



PUSAT KAJIAN PANTAI DAN OSEANOGRAFI

LAPORAN PROJEK

PERKHIDMATAN MENGHANTAR, MEMASANG, MENGUMPUL DATA DAN DIMOBILISASI WAVE ENERGY CONVERTER (WEC) BAGI PENGUJIAN LAPANGAN

No. Rujukan: CO240000000404481



Ir. Ts. Muhammad Rizal Razali

November 2024

Pasukan Projek

Nama	Institusi
Ts. Saiful Bahri Hamzah	Pengarah Projek, Pusat Kajian Pantai dan Oseanografi
Ir. Ts. Muhammad Rizal Razali	Pengurus Projek, Pusat Kajian Pantai dan Oseanografi
Muhammad Faiz Mohamad Jaafar	Makmal Hidraulik dan Instrumentasi
Siti Salihah Hj. Mohd Sendek	Pusat Kajian Pantai dan Oseanografi
Mohd Zulfadlee Md. Zin	Makmal Hidraulik dan Instrumentasi
Muhammad Zulkhairi Zulkafli	Makmal Hidraulik dan Instrumentasi
Mohd Saiful Hj. Ahmad	Makmal Hidraulik dan Instrumentasi
Prof. Madya Ir. Dr. Mohd Sayuti Ab Karim	Fakulti Kejuruteraan, Universiti Malaya
Dr. Mohd Fadzil Jamaludin	Fakulti Kejuruteraan, Universiti Malaya
Ts. Ir. Precin Kalisalvan	Fakulti Kejuruteraan, Universiti Malaya

Pengenalan:

NAHRIM-WEC (Wave Energy Converter) adalah sebuah sistem yang menukarkan tenaga gelombang laut kepada tenaga elektrik. Sistem ini terdiri daripada beberapa komponen utama seperti struktur apungan dan sistem aruhan elektrik yang menggunakan konsep magnetostrictive serta charge amplifier. Laporan ini bertujuan untuk menjelaskan perkhidmatan ujian lapangan bagi prototaip NAHRIM Wave Energy Converter (NAHRIM-WEC) yang telah dijalankan sebagai sebahagian daripada kajian di NAHRIM. Skop kerja projek WEC melibatkan pengumpulan, penyisihan, dan mempackage unit utama serta komponen WEC di NAHRIM sebelum mobilisasi. Peralatan dan komponen dihantar ke lokasi pengujian di Institut Sains Lautan dan Bumi IOES UM, Bachok, Kelantan, dan dipasang serta diuji mengikut spesifikasi. Skop kerja juga termasuk memunggah unit WEC dan antara darat dan laut untuk pengujian lapangan, dengan data penjanaan tenaga dikutip sepanjang 14 hari. Pemantauan keberadaan WEC di laut dilakukan secara berkala menggunakan dron atau CCTV. Akhirnya, data dikompilasi dan laporan bergambar disediakan serta dihantar kepada NAHRIM. Secara lebih terperinci, skop projek ini merangkumi aktiviti-aktiviti berikut:

MEMPAKEJ UNIT UTAMA WEC DAN KOMPONEN BERKAITAN Mengumpul, menyisih dan mempackage unit utama, peralatan dan komponen-komponen Wave Energy Converter (WEC) di stor penyimpanan di NAHRIM sebagai pra-persediaan sebelum mobilisasi.
MENGHANTAR DAN MOBILISASI KE/DARI TAPAK Menghantar peralatan, komponen dan aksesori WEC melalui pengangkutan darat dari NAHRIM ke lokasi pengujian terpilih di Bachok, Kelantan pergi dan balik (NAHRIM-BACHOK-NAHRIM) termasuk kos-kos berkaitan pengangkutan yang berkaitan. Kaedah dan prosedur pengangkutan mesti mematuhi peraturan/permit/undang-undang yang telah ditetapkan oleh pihak berkuasa.
MEMASANG DAN MENGUJI KOMPONEN LENGKAP WEC Memasang, mengkonfigurasi, mengujilari dan menyahpasang komponen-komponen bagi unit utama WEC mengikut spesifikasi dan arahan penyelia projek sebelum dan selepas pengujian lapangan.
MEMUNGGAH DAN MENUNDA WEC ANTARA DARAT DAN LAUT Memunggah dan menunda unit utama WEC yang lengkap dari daratan ke kawasan perairan pantai Bachok dan menunda balik ke kawasan daratan selepas setiap sesi pengujian lapangan.
MENJALANKAN KUTIPAN DATA PENJANAAN Menjalankan kutipan data penjanaan tenaga unit WEC meliputi 2 kitaran pasang surut (14 hari) sepanjang tempoh pengujian lapangan.
MEMANTAU KEBERADAAN WEC DI LAUT Menjalankan pemantauan keberadaan unit WEC di laut secara berkala melalui kaedah dron atau CCTV dari menara tinjau terhampir.
MENYEDIAKAN FASILITI PENYIMPANAN DAN PEMBERSIHAN Menyediakan fasiliti penyimpanan dan pembersihan dari air laut bagi unit dan komponen WEC sebelum dan selepas sesi pengujian lapangan.
MENYISIH, MENGKOMPILASI DAN MENYIMPAN DATA Mengkompilasi, menyisih dan menyimpan data-data yang telah dikutip secara selamat
MENYEDIA DAN MENGHANTAR LAPORAN Menyedia dan menghantar laporan bergambar meliputi item (1) hingga (8) secara hard copy mengikut format yang diluluskan oleh NAHRIM. Menghantar data-data yang telah dikompilasi melalui media storan mudah alih USB

Laporan ini akan membincangkan tentang dapatan mengenai pelaksanaan untuk setiap aktiviti dan cadangan projek ini secara terperinci.

MEMPAKEJ UNIT UTAMA WEC DAN KOMPONEN BERKAITAN

Mengumpul, menyisih dan mepakej unit utama, peralatan dan komponen-komponen Wave Energy Converter (WEC) di stor penyimpanan di NAHRIM sebagai pra-persediaan sebelum mobilisasi.

Struktur apungan untuk WEC (Gambarajah 1) ini telah direka oleh NAHRIM dan diperbuat daripada gentian kaca untuk menyokong beberapa tiub yang disusun secara bersilang di atasnya. Struktur apungan ini mempunyai ruang kosong di dalamnya dan dilengkapi dengan dua soket lampu keselamatan. Selain itu, struktur ini juga direka dengan kotak penyimpanan komponen elektronik yang berpenutup, yang terletak di atas platformnya.



Gambarajah 1: Wave Energy Converter (WEC)

Proses mengumpul, menyisih, dan pemasangan unit utama, peralatan, dan komponen-komponen Wave Energy Converter (WEC) dari stor penyimpanan di NAHRIM sebagai pra-persediaan sebelum mobilisasi melibatkan beberapa langkah penting:

Setiap komponen diperiksa untuk memastikan ia berfungsi dengan baik dan memenuhi spesifikasi yang diperlukan. Ini termasuk pemeriksaan visual dan ujian fungsi asas untuk mengelakkan sebarang masalah semasa pengujian lapangan. Setelah diperiksa, komponen-komponen tersebut dipasang dengan teliti. Gambarajah 1 menunjukkan hasil pemasangan yang telah dilaksanakan. Pemasangan dilakukan mengikut standard keselamatan untuk memastikan peralatan tidak rosak semasa pengangkutan. Proses ini memastikan bahawa semua peralatan dan komponen WEC siap untuk dihantar dan dipasang di lokasi pengujian dengan lancar dan efisien.

Tiub penjana elektrik merupakan elemen penting dalam struktur mekanikal yang menggunakan konsep *magnetostrictive*. Ianya terdiri daripada dua tiub berbentuk silinder, masing-masing mengandungi magnet yang bergerak secara mendatar sepanjang silinder ini. Pergerakan magnet yang melintasi gegelung akan menyebabkan berlakunya proses pemotongan medan

magnet seterusnya akan menyebabkan arus elektrik teraruh dalam gegelung tersebut. Gambarajah 2 menunjukkan tiub penjana elektrik yang telah siap diapasang.



Gambarajah 2: Tiub penjana elektrik yang telah siap diapasang

Struktur Elektrikal (Pencatat Data)

Pencatat Data yang digunakan dalam sistem NAHRIM-WEC direka untuk menangkap data masa nyata mengenai prestasi WEC. Pencatat Data ini terdiri daripada papan induk Arduino UNO yang dipadankan dengan Datalogging Shield, yang mempunyai slot kad SD untuk penyimpanan data dan RTC (Real-Time Clock) untuk merekodkan masa setiap bacaan. Pencatat Data bertanggungjawab mengumpul data voltan, arus, dan kuasa yang dihasilkan oleh WEC semasa pergerakan ombak. Maklumat ini penting untuk menganalisis kecekapan penukaran tenaga dalam pelbagai keadaan ombak.

Komponen elektrik datalogger termasuk sensor INA219 untuk pengukuran voltan dan arus, sensor voltan, dan paparan LCD I2C 16x2 untuk pemantauan masa nyata. INA219 sangat berguna kerana keupayaannya untuk mengukur kedua-dua voltan dan arus secara serentak, membolehkan sistem mengira output kuasa dengan ketepatan tinggi. Sensor voltan memantau output secara langsung dari WEC, manakala RTC memastikan semua data dicatatkan dengan tepat, yang penting untuk menghubungkan output tenaga dengan corak ombak pada waktu tertentu.

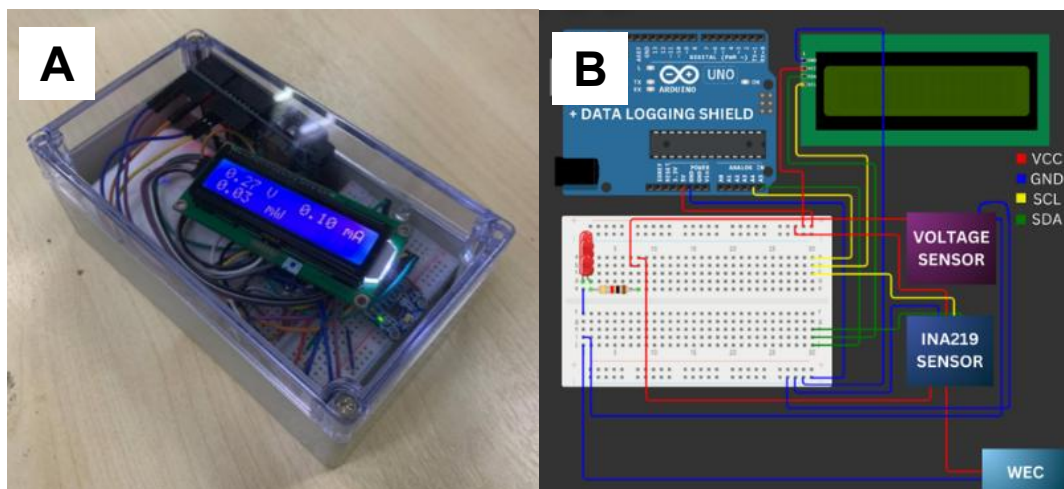
Dalam kaitannya dengan WEC, Pencatat Data memainkan peranan penting dalam menjejak tenaga yang dihasilkan apabila ombak menggerakkan struktur terapung. Sensor mengukur output elektrik ketika sistem menukar tenaga mekanikal ombak menjadi kuasa elektrik melalui induksi elektromagnetik. Dengan mengumpul data secara berterusan, Pencatat Data membolehkan jurutera menilai prestasi WEC secara masa nyata dan membuat penyesuaian yang diperlukan untuk meningkatkan kecekapan dan kestabilannya dalam persekitaran terkawal serta di laut terbuka.



Gambarajah 3: Pemasangan komponen-komponen elektrik.

A) Pencatat Data dimasukkan ke dalam kotak penyimpanan WEC.

B) Gambarajah litar elektrik untuk Pencatat Data WEC



Gambarajah 4: Pemasangan Pencatat Data ke dalam kotak penyimpanan WEC.

A) Gambarajah Pencatat Data.

B) Gambarajah litar elektrik untuk Pencatat Data WEC

MENGHANTAR DAN MOBILISASI KE/DARI TAPAK

Menghantar peralatan, komponen dan aksesori WEC melalui pengangkutan darat dari NAHRIM ke lokasi pengujian terpilih di Bachok, Kelantan pergi dan balik (NAHRIM-BACHOK-NAHRIM) termasuk kos-kos berkaitan pengangkutan yang berkaitan. Kaedah dan prosedur pengangkutan mesti mematuhi peraturan/permit/undang-undang yang telah ditetapkan oleh pihak berkuasa.

Institut Sains Lautan dan Bumi (IOES) Universiti Malaya yang terletak di Bachok, Kelantan dipilih kerana lokasinya yang strategik dan sesuai untuk ujian lapangan. Lokasi ini menyediakan kemudahan yang diperlukan untuk kajian dan berhadapan dengan Laut China Selatan, yang memudahkan pemasangan WEC di perairan. Laut di kawasan ini tidak terlalu tenang dan tidak terlalu bergelora, menjadikannya ideal untuk projek ini. Ciri-ciri pantai yang sesuai juga menyumbang kepada kejayaan projek ini.

Proses penghantaran bermula dengan membawa prototaip Wave Energy Converter (WEC) dari stor penyimpanan di Kuala Lumpur ke garaj di IOES, Bachok, Kelantan. Perjalanan sejauh kira-kira 550 km ini mengambil masa sekitar 6 hingga 7 jam. Gambarajah 5 menunjukkan struktur apungan dalam perjalanan ke IOES.

Langkah-langkah proaktif diambil untuk memastikan keselamatan sepanjang perjalanan, termasuk perlindungan insurans untuk menghadapi sebarang situasi yang tidak dijangka. Lori yang digunakan didaftarkan dengan perlindungan insurans untuk mengatasi risiko seperti kemalangan.

IOES memainkan peranan penting dalam mendapatkan kebenaran yang diperlukan dan menyelaraskan jadual lori untuk memastikan operasi berjalan lancar. Penyelarasan ini memudahkan proses pemunggahan barang semasa tiba dan pemuatan barang semasa pulang dari IOES. Semua langkah yang diambil mematuhi peraturan dan undang-undang yang ditetapkan oleh pihak berkuasa.

Proses penghantaran peralatan, komponen, dan aksesori Wave Energy Converter (WEC) dari NAHRIM ke lokasi pengujian terpilih di Bachok, Kelantan, telah dilaksanakan dengan teliti dan mematuhi semua peraturan yang ditetapkan oleh pihak berkuasa. Penghantaran ini melibatkan beberapa langkah penting untuk memastikan kelancaran dan keselamatan peralatan sepanjang perjalanan pergi dan balik (NAHRIM-BACHOK-NAHRIM).

Semua peralatan dan komponen WEC dikumpulkan dan disusun dari kawasan penyimpanan di NAHRIM. Pemeriksaan rapi dilakukan untuk memastikan setiap item berada dalam keadaan baik dan siap untuk dihantar. Setelah itu, peralatan dan komponen dimuatkan ke dalam kenderaan pengangkutan yang sesuai. Pengangkutan darat ini dilakukan dengan mematuhi semua peraturan lalu lintas dan undang-undang pengangkutan yang ditetapkan oleh pihak berkuasa, termasuk mendapatkan permit yang diperlukan.

Sepanjang perjalanan dari NAHRIM ke Bachok, pemantauan dilakukan untuk memastikan keselamatan peralatan dan komponen. Langkah-langkah keselamatan tambahan diambil untuk mengelakkan sebarang kerosakan atau kehilangan. Kos-kos berkaitan pengangkutan seperti bahan bakar, tol, dan penyelenggaraan kenderaan telah diambil kira dan didokumentasikan dengan teliti untuk tujuan perakaunan dan laporan.

Setibanya di lokasi pengujian di Bachok, peralatan dan komponen WEC dipunggah dan dipasang mengikut spesifikasi yang ditetapkan.

Kesimpulannya, penghantaran peralatan, komponen, dan aksesori WEC dari NAHRIM ke Bachok, Kelantan, telah dilaksanakan dengan lancar dan mematuhi semua peraturan yang ditetapkan. Semua kos berkaitan pengangkutan telah didokumentasikan dengan teliti, dan langkah-langkah keselamatan telah diambil untuk memastikan keselamatan peralatan sepanjang perjalanan.



Gambarajah 5: WEC dipindahkan dan dipunggah naik ke atas lori.



Gambarajah 6: WEC telah tiba di IOES Bachok, Kelantan

MEMASANG DAN MENGUJI KOMPONEN LENGKAP WEC

Memasang, mengkonfigurasi, mengujilari dan menyahpasang komponen-komponen bagi unit utama WEC mengikut spesifikasi dan arahan penyelia projek sebelum dan selepas pengujian lapangan.

Gambarajah 7 menunjukkan proses pemasangan, konfigurasi, ujilari, dan penyahpasangan komponen-komponen bagi unit utama Wave Energy Converter (WEC). Ini merupakan langkah penting dalam memastikan keberkesanan dan keselamatan sistem sebelum dan selepas pengujian lapangan. Setiap langkah ini memerlukan perhatian yang teliti terhadap spesifikasi dan arahan yang diberikan oleh penyelia projek. Langkah pertama adalah pemasangan komponen-komponen utama WEC. Ini melibatkan penyusunan dan penyambungan setiap bahagian mengikut reka bentuk yang telah ditetapkan. Komponen seperti struktur apungan, pemegang magnet, dan sistem aruhan elektrik dipasang dengan teliti untuk memastikan keserasian dan kestabilan sistem. Setiap sambungan diperiksa untuk memastikan ia kukuh dan selamat.

Setelah pemasangan selesai, langkah seterusnya adalah konfigurasi sistem. Ini melibatkan penyesuaian parameter dan tetapan komponen untuk memastikan ia berfungsi mengikut spesifikasi yang ditetapkan. Penyelia projek memberikan arahan terperinci mengenai konfigurasi ini, termasuk penyesuaian pada sistem aruhan elektrik dan pengaturan magnet. Konfigurasi yang tepat adalah penting untuk memastikan sistem beroperasi dengan efisien dan selamat. Ujilari Komponen: Sebelum pengujian lapangan, komponen-komponen WEC diuji untuk memastikan semuanya berfungsi dengan baik. Ujilari ini melibatkan simulasi keadaan sebenar di mana sistem akan beroperasi. Setiap komponen diuji secara individu dan sebagai satu sistem keseluruhan untuk memastikan tiada masalah teknikal yang akan timbul semasa pengujian lapangan. Data dari ujilari ini dianalisis untuk mengenal pasti sebarang penambahbaikan yang diperlukan. Selepas pengujian lapangan selesai, komponen-komponen WEC perlu disyahpasang. Ini dilakukan dengan berhati-hati untuk memastikan tiada kerosakan pada komponen yang boleh menjejaskan prestasi sistem di masa hadapan. Setiap komponen dibersihkan dan disimpan dengan teliti untuk kegunaan seterusnya. Penyelia projek memastikan bahawa semua langkah penyahpasangan dilakukan mengikut prosedur yang ditetapkan.



Gambarajah 7: Proses pemasangan, konfigurasi, ujilari, dan penyahpasangan komponen-komponen bagi unit utama Wave Energy Converter (WEC)

MEMUNGGAH DAN MENUNDA WEC ANTARA DARAT DAN LAUT

Memunggah dan menunda unit utama WEC yang lengkap dari daratan ke kawasan perairan pantai Bachok dan menunda balik ke kawasan daratan selepas setiap sesi pengujian lapangan.

Proses memunggah dan menunda unit utama Wave Energy Converter (WEC) dengan efektif dari daratan ke kawasan perairan pantai Bachok dan kembali semula ke daratan selepas setiap sesi pengujian lapangan adalah langkah penting dalam memastikan keberkesanan pengujian sistem ini.

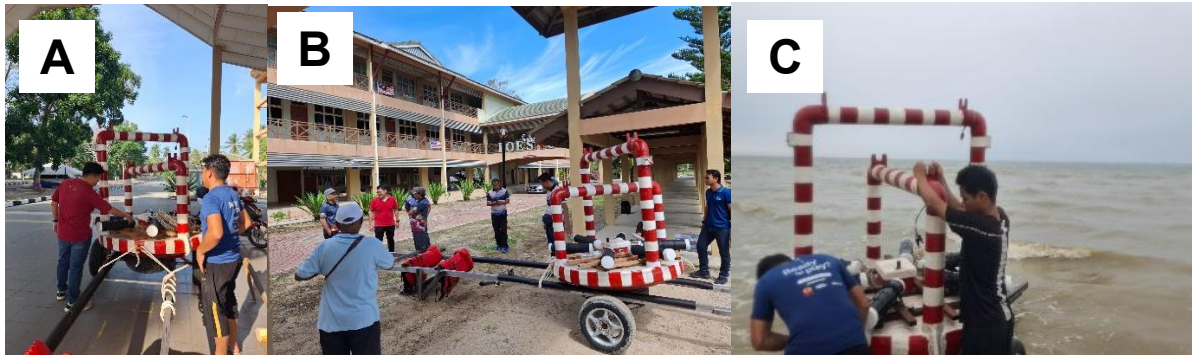
Langkah pertama adalah memunggah unit utama WEC ke kenderaan pengangkutan di daratan. Setiap komponen diperiksa semasa pemungghahan untuk memastikan ia berada dalam keadaan baik sebelum dipindahkan ke perairan. Gambarajah 8 menunjukkan proses persiapan dan pemungghahan WEC. Peugas membawa WEC ke laut menggunakan kenderaan pengangkutan (Gambarajah 8: C)

Setelah unit WEC dipungghah, ia ditunda ke kawasan perairan pantai Bachok. Proses ini melibatkan penarikan unit WEC ke lokasi pengujian di laut. Penundaan dilakukan dengan berhati-hati untuk mengelakkan sebarang kerosakan pada unit WEC atau peralatan lain. Keadaan laut dan cuaca juga dipantau untuk memastikan keselamatan semasa proses ini.

Di kawasan perairan, unit WEC dipasang dan diuji mengikut spesifikasi yang ditetapkan. Pengujian ini melibatkan pemantauan prestasi unit WEC dalam keadaan sebenar di laut. Data yang dikumpulkan semasa pengujian digunakan untuk menilai keberkesanan dan kecekapan sistem.

Selepas sesi pengujian selesai, unit WEC ditunda kembali ke daratan. Proses ini melibatkan langkah-langkah yang sama seperti semasa menunda ke perairan, tetapi dalam arah yang bertentangan. Unit WEC ditarik dengan berhati-hati ke pantai dan kemudian dipindahkan semula ke kenderaan pengangkutan untuk dibawa kembali ke stor penyimpanan di NAHRIM.

Proses memunggah dan menunda unit utama WEC dari daratan ke kawasan perairan pantai Bachok dan kembali semula ke daratan selepas setiap sesi pengujian lapangan adalah kritikal untuk memastikan pengujian dapat dijalankan dengan lancar dan selamat. Setiap langkah dalam proses ini memerlukan perancangan dan pelaksanaan yang teliti untuk memastikan keberkesanan dan keselamatan unit WEC serta peralatan lain yang terlibat.



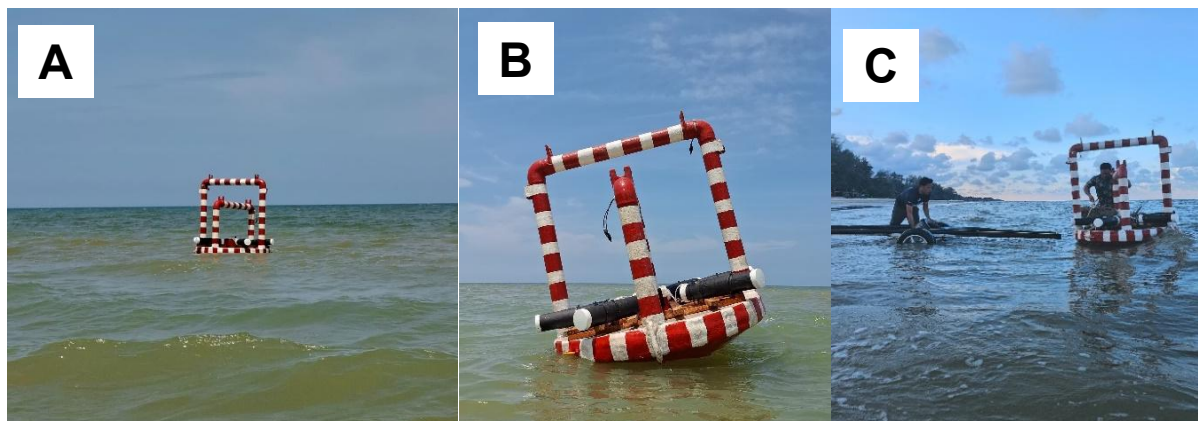
Gambarajah 8: Proses persiapan dan pemunggahan WEC

A) Proses persiapan WEC di garaj IOES. B) Staf NAHRIM dan IOES berkumpul untuk pemerhatian WEC di daratan.

C) Pemasangan sauh dan pemunggahan WEC ke laut

Untuk mengatasi cuaca yang ekstrem dan tidak menentu seperti ribut dan ombak kuat, WEC telah dilengkapi dengan ciri-ciri keselamatan lain seperti butiran hubungan yang berkaitan, informasi pemilikan, sauh dan sebagainya sebagai langkah berjaga-jaga.

Kaedah yang sama untuk memasang WEC telah digunakan untuk membawa untuk melaksanakan proses pengumpulan data (Gambarajah 9). Gambarajah 9: A menunjukkan keadaan WEC semasa ujian lapangan. Kecenderungan WEC mengaruhi tenaga elektrik terdapat dilambung ombak yang mengubah sudut kedudukannya (Gambarajah 9: B). Data direkodkan menggunakan Pencatat Data untuk memudahkan proses pemerolehan data serta untuk mengurangkan risiko-risiko yang tidak diingini. Setelah tamat sesi perekodan data, WEC ditunda naik ke darat semula menggunakan kaedah yang sama (Gambarajah 9: C).



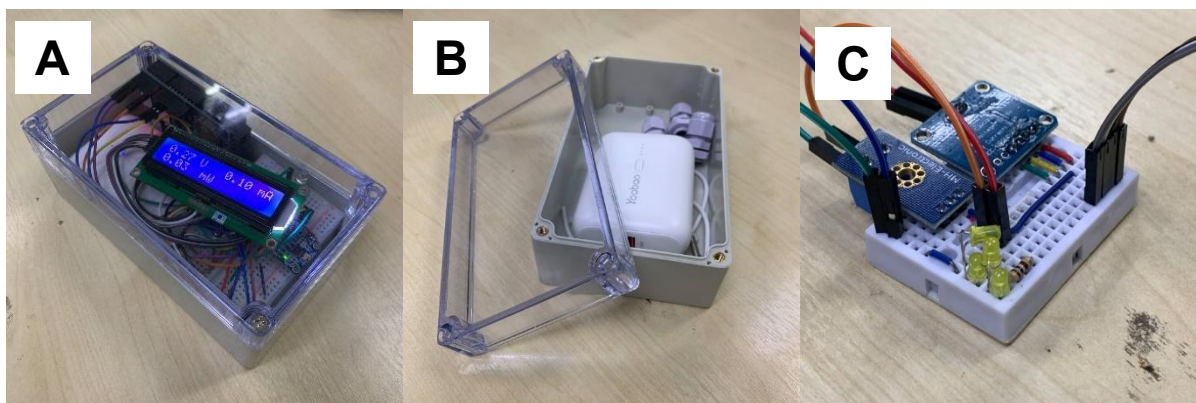
Gambarajah 9: Proses kutipan data WEC.

A) Keadaan WEC semasa ujian lapangan. B) Kecenderungan WEC mengaruhi tenaga elektrik apabila dilambung ombak yang mengubah sudut kedudukannya. C) Penundaan WEC ke darat oleh petugas.

MENJALANKAN KUTIPAN DATA PENJANAAN

Menjalankan kutipan data penjaan tenaga unit WEC meliputi 1 kitaran pasang surut (7 hari) sepanjang tempoh pengujian lapangan.

Komponen-komponen elektronik digunakan untuk proses pemerolehan data (Gambarajah 10) daripada Pencatat Data (Gambarajah 10: A), satu (1) kad SD telah digunakan untuk merekodkan data serta satu (1) bank kuasa (*powerbank*) (Gambarajah 10: B) boleh dicas semula digunakan untuk membekalkan tenaga kepada Pencatat Data tersebut untuk ujilari. Kad SD dimasukkan ke dalam komputer untuk diestrak data yang telah direkod didalamnya, disamping untuk mengesan jika WEC tersebut masih berfungsi dengan baik ataupun tidak. Penderia Voltan dan Arus INA219 (Gambarajah 10: C) juga telah digunapakai untuk merekodkan voltan dan arus teraruh yang telah dihasilkan WEC sepanjang tempoh ujilari di laut.



Gambarajah 10: Komponen-komponen elektronik untuk WEC.

A) Pencatat Data yang akan merekod Arus dan Voltan Teraruh dihasilkan dengan WEC.

B) Power bank yang membekalkan kuasa kepada pencatat data untuk menjalankan fungsinya.

C) Litar Pencatat Data yang mengandungi penderia voltan dan arus INA219.

MEMANTAU KEBERADAAN WEC DI LAUT

Menjalankan pemantauan keberadaan unit WEC di laut secara berkala melalui kaedah dron dan pemantauan visual

Proses pemantauan keberadaan unit Wave Energy Converter (WEC) di laut adalah penting untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik dan selamat sepanjang tempoh pengujian. Pemantauan ini dilakukan secara berkala menggunakan kaedah dron dan pemantauan visual.

Dron digunakan untuk memantau unit WEC dari udara, memberikan pandangan menyeluruh dan terperinci tentang keadaan unit di laut. Dron dilengkapi dengan kamera beresolusi tinggi yang dapat menangkap gambar dan video secara real-time. Ini membolehkan pasukan pemantau mengesan sebarang masalah seperti kerosakan struktur atau pergerakan yang tidak normal. Dron juga dapat mencapai kawasan yang sukar diakses, memastikan pemantauan yang komprehensif.

Selain menggunakan dron, pemantauan visual juga dilakukan oleh pasukan pemantau dari menara tinjau atau kapal yang berdekatan. Pemantauan visual ini penting untuk mengesahkan data yang diperoleh dari dron dan memberikan penilaian langsung terhadap keadaan unit WEC. Pasukan pemantau akan mencatat sebarang perubahan atau anomali yang diperhatikan dan mengambil tindakan segera jika diperlukan.

Pemantauan dilakukan secara berkala mengikut jadual yang telah ditetapkan. Ini memastikan bahawa sebarang isu dapat dikesan dan ditangani dengan cepat sebelum menjadi masalah yang lebih besar. Kekerapan pemantauan bergantung kepada keadaan cuaca dan laut, serta tahap risiko yang dihadapi oleh unit WEC.

Dengan menggunakan kaedah dron dan pemantauan visual, pasukan pemantau dapat memastikan keberadaan dan keadaan unit WEC di laut sentiasa dalam keadaan baik. Pemantauan berkala ini adalah langkah penting dalam memastikan keselamatan dan keberkesanan sistem WEC sepanjang tempoh pengujian lapangan.



Gambarajah 11 : WEC dipantau secara berkala di kawasan laut



Gambarajah 12: Pemantauan WEC di laut secara berkala

A) Pemantauan WEC menggunakan dron

B) Pemantauan WEC dari menara tinjau.



Gambarajah 13: Pandangan dekat WEC menggunakan dron.

MENYEDIAKAN FASILITI PENYIMPANAN DAN PEMBERSIHAN

Penyediaan fasiliti penyimpanan dan pembersihan untuk unit dan komponen Wave Energy Converter (WEC) di lokasi IOES Universiti Malaya, Bachok, adalah langkah penting untuk memastikan peralatan berada dalam keadaan baik sebelum dan selepas sesi pengujian lapangan. Lokasi ini dipilih kerana kemudahannya yang lengkap dan kedudukannya yang strategik berdekatan dengan Laut China Selatan.

Kriteria utama pemilihan lokasi penyimpanan yang sesuai di IOES UM Bachok ialah lokasi ini haruslah kering, bersih, dan selamat daripada sebarang kerosakan atau pencemaran. Rak dan bekas penyimpanan yang sesuai digunakan untuk menyusun komponen-komponen WEC. Setiap komponen disusun mengikut kategori dan fungsinya untuk memudahkan akses dan pengurusan.

Sebelum penyimpanan, setiap komponen WEC dibersihkan daripada sebarang kotoran, garam laut, dan bahan-bahan lain yang mungkin melekat semasa pengujian lapangan. Bahan pembersih yang sesuai digunakan untuk menghilangkan garam laut dan kotoran tanpa merosakkan bahan komponen. Selepas pembersihan, komponen dikeringkan dengan teliti untuk mengelakkan sebarang kelembapan yang boleh menyebabkan karat atau kerosakan lain. Pengeringan boleh dilakukan dengan menggunakan udara panas atau kain bersih.

Setelah dibersihkan dan dikeringkan, setiap komponen diperiksa sekali lagi untuk memastikan ia benar-benar bersih dan kering. Sebarang kerosakan kecil yang ditemui semasa pemeriksaan ini diperbaiki sebelum penyimpanan. Komponen yang telah dibersihkan dan diperiksa disusun di rak atau bekas penyimpanan yang telah disediakan. Penyusunan dilakukan dengan teliti untuk memastikan setiap komponen berada dalam keadaan yang selamat dan mudah diakses.

Fasiliti penyimpanan dan komponen WEC diperiksa secara berkala untuk memastikan tiada kerosakan atau pencemaran yang berlaku semasa penyimpanan. Pemeriksaan ini membantu dalam mengesan sebarang masalah awal dan mengambil tindakan pembaikan yang diperlukan. Fasiliti penyimpanan juga diselenggara secara berkala untuk memastikan ia sentiasa dalam keadaan baik dan sesuai untuk menyimpan komponen WEC.

Dengan langkah-langkah ini, fasiliti penyimpanan dan pembersihan yang disediakan di IOES UM Bachok dapat memastikan unit dan komponen WEC berada dalam keadaan optimum sebelum dan selepas sesi pengujian lapangan. Ini memanjangkan jangka hayat peralatan dan memastikan keberkesanan pengujian.



Gambarajah 14 : WEC diletakkan di kawasan yang berbumbung dan mudah diakses menjadikannya mudah untuk diselenggara termasuk kerja-kerja pembersihan

MENYISIH, MENGKOMPILASI DAN MENYIMPAN DATA

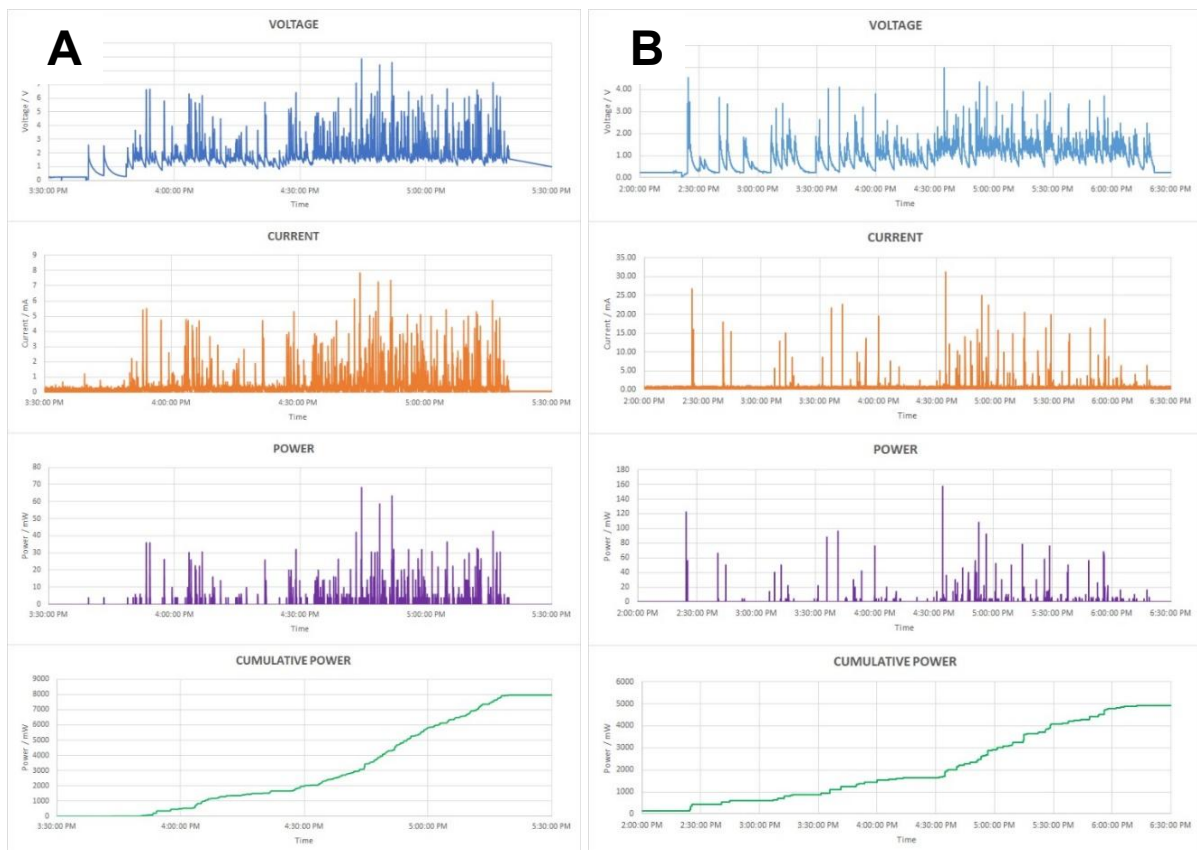
Mengkompilasi, menyisih dan menyimpan data-data yang telah dikutip secara selamat

Graf dibawah pada Gambarajah 15 dan Gambarajah 16 menunjukkan voltan dan arus teraruh yang dihasilkan oleh WEC semasa menukar tenaga kinetik daripada ombak kepada tenaga elektrik yang boleh digunakan. Kuasa yang dijana oleh WEC adalah dengan formula:

$$\text{Kuasa } (W) = \text{Arus teraruh } (A) \times \text{Voltan teraruh } (V)$$

Apabila WEC telah berada ditempat yang ditetapkan, voltan dan arus teraruh mencapai kestabilan sepanjang ujian lapangan kecuali terdapat sedikit penurunan dan lonjakan pada graf. Ini kerana paras air laut sedang menurun dan ombak pecah akan bergerak sedikit demi sedikit mendekati WEC menyebabkan lonjakan kecil pada graf. Lalu WEC akan dialihkan jauh dari ombak pecah iaitu kearah paras air laut yang lebih dalam di mana ombak pada paras tersebut tidak seberapa kuat menyebabkan terdapat penurunan sedikit pada graf sebelum ia mula stabil semula. Proses ini berulang semula sehingga tamatnya ujian lapangan dan WEC dibawa semula ke tepi pantai untuk dipunggah masuk ke IOES. Trend penurunan secara mendadak pada hujung graf jelas kelihatan kerana WEC tidak lagi berada diatas air/ombak.

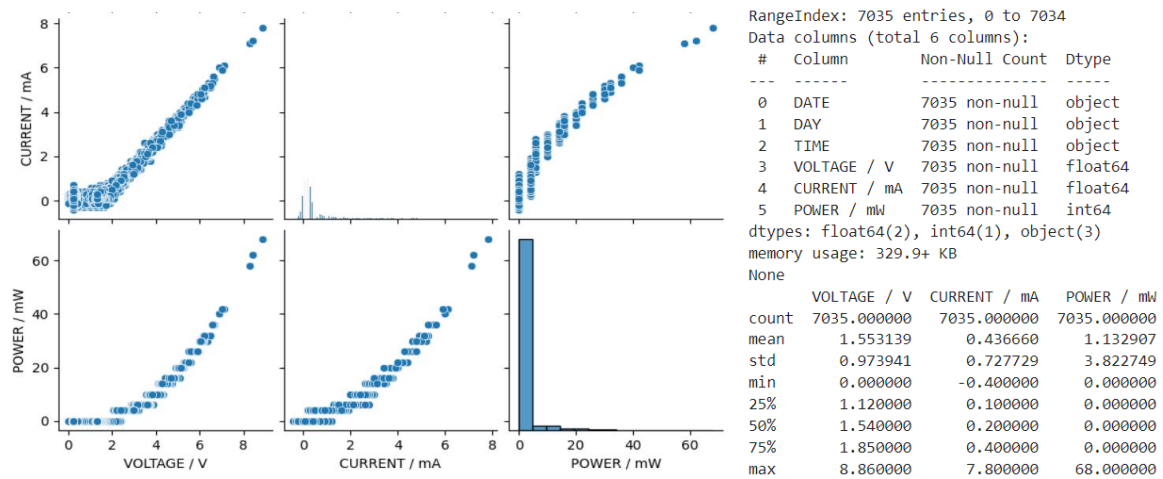
Ujian lapangan selama 7 hari yang dijalankan untuk mengukur prestasi Wave Energy Converter (WEC) telah menunjukkan keberkesanan yang tinggi dalam pengumpulan data. Sepanjang tempoh ini, persampelan yang teliti telah dilakukan setiap hari untuk memastikan ketepatan dan konsistensi data yang diperoleh.



Gambarajah 15: Graf Data Ujian Lapangan

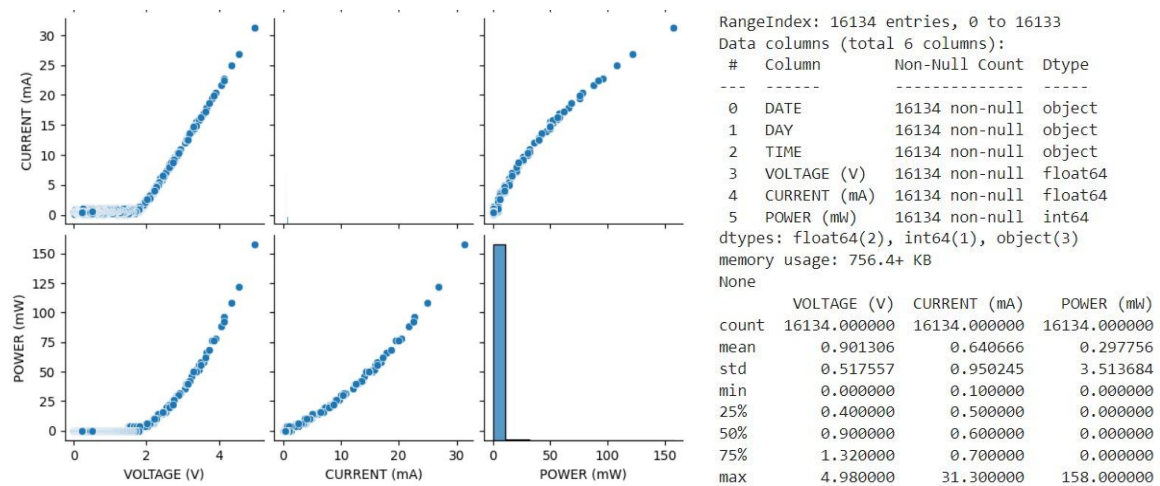
A) Graf Data Ujian Lapangan pada 24/09/2024

B) Graf Data Ujian Lapangan pada 25/09/2024



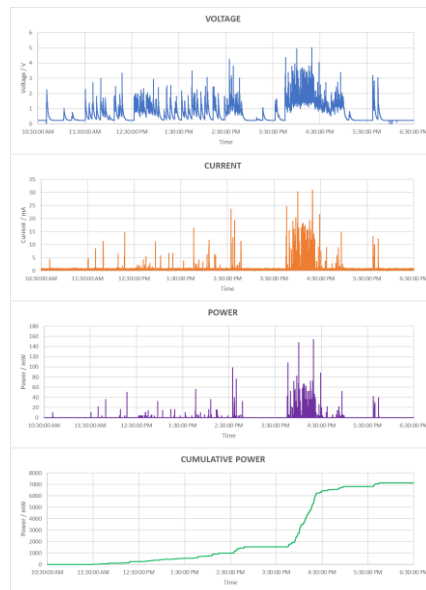
Gambarajah 16: Analisa data menggunakan pembelajaran mesin (Machine Learning), bagi tarikh 24/09/2024

Data bersampel pada 24/09/2024 menunjukkan purata voltan teraruh, arus teraruh dan kuasa yang dijana per jam oleh WEC untuk ujian lapangan adalah 1.5531 V, 0.4367 mA dan 1.1329 mW masing-masing.



Gambarajah 17: Analisa data menggunakan pembelajaran mesin (Machine Learning), bagi tarikh 25/09/2024

Data bersampel pada 25/09/2024 menunjukkan purata voltan teraruh, arus teraruh dan kuasa yang dijana per jam oleh WEC untuk ujian lapangan adalah 0.9013 V, 0.6407 mA dan 0.2978 mW masing-masing.



Gambarajah 18: Graf Data Bersampel Ujian Lapangan pada 26/09/2024

Pemerhatian Utama

- Sepanjang ujian lapangan, Voltan turun naik antara julat purata 0.9-1.5 V, Arus pada julat 0.4-0.6 mA, dan Kuasa pada julat 0-1.1 mW.
- Penjana kuasa sangat berbeza bergantung pada masa hari disebabkan oleh kekuatan, kekerapan dan perubahan corak gelombang pada setiap jam.

Persampelan harian yang dilakukan sepanjang 7 hari ini membolehkan para penyelidik mendapatkan gambaran yang jelas tentang prestasi WEC dalam pelbagai keadaan cuaca dan laut. Data yang konsisten ini juga membuktikan bahawa metodologi persampelan yang digunakan adalah tepat dan boleh dipercayai.

Secara keseluruhannya, ujian lapangan ini telah berjaya mengutip data yang diperlukan dengan baik. Keputusan yang diperoleh bukan sahaja menunjukkan prestasi WEC yang stabil tetapi juga memberikan keyakinan bahawa teknologi ini berpotensi untuk digunakan dalam aplikasi sebenar. Dengan data yang spesifik dan terperinci ini, langkah seterusnya dalam pembangunan dan penambahbaikan WEC dapat dilakukan dengan lebih berkesan.

Kesimpulan

Secara keseluruhannya, projek ini melibatkan proses pengangkutan dan pemasangan peralatan serta komponen yang berkaitan untuk tujuan ujilari lapangan di perairan Negeri Kelantan, khususnya di Pantai Melawi, Bachok. Aktiviti-aktiviti yang dilaksanakan termasuk mengumpul, membersihkan, pemasangan peralatan di NAHRIM; menghantar peralatan melalui pengangkutan darat dan laut ke lokasi kajian; serta pemantauan dan kutipan data. Hasil daripada projek ini menunjukkan bahawa ujian lapangan telah berjalan dengan lancar dan data yang diperoleh memberikan gambaran mengenai potensi WEC sebagai salah satu sumber tenaga boleh diperbaharui di negara ini, serta penambahbaikan yang perlu dilaksanakan untuk meningkatkan keberkesannya.

MENYEDIA DAN MENGHANTAR LAPORAN

Menyedia dan menghantar laporan bergambar meliputi item (1) hingga (8) secara hard copy mengikut format yang diluluskan oleh NAHRIM.

1. Menghantar data-data yang telah dikompilasi melalui media storan mudah alih USB

Data-data yang telah dikompilasi sepanjang ujian lapangan telah berjaya dimuatnaik melalui media storan mudah alih USB. Proses ini melibatkan pemindahan data ke dalam USB dengan teliti, memastikan semua fail yang diperlukan disalin dengan betul. Dengan langkah-langkah ini, data kini disimpan dengan selamat dalam USB dan sedia untuk digunakan atau dianalisis lebih lanjut.

2. Cadangan Penambahbaikan:

Setelah melakukan ujian lapangan dan dengan data yang telah diperolehi, terdapat beberapa cadangan penambahbaikan yang boleh dilakukan terhadap WEC agar penjanaan tenaga di masa hadapan lagi berimpak tinggi dan memberi kesan yang lebih signifikan. Senarai cadangan penambahbaikan yang boleh diambil kira untuk meningkatkan keberkesanan WEC adalah seperti berikut:

Mengoptimumkan Konfigurasi Lilitan Dawai Kuprum

Meningkatkan bilangan lilitan kuprum sekeliling tiub dan menambah baik susunan lilitan gegelung dapat meningkatkan kecekapan penukaran tenaga dengan signifikan. Menggunakan simulasi komputer seperti *Finite Element Analysis* (FEA) membantu mengenal pasti reka bentuk gegelung yang optimum untuk memaksimumkan interaksi medan magnet dengan gegelung. Konfigurasi yang lebih baik akan menghasilkan induksi elektromagnet yang lebih kuat dan arus teraruh yang lebih tinggi, seterusnya meningkatkan keluaran kuasa keseluruhan sistem WEC.

Menggunakan Magnet Gred Tinggi dan Susunan Halbach

Penggunaan magnet Neodymium gred tinggi (seperti gred N52) dapat menghasilkan medan magnet yang lebih kuat, meningkatkan fluks magnet dan seterusnya jumlah arus teraruh. Untuk meningkatkan lagi efisiensi medan magnet, susunan Halbach boleh digunakan. Susunan ini menguatkan medan magnet di satu sisi sambil meminimumkan medan di sisi lain, memfokuskan fluks magnet melalui gegelung dengan lebih berkesan dan mengurangkan kehilangan tenaga.

Meminimumkan Jarak Antara Magnet dan Gegelung Kuprum

Mengurangkan jarak antara magnet dan gegelung kuprum boleh meningkatkan interaksi fluks magnet dengan gegelung. Jarak yang lebih kecil memastikan pengaliran magnetik yang lebih baik, menghasilkan arus teraruh lebih tinggi dan efisiensi sistem yang lebih baik. Teknik penjarangan dan pembuatan yang tepat boleh digunakan untuk mencapai jarak minimum dan konsisten, sekaligus mengekalkan penukaran tenaga yang optimum walaupun dalam keadaan operasi yang berbeza.

Menggunakan Tiub Tertutup yang Divakum untuk Mengurangkan Rintangan Udara

Meletakkan magnet dalam tiub tertutup vakum dapat mengurangkan rintangan udara, mengurangkan geseran semasa pergerakan magnet. Ini membolehkan pergerakan magnet yang lebih bebas dengan ayunan yang lancar, mengekalkan tenaga kinetiknya dan menghasilkan arus teraruh lebih tinggi. Penambahbaikan reka bentuk ini amat berkesan dalam menangkap tenaga daripada ombak beramplitud rendah, di mana pengurangan geseran terus meningkatkan penjanaan kuasa.

Pengoptimuman Reka Bentuk yang Berfokuskan Sifat Ombak

Geometri WEC boleh direka lebih khusus untuk menggunakan sifat-sifat ombak yang spesifik mengikut profil ombak yang di pesisir pantai Malaysia. Apabila geometri WEC dapat menggunakan bentuk dan pergerakan ombak yang spesifik, goyangan WEC itu sendiri dapat diperkuatkan tanpa memerlukan tenaga ombak yang tinggi membolehkan arus elektrik teraruh meningkat. Aspek ini akan melibatkan saiz dan dimensi struktur apungan, pengagihan berat yang optimum, interaksi dinamik struktur apungan apabila dilambung dengan berbagai jenis bentuk dan pergerakan ombak untuk membolehkan penjanaan tenaga yang maksimum dapat dicapai.

Lampiran



Gambarajah 19: Mengangkut WEC dari Makmal Hidraulik dan Instrumentasi NAHRIM



Gambarajah 20: Tenaga kerja yang diperlukan untuk mengangkat WEC adalah minimum 2 orang.



Gambarajah 21: WEC telah dipunggah ke lori penghantar untuk dipindahkan semula ke NAHRIM.



Gambarajah 22: Gambar pihak NAHRIM, IOES bersama WEC sebelum pengujian lapangan



Gambarajah 23: Perjumpaan bersama pihak IOES dan NAHRIM



Gambarajah 24: Keadaan WEC semasa ujian lapangan.



Gambarajah 25: Pasukan penyelidik bersama pihak NAHRIM dan IOES UM