samada helaian data hilang atau kabur terkena air dan juga terlupa sela masa untuk mencatat data.

Oleh itu, sistem inovasi integrasi wifi dan tolok pasang surut mudah alih untuk kerja pengukuran hidrografi telah dicadangkan dan dibangunkan dalam penyelidikan ini. Sistem ini dibangunkan untuk cerapan dan pengukuran pasang surut air dengan lebih tepat dan boleh dipercayai adalah penting untuk memahami perubahan pantai, kesan iklim dan memastikan navigasi yang selamat. Selain itu, sistem ini adalah lebih automasi diperlukan untuk cerapan pasang surut. Dengan kemajuan dalam teknologi, tolok cerapan pasang surut kini menggunakan penderia radar dan akustik, menawarkan potensi peningkatan dalam ketepatan data, ketahanan dan kemudahan penggunaan.

## 2. Metodologi

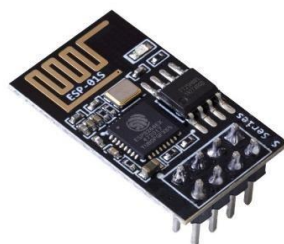
### 2.1 Perkakasan

Rajah 1 menunjukkan Penderia Ultrasonik yang berfungsi sebagai penghantar yang mengeluarkan gelombang bunyi frekuensi tinggi (biasanya melebihi julat pendengaran manusia, sekitar 40 kHz). Gelombang bunyi ini bergerak melalui udara. Gelombang bunyi yang dipancarkan bergerak keluar dari penderia dan memantulkan semula gelombang apabila bertemu dengan permukaan (permukaan air bagi cerapan pasang surut). Penderia mempunyai penghantar dan penerima. Apabila gelombang bunyi mengenai permukaan, ia memantul kembali ke penerima penderia. Masa yang diambil untuk gelombang bunyi bergerak dari penderia ke permukaan dan masa ia berpatah balik diukur.



Rajah 1. Penderia ultrasonik

Modul Wi-Fi yang dipasang di tolok pasang surut membolehkannya menyambung ke rangkaian Wi-Fi secara lokal dan menghantar data secara tanpa wayar. Modul Wi-Fi seperti Rajah 2 iaitu ESP8266 atau ESP32 disambungkan ke perkakasan papan asas platform IoT seperti Rajah 3 dan dikonfigurasi dengan SSID dan kata laluan rangkaian yang digunakan. Modul ini merakam data pasang surut dan menghantarnya kepada pelayan atau broker menggunakan protokol seperti HTTP atau MQTT. Untuk memastikan komunikasi kepada pelayan atau broker tidak terputus, bekalan kuasa mestilah sentiasa ada sepanjang penggunaan. Uji sambungan secara kerap dan lakukan penyelenggaraan untuk memastikan penghantaran data yang boleh dipercayai.



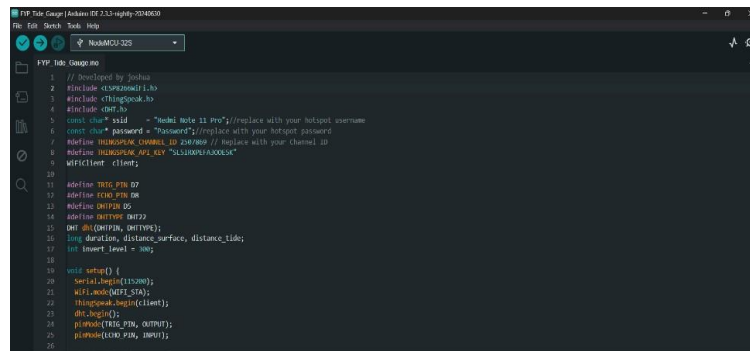
Rajah 2. Modul Wi-Fi ESP8266



Rajah 3. Papan asas NodeMCU digunakan bersama modul Wi-Fi

## 2.2 Perisian

Persekitaran Pembangunan Bersepadu Arduino (IDE) digunakan untuk menulis dan memuat naik kod ke papan Arduino seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4. Kod ini ditulis dalam versi ringkas C/C++. Pengguna menulis kod dalam IDE Arduino, yang kemudiannya disusun dan dimuat naik ke papan. Kod memberitahu mikropengawal cara berinteraksi dengan komponen yang disambungkan. Arduino boleh digunakan untuk antara muka dengan pelbagai penderia (seperti suhu, kelembapan, ultrasonik) dan komponen mekanikal elektronik yang lain (seperti motor, LED). Data akan dikumpul dan disimpan daripada penderia untuk analisis kemudian.



Rajah 4. IDE Arduino

ThingSpeak ialah platform IoT yang membolehkan pengguna mengumpul, menyimpan, menganalisis dan memberi gambaran secara visual data daripada peranti IoT secara *real-time* seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5. Ia amat popular untuk projek IoT berskala kecil, penyelidikan akademik dan prototaip kerana kemudahan penggunaan dan dapat diintegrasikan dengan perisian lain seperti MATLAB.

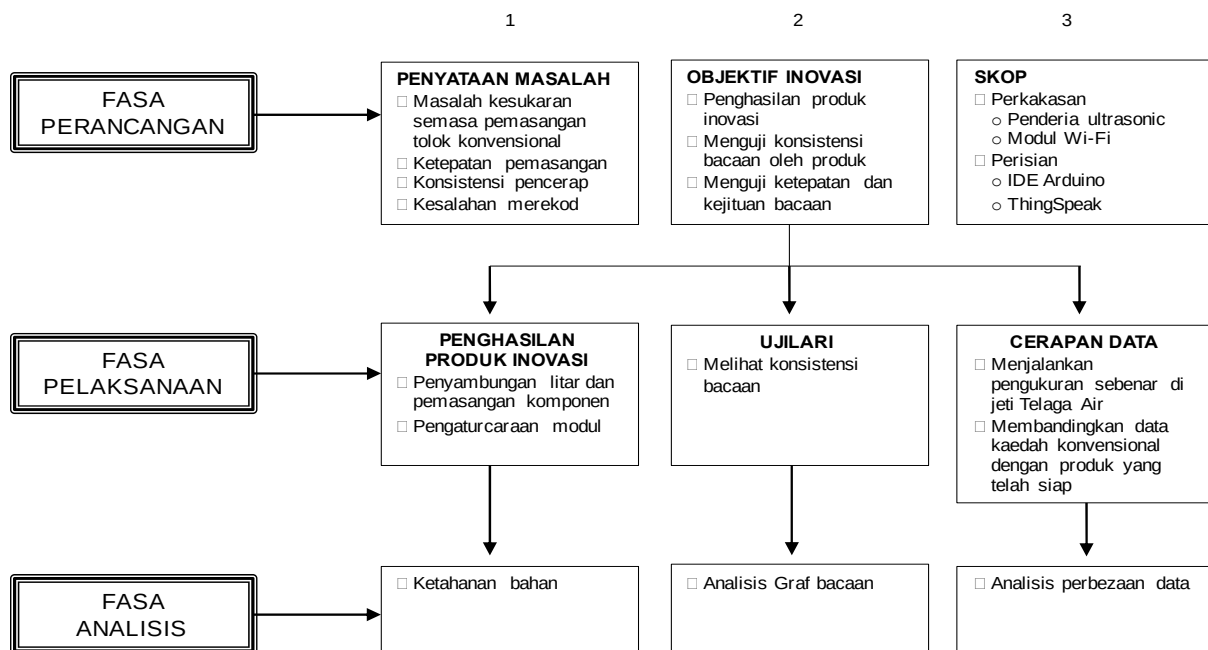


Rajah 5. Platfom IoT

### 2.3 Proses Penghasilan Sistem Inovasi Integrasi Wifi dan Tolok Pasang Surut Mudah Alih untuk Kerja Pengukuran Hidrografi

Rajah 6 menunjukkan carta alir penghasilan sistem inovasi. Penghasilan inovasi ini dipecahkan kepada beberapa fasa seperti berikut:

- Fasa perancangan ini merangkumi pengalaman penyelidik dalam menjalankan kerja pengukuran berkaitan masalah cerapan pasang surut, penentuan objektif supaya masalah yang dihadapi boleh diatasi.
- Fasa kaedah pelaksanaan supaya objektif boleh dicapai dan boleh dibuktikan.
- Fasa analisis untuk melihat sejauh mana keberkesanan kaedah pelaksanaan.



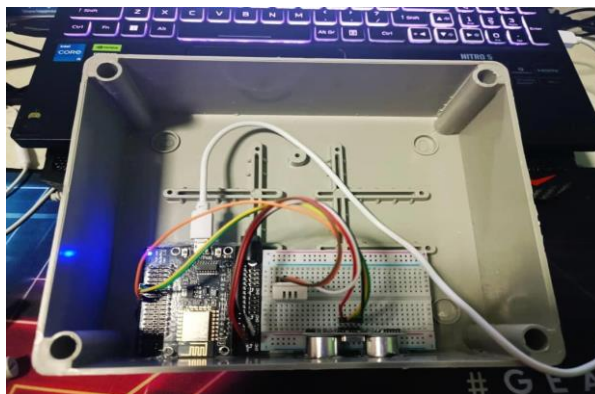
Rajah 6. Carta alir penghasilan sistem inovasi

(a) Proses penghasilan sistem tolak pasang surut

Sistem integrasi tolak pasang surut dan Wi-Fi membolehkan cerapan pasang surut laut secara masa nyata dengan menghantar data secara tanpa wayar ke storan awan menjadikan akses lebih

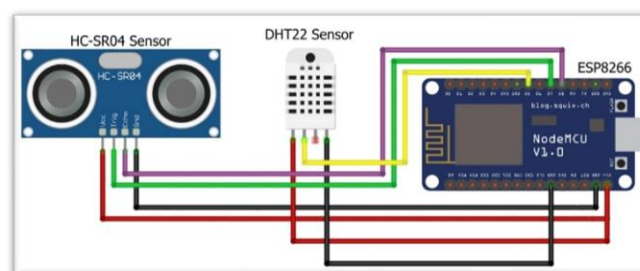
mudah. Sistem ini menggunakan penderia seperti radar atau ultrasonik, untuk mengukur paras air. Dengan konfigurasi perkakasan komputer, telefon pintar, sistem Arduino dan Wi-Fi, data dicerap dan dihantar ke pelayan atau storan awan. Sistem ini boleh dikuasakan oleh bank kuasa atau sumber kuasa yang sesuai. Data yang disimpan boleh dilihat pada platform IoT seperti ThingSpeak atau aplikasi lain. Penyelenggaraan terhadap alat yang sangat dan mudah dilakukan boleh dilakukan bila-bila masa dalam memastikan ketepatan dan konsistensi bacaan dapat diperoleh.

Selepas sambungan berjaya diuji maka seterusnya sambungan papan litar akan disusun pada kotak pelindung yang kukuh. Kotak pelindung yang digunakan adalah kotak DB yang mempunyai piawai untuk kegunaan ruangan luar yang tahan panas dan hujan seperti di Rajah 7. Ini penting kerana kerja-kerja pengukuran ini melibatkan situasi dan cuaca yang tidak menentu.



Rajah 7. Litar yang berjaya disambungkan disusun dalam kotak DB

Rajah 8 menunjukkan skematik bagi sistem inovasi integrasi wifi dan tolok pasang surut mudah alih untuk kerja pengukuran hidrografi. Konsep atau cara alat ini bekerja adalah dengan menyambungkan punca kuasa kepada pencatat data atau mikropengawal dan menetapkan sambungan Wi-Fi supaya proses perekodan paras air pasang surut pada sela masa yang tetap dapat dihantar secara tanpa wayar ke pelayan atau broker. Data yang telah disimpan pula dapat diakses terus daripada platform IoT seperti ThingSpeak. Pengguna boleh melihat data dalam masa nyata.



Rajah 8. Skematik bagi sistem inovasi integrasi wifi dan tolok pasang surut mudah alih untuk kerja pengukuran hidrografi



(b) Ujilari produk inovasi

Bag memastikan keberkesanan fungsi dan kelancaran sistem, sistem ini diujilari di jeti Telaga Air. Ini kerana pencerapan yang sebenar juga akan dijalankan semasa khemah kerja ukur. Khemah ukur menyediakan latihan kerja padang seakan-akan suasana sebenar pekerjaan. Rajah 9 menunjukkan proses cerapan dilakukan dengan kedua-dua kaedah.



Rajah 9. Proses cerapan dilakukan dengan kedua-dua kaedah

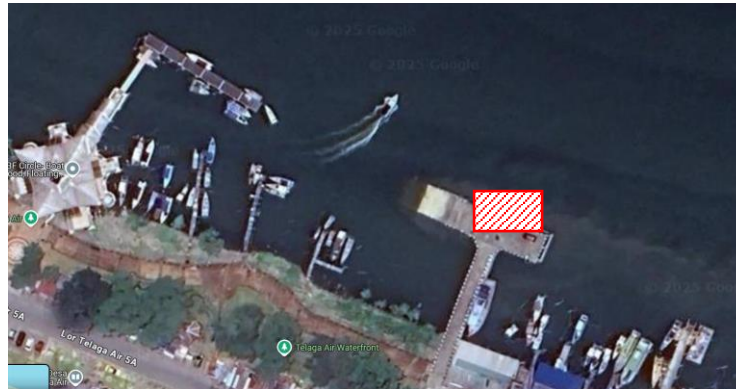
Ujilari yang dijalankan ada sejauh mana melihat konsisten bacaan. Konsistensi bacaan oleh penderia sangat penting kerana bacaan pasang surut air bergantung sepenuhnya kepada data yang dihantar ke pelayan. Ujilari ini juga melihat keupayaan sambungan Wi-Fi dengan peranti pintar dan juga keupayaan data dihantar ke pelayan dengan melihat data masa nyata di dalam platform IoT seperti di Rajah 10.



Rajah 10. Contoh paparan data dalam ThingsSpeak

(c) Data cerapan sebenar

Sebelum analisis perbandingan dan perbezaan data dilakukan, data diceraap dengan menggunakan kaedah konvensional dan kaedah daripada sistem ini. Untuk membandingkan kaedah tolok pasang surut konvensional dan sistem ini, bacaan ketinggian pasang surut air diceraap di lokasi yang sama secara serentak. Kaedah tolok pasang surut konvensional memerlukan pengambilan data secara manual. Bacaan diambil dalam 10 minit dan nilai pasang surut direkodkan di atas kertas, manakala sistem ini data diceraap terus dari penderia dan data dihantar ke pelayan dengan sambungan Wi-Fi. Data direkodkan dan dimuat turun dari platform IoT yang digunapakai. Paparan secara visual graf pasang surut air dapat dilihat secara masa nyata. Rajah 11 menunjukkan kawasan kerja di Jeti Telaga Air.



Rajah 11. Kawasan pemasangan tolak di Kawasan berlorek di Jeti Telaga Air

Jadual 1 menunjukkan cerapan yang direkodkan oleh penderia serta bacaan yang dicerap dan dicatat dengan kaedah konvensional. Cerapan pada penderia diprogramkan supaya data direkod dalam sela 20 saat manakala bacaan pada kaedah konvensional di ambil dalam sela 10 minit. Bacaan konvensional secara praktiknya dibaca dalam sela 5 hingga 10 minit sekali bacaan kerana kaedah interpolasi digunakan untuk menganggar nilai antara sela.

Jadual 1. Masa cerapan bacaan penderia (*sensor*) cerapan manusia (konvensional)

| Masa Cerapan | Bacaan Sensor | Bacaan Konvensional |
|--------------|---------------|---------------------|
| 2:30:19 PM   | 0.51          | 0.5                 |
| 2:31:01 PM   | 0.52          |                     |
| 2:32:04 PM   | 0.54          |                     |
| 2:33:09 PM   | 0.56          |                     |
| 2:34:12 PM   | 0.58          |                     |
| 2:34:54 PM   | 0.6           |                     |
| 2:35:58 PM   | 0.59          |                     |
| 2:37:01 PM   | 0.63          |                     |
| 2:38:04 PM   | 0.64          |                     |
| 2:39:28 PM   | 0.66          | 0.657               |
| 2:40:58 PM   | 0.68          |                     |
| 2:42:05 PM   | 0.7           |                     |
| 2:43:09 PM   | 0.71          |                     |
| 2:43:54 PM   | 0.71          |                     |
| 2:44:57 PM   | 0.74          |                     |
| 2:46:03 PM   | 0.75          |                     |
| 2:47:06 PM   | 0.75          |                     |
| 2:48:14 PM   | 0.76          |                     |
| 2:50:12 PM   | 0.74          | 0.762               |
| 2:51:14 PM   | 0.79          |                     |
| 2:52:01 PM   | 0.81          |                     |
| 2:53:12 PM   | 0.81          |                     |
| 2:53:33 PM   | 0.8           |                     |
| 2:55:10 PM   | 0.84          |                     |
| 2:57:07 PM   | 0.83          |                     |

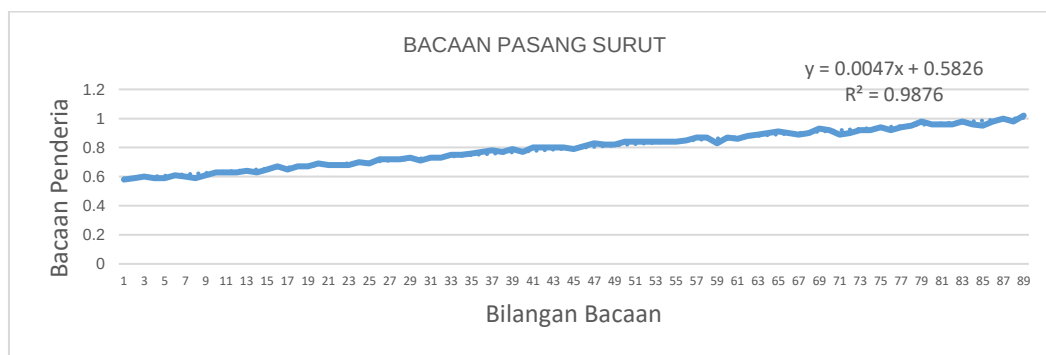


| Masa Cerapan | Bacaan Sensor | Bacaan Konvensional |
|--------------|---------------|---------------------|
| 2:58:11 PM   | 0.85          |                     |
| 2:59:16 PM   | 0.87          |                     |
| 3:00:20 PM   | 0.89          | 1.417               |

### 3. Hasil

#### 3.1 Analisis konsistensi bacaan

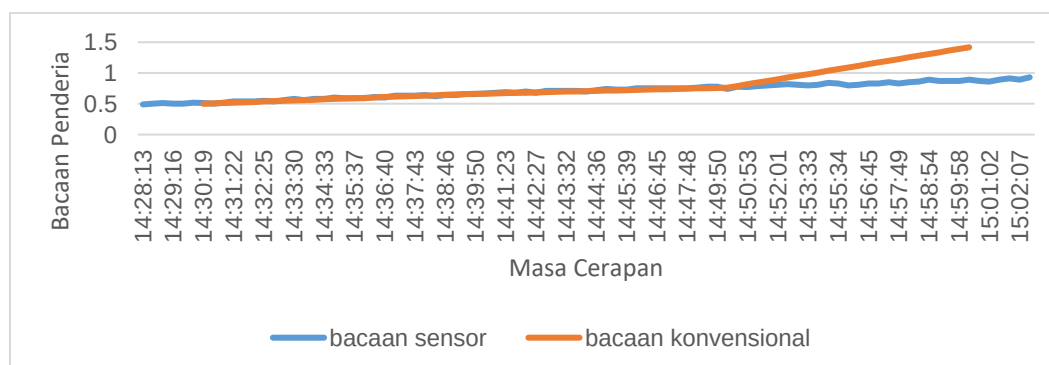
R kuasa dua atau Pekali penentu, atau  $R^2$  ialah ukuran yang memberikan maklumat tentang padanan terbaik (*best-fitted line*) dalam memodelkan garisan regresi (*regression line*). Secara ringkas, ia adalah ukuran statistik yang memberitahu sejauh mana garis regresi yang diplot sesuai dengan data sebenar. R kuasa dua mengukur berapa banyak variasi yang terdapat dalam nilai ramalan dan sebenar dalam model regresi. Nilai yang diperoleh bagi cerapan ini menunjukkan nilai 0.9876 yang menggambarkan selisih yang kecil dan konsistensi bacaan yang tinggi. Rajah 12 menunjukkan bahawa bacaan pasang surut boleh dipercayai dan konsisten sepanjang lebih kurang 35 minit.



Rajah 12. Menunjukkan konsistensi bacaan selama 35 minit

#### 3.2 Analisis perbandingan

Rajah 13 menunjukkan graf pelotan bacaan serentak pasang surut air dengan menggunakan kedua-dua kaedah. Bacaan menggambarkan konsistensi pada 20 minit yang pertama. Namun bacaan minit ke 30 berlaku kesilapan dan kecuaiian manusia dalam menceraap dengan kaedah konvensional.



Rajah 13: Perbandingan data cerapan kaedah konvensional dan penderia (sensor)

Jadual 2 menunjukkan perbandingan data pasang surut dengan kedua-dua kaedah. Perbezaan tersebut menggambarkan konsistensi bacaan daripada penderia dan manusia. Kesalahan, kecuaiian dan keterbatasan deria manusia memberi kesan kepada bacaan kaedah konvensional.

Jadual 2. Perbezaan bacaan antara dua (2) kaedah

| Masa Cerapan | Bacaan Sensor<br>(Meter) | Bacaan Konvensional<br>(Meter) | Perbezaan<br>(Meter) |
|--------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------|
| 14:30:00     | 0.51                     | 0.50                           | 0.01                 |
| 14:40:00     | 0.66                     | 0.657                          | 0.003                |
| 14:50:00     | 0.74                     | 0.762                          | -0.022               |
| 15:00:00     | 0.89                     | 1.417                          | -0.527               |

#### 4. Kesimpulan

Secara keseluruhannya sistem inovasi yang dihasilkan ini berjaya mencapai objektif yang dikehendaki. Sistem tolok air pasang berasaskan Arduino yang berjaya menunjukkan bagaimana teknologi sumber terbuka dengan kos yang rendah boleh dimanfaatkan untuk memantau pasang surut dengan berkesan. Sistem ini digunakan dengan meluas oleh pelajar Politeknik Kuching Sarawak semasa sesi khemah ukur. Sistem ini akan ditambahbaik serta disesuaikan dengan cabaran industri di luar politeknik khususnya penggunaan di luar ruang lingkup pelajar politeknik.

#### Penghargaan

Penulis ingin merakamkan ucapan terima kasih kepada semua yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam kajian ini. Setinggi-tinggi penghargaan kepada semua rakan-rakan dari Politeknik Kuching Sarawak atas sokongan moral dan bantuan berterusan dalam menjayakan penyelidikan ini.

#### Rujukan

- Abbott, V. (2017). Hydrographic surveying. In *Marine and Coastal Resource Management*. Routledge, 159-177.  
<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203127087-10/hydrographic-surveying-victor-abbott>
- Alvarelllos, A., Figuero, A., Rodríguez-Yáñez, S., Sande, J., Peña, E., Rosa-Santos, P., & Rabuñal, J. (2024). Deep learning-based wave overtopping prediction. *Applied Sciences*, 14(6), 2611. <https://doi.org/10.3390/app14062611>

- Dawod, G. M., Ebaid, H. M., Haggag, G. G., & Al-Karagy, E. M. (2021). An Integrated Geomatics Approach for Projecting Sea Level Variations and Risks A Case Study in the Nile Delta, Egypt. *Journal of Architecture and Civil Engineering*, 6(8), 15-29.
- Emery, K. O., & Aubrey, D. G. (2012). *Sea levels, land levels, and tide gauges*. Springer Science & Business Media.
- Farre, R. E. (2021). The South African tide gauge network and its contribution to maritime safety. <https://open.uct.ac.za/handle/11427/33659>
- Gomez, B.P., Testut, L., Hibbert, A., Matthews, A., Bradshaw, E., Westbrook, G., Wöppelmann, G., Hernandez, F., Pouliquen, S., Novellino, A. and Alfonso, M.D.(2021). New Tide Gauge Data Flow Strategy.  
[https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/52175/7/D3.3\\_New Tide Gauge Data Flow Strategy resubmitted.pdf](https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/52175/7/D3.3_New_Tide_Gauge_Data_Flow_Strategy_resubmitted.pdf)
- Hamden, M. H., Din, A. H. M., Alihan, N. S. A., Pa'Suya, M. F., Wijaya, D. D., & Che Cob, A. S. (2023). Accuracy assessment of quasi-seamless hydrographic separation models in Malaysian waters. *Frontiers in Earth Science*, 11, 1110181.  
<https://doi.org/10.3389/feart.2023.1110181>
- Idris, N. H., Munadi, M. H. F., Zheng Yong, C., Lee, B. Y., & Vignudelli, S. (2024). Sea-level rise in Southeast Asia: a review of the factors, and the observed rates from tide gauge, satellite altimeters and assimilated data techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 45(23), 8995-9016. <https://doi.org/10.1080/01431161.2023.2282408>
- Ray, R. D., Widlansky, M. J., Genz, A. S., & Thompson, P. R. (2023). Offsets in tide-gauge reference levels detected by satellite altimetry: ten case studies. *Journal of Geodesy*, 97(12), 110.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00190-023-01800-7>
- Mustafar, S. M. A. B. (2005). *Judul: Kajian jaringan kawalan pugak bagi Negeri Sarawak*.
- Vandercruyssen, D., Baker, S., Howard, D., & Aggidis, G. (2024). Tidal range barrage design and construction. *Applied Sciences*, 14(11), 4592.  
<https://doi.org/10.3390/app14114592>
- Vecchi, E. (2023). *Impact of geomatic techniques on topo-bathymetric surveys for coastal analysis*. <https://amsdottorato.unibo.it/10535/>