

SISTEM PEMANTAUAN KUALITI AIR MENGGUNAKAN RANGKAIAN LORA

Chan Jian Siang^{1*}, Azana Hafizah Mohd Aman²

*Fakulti Teknologi & Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi,
Selangor Darul Ehsan, Malaysia*

ABSTRAK

Pencemaran alam sekitar telah berlaku sejak beberapa dekad yang lalu. Pencemaran udara, pencemaran air dan pencemaran tanah merupakan tiga pencemaran utama yang berlaku di Bumi kita kerana kerenah manusia. Meskipun teknologi semakin maju, pencemaran baharu telah dibangkit seperti pencemaran bunyi dan pencemaran cahaya. Walaupun penciptaan teknologi telah berusaha dalam menghasilkan barangan mesra alam atau mewujudkan kesedaran terhadap isu tersebut, malah masih tidak berjaya sepenuhnya. Pencemaran air ialah antara pencemaran yang sukar diatasi akibat kesukaran untuk mengesaninya. Sesetengah daripada pencemaran tersebut tidak dapat dikesan secara awal sehingga menyebabkan impak negatif terhadap alam semula jadi yang tidak boleh ditarik balik, seperti pembuangan minyak secara haram ke dalam laut, tumpahan minyak dan lain-lain. Ini boleh menyebabkan kesan buruk bukan sahaja terhadap hidupan akuatik, tetapi juga terhadap manusia apabila kita makan makanan laut. Oleh itu, sistem ini dicipta untuk menangani pencemaran air secara khusus dengan mendapatkan data menggunakan penderia untuk pH, kekeruhan dan suhu. Data-data tersebut kemudiannya akan dihantar ke telefon pintar pengguna dalam masa nyata melalui rangkaian LoRa kerana kebolehan rangkaian menghantar data melalui jarak yang jauh. Sebarang bacaan data yang mencurigakan akan dimaklumkan kepada pengguna, pada masa yang sama pengguna dapat memaklumkan pihak berkuasa agar dapat mengambil tindakan segera bagi mengurangkan kesan negatifnya terhadap air. Rangkaian LoRa menjadi pilihan utama untuk membantu dalam penghantaran data kerana ia dapat berfungsi dalam jarak yang jauh.

Kata Kunci: LoRa, IoT, Pencemaran Air

Pengenalan

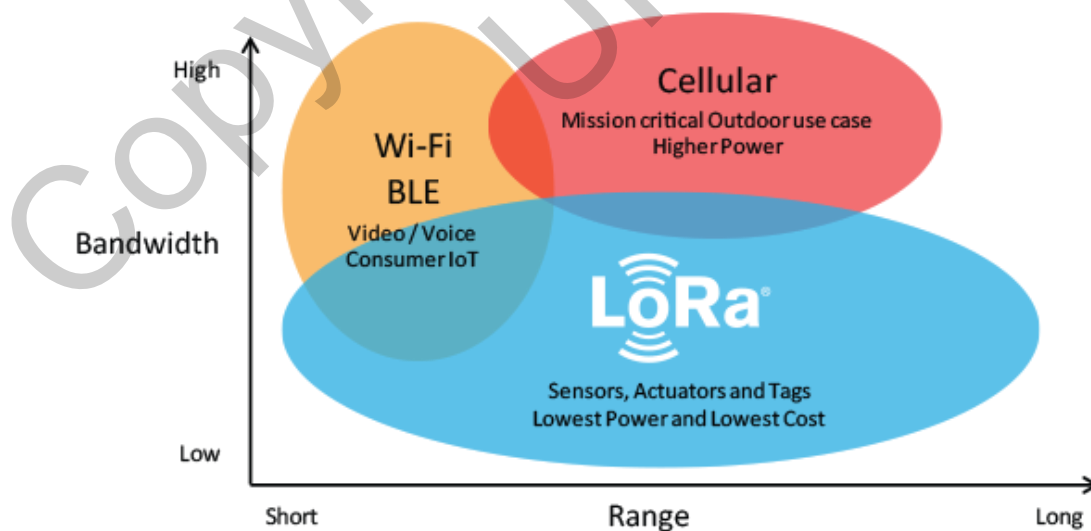
Pencemaran alam sekitar telah berlaku sejak beberapa dekad yang lalu. Pencemaran udara, pencemaran air dan pencemaran tanah merupakan tiga pencemaran utama yang berlaku di bumi kita. Walaupun kita bergantung terhadap bumi kita untuk menerusi kehidupan, karenah manusia telah menjadi punca utama berlakunya pencemaran alam sekitar demi keuntungan sendiri. Sebagai contoh, penggunaan plastik merupakan sebab berlakunya pencemaran plastik yang telah membunuh sebanyak sejuta haiwan-haiwan liar setiap tahun (Laura 2019).

Kini, teknologi semakin maju dalam mencipta gajet yang dapat membantu menyelesaikan banyak masalah. Namun, pencemaran alam sekitar masih sukar diatasi secara keseluruhan. Pencemaran air merupakan salah satu pencemaran yang sukar diatasi kerana kesukaran dalam proses pengesanan. Pada masa pencemaran tersebut telah dikesan, keadaan tersebut telah berada di tahap yang sukar atau mustahil untuk diperbaiki, dan menyebabkan kerosakan teruk terhadap keadaan air kita. Salah satu ialah pertumpahan cecair terma ke dalam sungai, tasik dan sebagainya (Laura 2019).

Pencemaran air telah menimbulkan banyak kesan negatif terhadap banyak pihak. Salah satu merupakan haiwan aquatik. Ia dijejas secara langsung dengan bilangannya telah berkurang sebanyak 83 peratus sejak 50 tahun yang lalu. (Manish 2022) Selain itu, pencemaran air juga menyebabkan beberapa penyakit kepada manusia seperti cirit-birit, penyakit gastrousus dan sebagainya (Li et al. 2022).

Internet Pelbagai Benda (IoT) merupakan komunikasi antara peranti elektrik serta penerima atau sesama diri melalui Internet. Kini, IoT telah meresap ke dalam kebanyakan aspek kehidupan kita dengan meningkatkan kualiti kehidupan dari segi kecekapan, kepintaran dan kemudahan. Dengan IoT, ia memberi penyelesaian tugas secara automasi dengan penggunaan penerima yang mengesan persekitaran dan mengirim data tersebut ke peranti lain serta manusia untuk membuat langkah yang sepatutnya. Kebiasaannya, peranti-peranti tersebut menggunakan bateri dan dapat berkomunikasi secara jarak jauh.

LoRa merupakan teknik modulasi radio menggunakan proprietari fizikal. Ia dicipta oleh Cycleo dan kemudian dimiliki oleh syarikat yang bernama Semtech (Camarillo 2012). Teknologi LoRa menggunakan teknik modulasi CSS (Chirp Spread Spectrum) yang menghantar data melalui gelombang radio dengan cara chirp pulses (Wikipedia 2022) (Semtech t.th.). LoRa dapat digunakan oleh mana-mana pihak kerana ia beroperasi di pita yang tidak berlesen.



Rajah 1 Perbezaan LoRa dan Rangkaian Tanpa Wayar

Dari Rajah 1, kita boleh dapati bahawa LoRa mempunyai jarak ketersambungan tinggi yang membolehkan penghantaran data secara jauh. Walau bagaimanapun, ia hanya dapat

membuat penghantaran data kecil kerana jalur lebarnya yang rendah. Namun demikian, ramai yang masih memilih LoRa kerana kegunaan tenaga yang rendah, ia didapati bahawa bateri sembilan volt dapat memberi tenaga untuk LoRa berfungsi sebanyak 10 tahun (Michael 2017). Tambahan pula, kos untuk kegunaan LoRa adalah rendah dan mampu milik oleh kebanyakan orang.

Pencemaran air merupakan kejadian apabila keadaan air mempunyai perubahan dari aspek kandungan dan warna serta mempunyai bahan kimia akibat bahan-bahan pencemar (Wikipedia 2022). Terdapat dua jenis pencemaran air iaitu point source dan non-point source. Point source merupakan pencemaran yang datang dari satu sumber sahaja manakala non_point source ialah pencemaran yang terdiri daripada beberapa sumber. Oleh itu, non-point source lebih sukar untuk mengenalpasti sumber pencemarannya berbanding dengan point source akibat kepelbagaian sumber pencemaran yang berbeza antara satu sama lain.

Pencemaran air telah menimbulkan banyak kesan negatif terhadap banyak pihak. Salah satu merupakan haiwan akuatik. Ia dijejaskan secara langsung dengan bilangannya telah berkurang sebanyak 80 hingga 85 peratus sejak 50 tahun yang lalu (Manish 2022). Selain itu, pencemaran air juga menyebabkan beberapa penyakit kepada manusia seperti cirit-birit, penyakit gastrousus dan sebagainya (Li et al. 2022).

Objektif untuk kajian tersebut ialah bertujuan untuk membangunkan sistem yang dapat mengesan berlakunya pencemaran air dari jarak jauh serta menguji sistem melalui kaedah penilaian yang sesuai dari segi analisis teknikal serta penggunaannya samada mencapai tahap yang dijangka.

Skop kajian tersebut ialah sistem yang dibangunkan dapat mengesan perubahan dalam kualiti air melalui tiga sensor iaitu pH, kekeruhan dan suhu dengan memberi isyarat terhadap aplikasi melalui rangkaian LoRa secara masa nyata. Sistem tersebut dapat digunakan oleh kedua-dua OS iaitu iOS serta Android. Pada masa yang sama, sistem tersebut dapat diletakkan di tempat seperti tepi sungai dan kolam dengan jarak sebanyak 100m atau lebih. Apabila disyaki perubahan tersebut merupakan pencemaran air, pihak berkuasa dapat dimaklumkan oleh pengguna dan bertindak dengan segera untuk menyelesaikan isu tersebut. Pada masa yang sama, terdapat juga kekangan yang timbul sepanjang pembangunan projek tersebut. Salah satu kekangan ialah kekurangan informasi terhadap kegunaan rangkaian LoRa dari pihak yang pakar dalam teknologi tersebut. Selain itu, ilmu-ilmu teknikal tentang rangkaian tersebut juga memerlukan tahap kepakaran yang tertentu untuk memahaminya secara keseluruhan.

Sorotan kesusasteraan untuk projek tersebut telah dilakukan mengenai sistem pemantauan kualiti air. Salah satunya ialah kajian Chengcheng et al. (2020) yang membangunkan sistem yang menggunakan sensor untuk mendapatkan maklumat kualiti air melalui rangkaian Wi-Fi. Pada awal proses, maklumat-maklumat yang diambil daripada sensor sistem seperti nilai pH, kekeruhan serta suhu, akan dihantar ke pengawal mikro, modul STM32 untuk mengemaskan isyarat analog ke isyarat digital. Data-data tersebut akan dihantar ke Internet melalui rangkaian Wi-Fi dengan menggunakan modul ESP8266 yang membolehkan pengawal mikro untuk membuat sambungan dengan Internet. Pada masa yang sama, data-data tersebut akan disimpan dalam pangkalan data awan dan boleh diakses oleh telefon pintar atau komputer yang mempunyai perisian sistem tersebut dengan bantuan sambungan Internet. Tambahan pula, sistem tersebut juga boleh menetapkan penggera apabila data tersebut menjadi luar biasa. Seterusnya ialah Qiuchan et al. (2020) yang menggunakan sensor untuk mengesan keadaan kualiti air tersebut dan membuat transmisi data melalui rangkaian ZigBee. Data tersebut mengandungi maklumat terhadap kualiti air seperti nilai pH dan suhu serta diproses

oleh modul STM8 untuk mengatasi masalah isyarat data yang lemah. Seterusnya, data-data tersebut akan dihantar ke komputer melalui penyelar ZigBee dengan bantuan modul CC2530 dalam jarak yang dekat. Dalam sistem tersebut, komputer dapat menerima serta menganalisis data tersebut dalam masa nyata dan memaparkan hasil data tersebut atas skrin. Pada masa yang sama, sistem tersebut juga menggunakan module GSM untuk menghantar hasil data yang diperolehi ke telefon bimbit melalui SMS.

Metodologi untuk kajian tersebut telah menggunakan Model Air Terjun. Tujuan kegunaan model tersebut kerana ia senang serta mudah untuk digunakan dan memahaminya. Metodologi kajian akan menjelaskan tentang pendekatan serta proses untuk membangunkan sistem tersebut.

Sebagai umum untuk laporan tersebut, ia telah disusun dalam tiga bahagian iaitu metodologi kajian, keputusan dan perbincangan dan kesimpulan. Ketiga-tiga bahagian tersebut akan memberikan penjelasan yang lebih terperinci tentang projek yang dibangunkan.

Metodologi Kajian

Model Methodologi yang dipilih untuk menjalankan projek ini ialah Model Air Terjun. Model Air Terjun merupakan antara model methodologi yang terawal. Model ini diguna secara rapat kerana senang dan mudah untuk digunakan serta memahaminya. Ciri yang utama bagi model tersebut ialah setiap fasa dijalankan secara berurutan linear. Oleh itu, setiap fasa haruslah disiapkan secara sempurna sebelum memasuki ke fasa yang kemudiannya.

Fasa perancangan merupakan fasa pertama bagi Model Air Terjun. Dalam fasa ini, perancangan dalam membangunkan projek tersebut telah dibuat dengan jelas untuk mengenal pasti objektif, pernyataan masalah, kekangan, skop dan sebagainya. Perancangan harus dibuat

secara teliti supaya projek dapat diteruskan secara lancar. Dengan ini, usulan projek merupakan produk bagi fasa ini dengan mempunyai segala informasi tentang perancangan projek tersebut.

Analisis haruslah dibuat sebelum menjalankan sesuatu projek. Fasa analisis penting bagi pengumpulan maklumat untuk projek yang dilakukan. Dengan kaedah analisis yang teliti, kita dapat lebih memahami keperluan-keperluan untuk projek yang dilakukan bagi memenuhi keperluan serta kemahuan pengguna. Analisis yang dilakukan ialah isu-isu pencemaran air yang berlaku di dunia serta kekerapannya. Pada masa yang sama, analisis terhadap sistem yang sedia ada juga dilakukan untuk mengetahui kelemahan-kelemahannya dan cara-cara untuk menambah baik sistem tersebut melalui projek ini. Selain itu, analisis terhadap kos untuk projek juga amat penting untuk membuat anggaran terhadap kos sepanjang tempoh projek tersebut. Ia merangkumi dua kos berbeza iaitu kos langsung dan tidak langsung. Kos langsung ialah perbelanjaan yang digunakan untuk menghasilkan projek tersebut, seperti bahan mentah, mesin dan sebagainya. Manakala, kos tidak langsung ialah perbelanjaan secara tidak langsung yang digunakan dalam sepanjang tempoh projek seperti minyak kereta, tol, bayaran internet dan lain-lain.

Fasa reka bentuk merupakan fasa yang mengenal pasti bagaimana sistem tersebut akan berjalan. Sistem tersebut haruslah dipertimbangkan dari segi perkakasan, rangkaian, perisian dan sebagainya. Hal ini penting kerana kegunaan sistem tersebut berkait rapat dengan semua aspek yang dinyatakan. Sebarang kesilapan dalam fasa ini dapat mempengaruhi fungsi sistem tersebut secara keseluruhan.

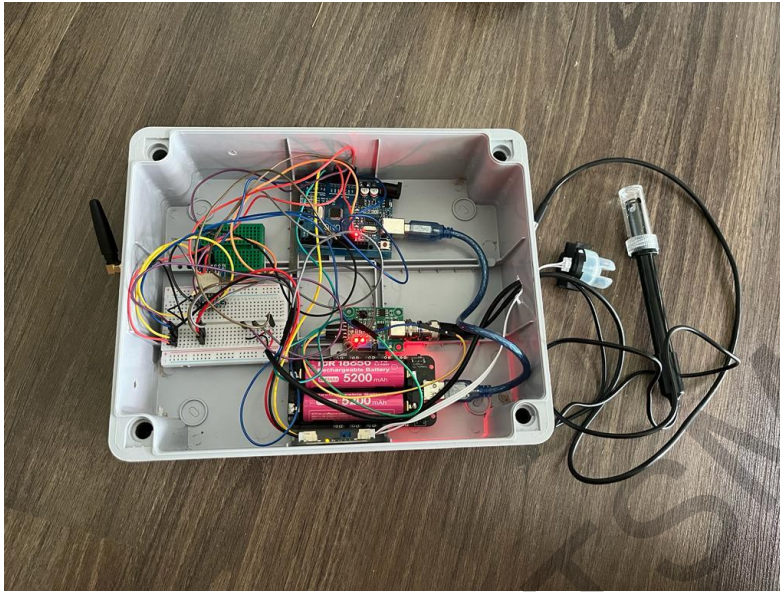
Fasa implementasi telah dibuat dengan menguji sistem ini secara unit untuk memastikan setiap unit dapat berfungsi secara lancar dan mencapai keperluan projek ini yang ditentukan pada fasa analisis. Pada masa yang sama, fasa ini dijalankan untuk mengenal pasti

sebarang masalah yang dihadapi oleh sistem tersebut supaya pembetulan dapat dilakukan untuk memastikan sistem tersebut dapat berfungsi seperti yang direkabentukkan.

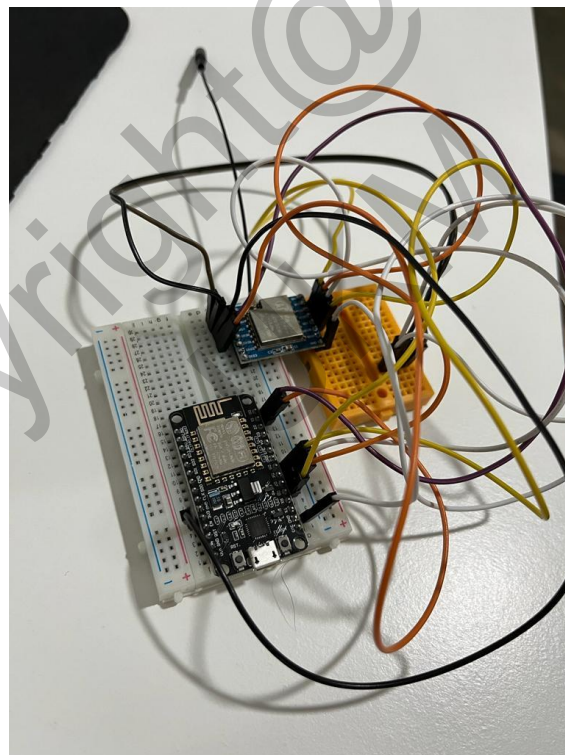
Fasa pengujian dibuat dengan menguji sistem ini secara keseluruhan untuk memastikan integrasi antara unit-unit di fasa implementasi. Pada masa yang sama, fasa ini juga merupakan pihak penyelia serta pemegang taruh untuk menguji sistem tersebut untuk memastikan ia mencapai objektif yang dinyatakan dan memenuhi keperluan pengguna.

Keputusan dan Perbincangan

Sistem Pemantauan Kualiti Air menggunakan Rangkaian LoRa dibangunkan melalui dua sistem berbeza iaitu penghantar dan penerima sistem seperti Rajah 2 dan Rajah 3. Penghantar sistem merangkumi Arduino Uno Rev3 sebagai pengawal mikro, dengan sensor pH, sensor kekeruhan serta sensor suhu disambung ke atas pengawal mikro tersebut. Penerima sistem pula menggunakan Node MCU1.0 ESP8266 sebagai pengawal mikro. Kedua-dua sistem tersebut menggunakan Modul LoRa SX1278 sebagai sambungan rangkaian antara kedua-dua sistem tersebut. Pada masa yang sama, sistem tersebut juga menggunakan bahasa pengaturanan C/C++ dalam pengekodan sistem melalui perisian Arduino IDE.



Rajah 2 Penghantar Sistem



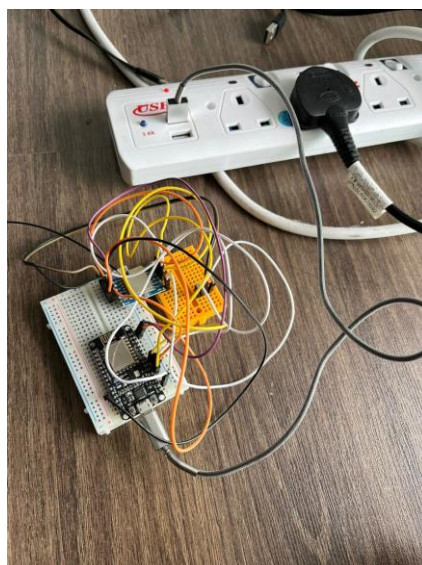
Rajah 3 Penerima Sistem

Bagi penggunaan sistem tersebut, pengguna haruslah membuka suis sistem tersebut dahulu pada penghantar sistem. Suis tersebut terletak di bahagian bateri seperti dalam Rajah 4.

Pada masa yang sama, penerima sistem juga harus disambung ke mana-mana sumber tenaga elektrik seperti Rajah 5.

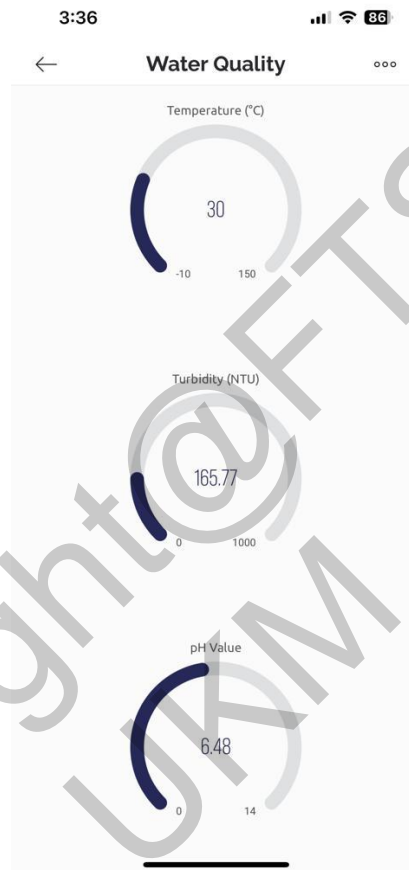


Rajah 4 Suis Bateria



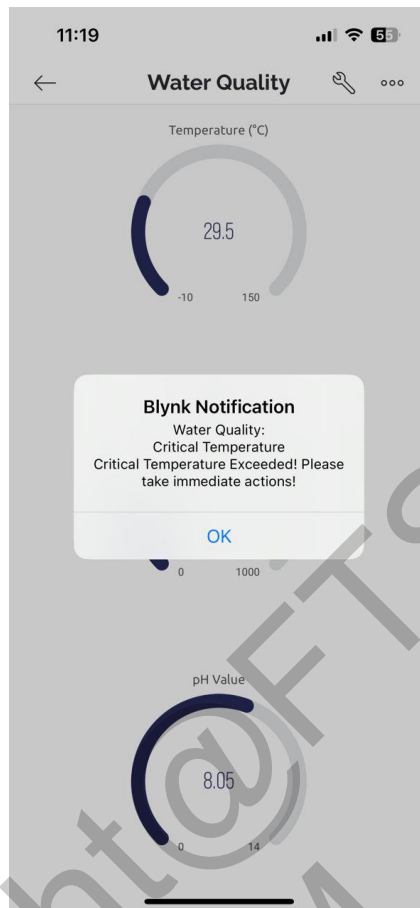
Rajah 5 Sambungan Penerima Sistem ke Sumber Tenaga Elektrik

Dalam antara muka perisian Blynk, pengguna dapat melihat nilai-nilai kualiti air yang dipaparkan seperti Rajah 6.

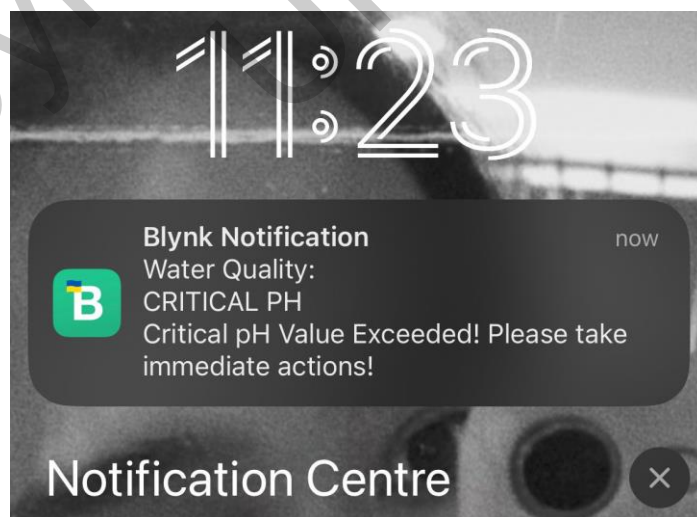


Rajah 6 Rajah Antara Muka Pengguna

Apabila salah satu nilai kualiti air kelihatan kurang biasa. Notifikasi serta penggera sistem akan dicetuskan supaya pengguna akan sedar terhadap isu tersebut seperti Rajah 7 dan Rajah 8.

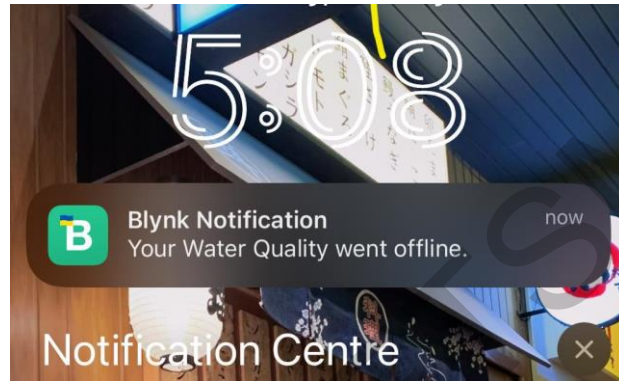


Rajah 7 Rajah Antara Muka Pengguna apabila Penggera Dicetus

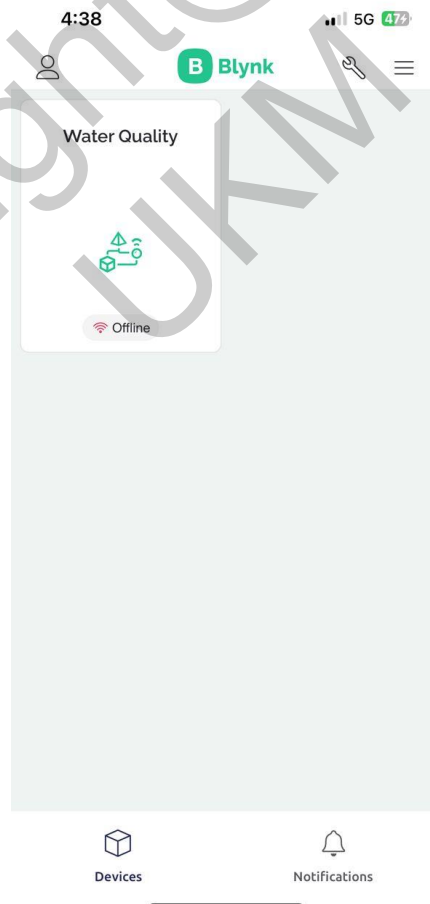


Rajah 8 Rajah Notifikasi apabila Penggera Dicetus

Apabila sistem tersebut tidak dalam talian atau *offline*, status akan dipaparkan atas antara muka pengguna serta notifikasi akan dikeluarkan kepada pengguna seperti Rajah 79 dan Rajah 10 di bawah.



Rajah 9 Notifikasi apabila Sistem dalam Status *Offline*



Rajah 10 Antara Muka Pengguna Sistem dalam Status *Offline*

Pengujian Sistem juga dilakukan melalui pengujian komponen sistem dan pengujian kotak hitam. Kesemua pengujian dilaksanakan mengikut prosedur pengujian yang ditetapkan dan berjaya mendapatkan keputusan jangkaan dalam Jadual 1 dan Jadual 2 berikut.

Kes Ujian	Komponen yang diuji	Penghantar/Penerima Sistem	Jangkaan Keputusan	Keputusan
K01	Arduino Uno Rev3	Penghantar	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mampu bertahan dengan pemasangan pelbagai jenis sensor ▪ Menerima kod yang dimuat naik serta melakukan segala fungsinya 	Lulus
K02	Node MCU 1.0 ESP8266	Penerima	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mampu bertahan dengan pemasangan pelbagai jenis sensor ▪ Menerima kod yang dimuat naik serta melakukan segala fungsinya 	Lulus
K03	LoRa SX1278	Penghantar, Penerima	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Komunikasi antara kedua-dua penghantar dan penerima sistem dapat disambung ▪ Nilai-nilai sensor dapat dihantar dari penghantar sistem dan diterima oleh penerima sistem 	Lulus
K04	Sensor Suhu Sonoff DS18B20	Penghantar	Nilai suhu dipaparkan atas <i>Serial Monitor</i>	Lulus
K05	Sensor Kekeruhan Cecair	Penghantar	Nilai kekeruhan dipaparkan atas <i>Serial Monitor</i>	Lulus
K06	Sensor pH Cecair	Penghantar	Nilai pH dipaparkan atas <i>Serial Monitor</i>	Lulus

Jadual 1 Pengujian Komponen

Kes Ujian	Penerangan Fungsi	Sumber Fungsi	Jangkaan Keputusan	Keputusan
TC01	Mendapat dan memapar data kualiti air	SRS	Sistem tersebut akan memaparkan nilai-nilai kualiti air ke atas antara muka perisian Blynk pada telefon pintar pengguna.	Lulus
TC02	Mengeluarkan penggera serta notifikasi	SRS	Sistem tersebut akan mengeluarkan penggera dan notifikasi berkaitan dengan nilai yang kelihatan kurang biasa untuk ketiga-tiga cecair yang diuji.	Lulus
TC03	Tindak balas sistem	SRS	Tindak balas sistem tidak seharusnya melebihi jangka masa 5 saat.	Lulus
TC04	Jangka hayat sistem menggunakan tenaga bateri	SRS	Jangka hayat sistem haruslah melebihi sekurang-kurangnya 2 minggu	Lulus
TC05	Jarak ketersambungan	SRS	Jarak ketersambungan haruslah melebihi sekurang-kurangnya 100m dalam kawasan bandar.	Lulus

Jadual 2 Pengujian Kotak Hitam

Kesimpulan

Secara kesimpulan, Sistem Pemantauan Kualiti Air Menggunakan Rangkaian LoRa berjaya dibangunkan. Sistem tersebut berjaya menjalankan fungsinya melalui pengujian yang dibuat serta mencapai objektif kajian tersebut.

Sistem tersebut dibangunkan untuk mengesan pencemaran air yang berlaku dalam masa nyata supaya pengguna dapat bertindak dengan segera untuk menyelesaikan isu tersebut sebelum menjadi situasi yang tidak dapat dipulihkan. Selain itu, kegunaan rangkaian LoRa dalam sistem tersebut boleh membuatkan sistem tersebut diletakkan ke tempat yang mempunyai jarak yang jauh. Pada masa yang sama, sistem tersebut juga menggunakan tenaga yang rendah. Oleh kerana sistem tersebut mempunyai kotak kalis air, maka ia dapat berfungsi walaupun dalam keadaan seperti cuaca hujan.

Namun demikian, terdapat juga kekurangan dari segi ketepatan sensor akibat kualiti sensor tersebut. Walau bagaimanapun, sistem ini dapat membantu pengguna untuk mengesan pencemaran air secara masa nyata supaya dapat menyelesaikan isu tersebut dengan segera dengan bantuan pihak yang tertentu. Pada masa yang sama juga diharapkan bahawa sistem tersebut dapat ditambah baik lagi dari segala aspek untuk kajian pada masa hadapan.

Penghargaan

Dengan ini, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih terhadap penyelia projek saya, Dr Azana Hafizah Mohd Aman atas segala nasihat dan bimbingan yang diberi sepanjang penyiapan projek ini. Kesabaran serta kepakaran beliau telah banyak membantu dalam penghasilan projek saya. Pada masa yang sama, keprihatinan beliau ketika penyemakan laporan juga membantu dalam penambahbaikan projek saya.

Seterusnya, ucapan terima kasih tidak terhingga kepada En Siraj Jalil, Presiden Malaysia Cyber Consumer Association (MCCA) dan En Raja Daniel Matiin Raja Nordin, CEO Codam Protocol Sdn. Bhd. (CODAM) atas sokongan beliau dalam menjayakan projek saya melalui pemberian dana Kod Penyelidikan TT-2022-005.

Selain itu, saya juga ingin merakamkan penghargaan terhadap keluarga saya yang memberi dorongan serta galakan kepada saya semasa penyiapan laporan tersebut.

Akhir sekali, terima kasih terhadap rakan-rakan saya yang gigih memberi sokongan mental kepada saya. Pada masa yang sama juga menyumbangkan idea dan cadangan terhadap laporan saya.

Rujukan

- Camarillo, C. 2012. Semtech Acquires Wireless Long Range IP Provider Cycleo. <https://www.design-reuse.com/news/28706/semtech-cycleo-acquisition.html> [17 November 2022].
- Chengcheng, Z., Jian, W., Jiancheng, L. 2020. Water quality monitoring system based on Internet of Things. <https://ieeexplore.ieee.org/eresourcesptsl.ukm.remotexs.co/document/9122182>. [1 December 2022].
- Digital National Berhad. 2021. Rural connectivity remains poor with industry giving focus on urban areas. *Digital National Berhad*. <https://www.digital-nasional.com.my/rural-connectivity-remains-poor-industry-giving-focus-urban-areas> [4 May 2023]
- Laura, P. 2019. The World's Plastic Pollution Crisis Explained. *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/plastic-pollution>, [7 November 2022].
- Li, L., Haoran, Y., Xiaocang, X. 2022. Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.880246/full#B2> [7 November 2022].
- Li, L., Haoran, Y., Xiaocang, X. 2022. Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.880246/full#B2> [7 November 2022].

Manish, C. M. 2022. The planet has lost 83% of its freshwater aquatic life in 50years, finds report. *Mongabay*. <https://india.mongabay.com/2022/10/the-planet-has-lost-83-of-its-freshwater-aquatic-life-in-50-years-finds-report/> [7 November 2022]

Michael, H. 2017. Get 10 years from 9 volts: The power of LoRaWAN. *Cisco*. <https://blogs.cisco.com/government/get-10-years-from-9-volts-the-power-of-lorawan> [18 November 2022].

Qiuchan, B., Jiahao, W., Chunxia, J. 2020. The Water Quality Monitoring System Based on Wireless Sensor Network. <https://ieeexplore.ieee.org/eresourcespts1.ukm.remotexs.co/document/9325739>. [2 December 2022].

Semtech. t.th. What is LoRa. *Semtech*. <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora> [17 November 2022].

Siim, P., Harri, K., Jan-Victor, B., Rivo, U. 2021. Oil Spill Detection Using Fluorometric Sensors: Laboratory Validation and Implementation to a FerryBox and a Moored SmartBuoy. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.778136/full#:~:text=Oil%20spills%20can%20be%20difficult,also%20disappear%20because%20of%20evaporation> [18 November 2022].

Wikipedia. 2022. Chirp spread spectrum. *Wikipedia* https://en.wikipedia.org/wiki/Chirp_spread_spectrum [18 November 2022].

Wikipedia. 2022. Pencemaran Air. *Wikipedia*. https://ms.wikipedia.org/wiki/Pencemaran_air [29 November 2022].

Chan Jian Siang (A183770)
Dr. Azana Hafizah Mohd Aman
Fakulti Teknologi & Sains Maklumat,
Universiti Kebangsaan Malaysia

Copyright@FTSM
UKM