

SISTEM AMARAN PARAS AIR TINGGI BERASASKAN ARDUINO

MUHAMAD AZIQ AZIM BIN MOHAMAD ZAKI

PROF. MADYA. DR. RAVIE CHANDREN MUNIYANDI

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

ABSTRAK

Projek ini membangunkan Sistem Amaran Paras Air Tinggi Berasaskan Arduino, yang bertujuan untuk memberikan amaran awal kepada penduduk dan pihak berkuasa mengenai peningkatan paras air bagi mengurangkan risiko banjir. Masalah utama yang dihadapi adalah kelewatan dalam pemberitahuan paras air yang meningkat, menyebabkan penduduk tidak mempunyai masa yang cukup untuk membuat persiapan atau berpindah ke tempat selamat. Untuk mengatasi masalah ini, sistem yang dicadangkan akan menggunakan sensor ultrasonik untuk mengesan ketinggian air secara masa nyata, Arduino Uno R3 sebagai pemproses utama, serta modul GSM untuk menghantar notifikasi SMS kepada penduduk dan pihak berkuasa apabila paras air mencapai tahap bahaya. Metodologi pembangunan sistem ini menggunakan pendekatan analisis berstruktur, yang melibatkan reka bentuk sistem menggunakan rajah aliran data (DFD), carta alir, dan rajah jujukan bagi menggambarkan interaksi komponen sistem dengan lebih terperinci. Projek ini dijangka menghasilkan sistem yang mampu memberikan notifikasi awal secara automatik, meningkatkan kesedaran dan keselamatan komuniti terhadap risiko banjir, serta membolehkan tindakan pencegahan dilakukan dengan lebih pantas dan berkesan.

PENGENALAN

Air adalah sumber semula jadi yang penting, tetapi ia juga boleh menimbulkan ancaman yang ketara iaitu banjir apabila ia melebihi tahap tertentu. Ancaman seperti ini boleh membawa kepada kemusnahan yang besar seperti kerosakan infrastruktur, harta benda mahupun kehilangan nyawa ahli keluarga yang tersayang. Sistem amaran paras air tinggi ini ialah satu sistem pintar yang dapat memberikan amaran awal banjir kepada penduduk di kawasan yang sering dilanda banjir. Sistem ini dapat membantu mengesan kenaikan paras air dengan tepat serta dapat memberi amaran awal kepada penduduk di kawasan sasaran. Secara tidak langsung, sistem ini dapat membantu mengurangkan kesan negatif paras air tinggi dan berpotensi menyelamatkan nyawa. Harapan bagi projek ini ialah semoga ia dapat menyumbang kepada keselamatan komuniti penduduk tempatan yang terdedah kepada paras air tinggi yang sangat berbahaya supaya lebih berdaya tahan menahan kesan bencana alam.

METODOLOGI KAJIAN

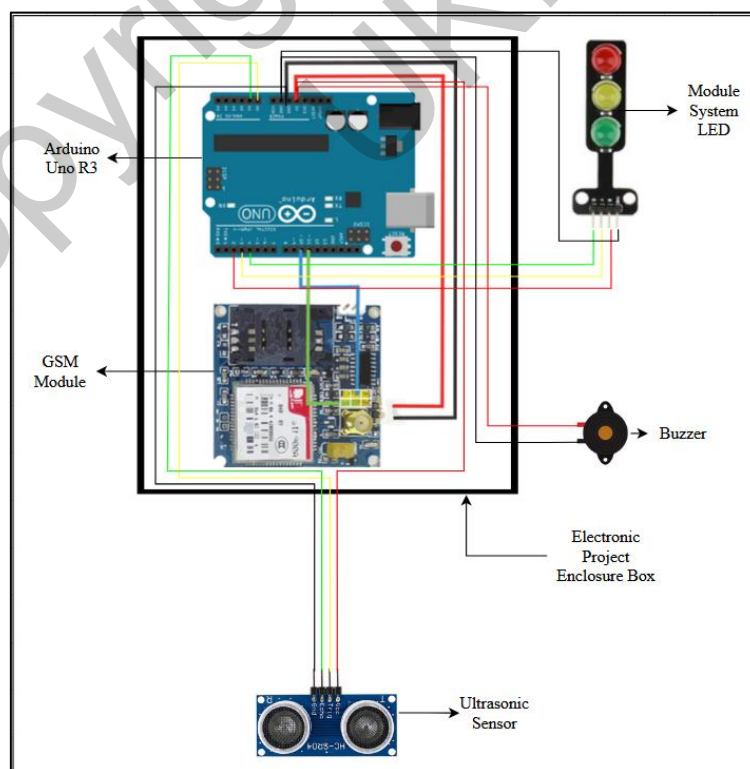
Projek ini dibangunkan berasaskan kepada model metodologi yang berstruktur metodologi Agile yang merupakan pendekatan pembangunan perisian yang fleksibel dan berulang. Tujuan model ini dipilih adalah kerana keperluan atau kefungsiannya utama bagi sistem amaran paras air tinggi ini yang telah difahami bahawa kemungkinan akan mempunyai penambahbaikan dan modifikasi secara berterusan mengikut keperluan sistem terkini dan maklum balas pengguna sepanjang proses pembangunan. Metodologi Agile juga mengambil masa yang singkat pada fasa perancangan berbanding metodologi tradisional, membolehkan pasukan pembangunan untuk memulakan proses pembinaan sistem dengan lebih cepat sambil memastikan fleksibiliti untuk melakukan perubahan dan penambahbaikan pada setiap peringkat pembangunan. Pendekatan ini amat sesuai untuk projek sistem amaran yang memerlukan penyesuaian berterusan berdasarkan data persekitaran yang sentiasa berubah dan keperluan keselamatan yang kritikal bagi komuniti sasaran.

Fasa Perancangan

Fasa ini melibatkan penentuan objektif projek secara terperinci, penulisan pernyataan masalah yang jelas, serta mengenal pasti keperluan utama sistem amaran paras air tinggi. Analisis mendalam dilakukan untuk memahami skop projek, batasan teknikal, kekangan belanjawan, dan jangka masa pelaksanaan. Perancangan yang teliti dan sistematik membantu memastikan projek dapat disiapkan mengikut jadual masa yang ditetapkan sambil memenuhi semua kriteria kualiti dan keselamatan yang diperlukan.

Fasa Reka Bentuk

Reka bentuk sistem dilakukan berdasarkan keperluan yang telah dikenal pasti pada fasa sebelumnya. Ini termasuk lakaran seni bina sistem yang terperinci, pemilihan komponen yang sesuai seperti sensor ultrasonik dan modul komunikasi, serta penyediaan carta alir algoritma dan reka bentuk susun atur komponen yang optimum. Pertimbangan diberikan kepada aspek ketahanan komponen terhadap cuaca, kecekapan tenaga, kebolehpercayaan sistem, dan kemudahan penyelenggaraan.



Rajah 1: Reka Bentuk Susun Atur Komponen

Rajah 1 menunjukkan reka bentuk litar lengkap bagi sistem amaran paras air tinggi yang telah dibangunkan. Sistem ini menggunakan Arduino Uno R3 sebagai unit kawalan utama yang berfungsi memproses data dan mengawal semua komponen dalam sistem. Sensor ultrasonik diletakkan di bahagian bawah untuk mengukur jarak paras air dengan tepat dan menghantar data bacaan kepada Arduino melalui sambungan wayar yang sesuai.

Fasa Pembangunan

Pada fasa ini, pengekodan dan pengaturcaraan sistem dilakukan menggunakan Arduino IDE. Komponen seperti sensor ultrasonik untuk pengukuran paras air, buzzer untuk amaran bunyi, LED untuk indikator visual, dan modul GSM untuk komunikasi jarak jauh disambung mengikut reka bentuk litar dan diuji secara berperingkat. Proses ini melibatkan penulisan kod program yang cekap, kalibrasi sensor untuk ketepatan bacaan, dan pengujian fungsi setiap komponen sebelum digabungkan menjadi satu sistem lengkap.

```
long measureDistance() {  
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);  
    delayMicroseconds(2);  
  
    digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);  
    delayMicroseconds(10);  
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);  
  
    long duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH);  
    long distance = duration * 0.034 / 2;  
    return distance;  
}
```

Rajah 2: Kod Fungsi Mengukur jarak

Rajah 2 menunjukkan kod fungsi mengukur jarak bertanggungjawab untuk mengukur jarak menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dengan menghantar pulsa ultrasonik melalui pin TRIG dan mengukur masa pantulan pada pin ECHO, kemudian mengira jarak dalam sentimeter.

```

int determineWaterLevel(long distance) {
  if (distance <= LEVEL_3_DISTANCE) {
    return 3; // Critical level
  } else if (distance <= LEVEL_2_DISTANCE) {
    return 2; // Warning level
  } else {
    return 1; // Normal level
  }
}

```

Rajah 3: Kod Fungsi Menentukan Tahap Air

Rajah 3 menunjukkan kod fungsi `determineWaterLevel` yang berfungsi menentukan tahap paras air berdasarkan jarak yang diukur oleh sensor, di mana ia akan mengembalikan tahap 3 untuk keadaan kritikal apabila jarak kurang atau sama dengan `LEVEL_3_DISTANCE`, tahap 2 untuk amaran apabila jarak kurang atau sama dengan `LEVEL_2_DISTANCE`, dan tahap 1 untuk keadaan normal bagi jarak yang lain.

```

void handleLevelChange(int level) {
  Serial.print("Water level changed to: ");
  Serial.println(level);

  digitalWrite(GREEN_LED, LOW);
  digitalWrite(YELLOW_LED, LOW);
  digitalWrite(RED_LED, LOW);
  digitalWrite(BUZZER, LOW); // Turn off buzzer when level changes

  switch (level) {
    case 1: // Normal level - Green LED
      digitalWrite(GREEN_LED, HIGH);
      Serial.println("Status: Normal - Green LED ON");
      // Optionally notify community when level returns to normal
      if (lastNotifiedLevel > 1) {
        sendBulkSMS(normalMsg); // Send normal level message
      }
      break;

    case 2: // Warning level - Yellow LED + SMS
      digitalWrite(YELLOW_LED, HIGH);
      Serial.println("Status: Warning - Yellow LED ON");
      sendBulkSMS(warningMsg); // Send warning message
      break;

    case 3: // Critical level - Red LED + SMS + Buzzer
      digitalWrite(RED_LED, HIGH);
      Serial.println("Status: Critical - Red LED ON, Buzzer ACTIVE");
      sendBulkSMS(criticalMsg); // Send critical alert message
      // Buzzer will be handled by handleCriticalBuzzer() function
      break;
  }

  lastNotifiedLevel = level;
}

```

Rajah 4: Kod Fungsi Mengendalikan Perubahan Tahap Air

Rajah 4 adalah fungsi `handleLevelChange` mengendalikan perubahan paras air dengan memberikan pemberitahuan visual dan SMS yang berbeza untuk setiap tahap, iaitu LED hijau menyala untuk tahap normal dengan SMS hanya dihantar jika sebelum ini bukan normal, LED kuning menyala dengan SMS amaran untuk tahap 2, dan LED merah menyala dengan SMS kritikal serta buzzer yang aktif untuk tahap 3.

```
void sendBulkSMS(String message) {
    startBulkSMS(message);
}

void sendSMS(String phoneNumber, String message) {
    gsm.print("AT+CMGS=\"");
    gsm.print(phoneNumber);
    gsm.println("\"");
    delay(1000);

    gsm.print(message);
    gsm.print("\n\nTime: ");
    gsm.print(millis() / 1000);

    gsm.write(26);
    delay(3000);
}
```

Rajah 5: Kod Fungsi Penghantaran SMS

Rajah 5 adalah Fungsi `sendBulkSMS()`. Ini adalah fungsi ringkas yang menghantar SMS secara pukal kepada senarai penerima dengan memanggil fungsi `startBulkSMS()` menggunakan mesej yang diberikan, manakala fungsi `sendSMS()` pula menghantar SMS kepada nombor telefon tertentu menggunakan modul GSM dengan arahan AT.

```
void handleCriticalBuzzer() {
    unsigned long currentTime = millis();

    if (currentTime - lastBuzzerTime >= BUZZER_INTERVAL) {
        buzzerState = !buzzerState;
        digitalWrite(BUZZER, buzzerState ? HIGH : LOW);
        lastBuzzerTime = currentTime;

        if (buzzerState) {
            Serial.println("BUZZER: BEEP!");
        }
    }
}
```

Rajah 6: Kod Fungsi Pengawalan Buzzer

Rajah 6 adalah fungsi `handleCriticalBuzzer()` mengendalikan bunyi buzzer khusus untuk tahap kritikal dengan membuat buzzer berbunyi secara berkala mengikut selang masa `BUZZER_INTERVAL` untuk menghasilkan bunyi bip berulang.

Dalam konteks sistem amaran ini, pangkalan data konvensional seperti MySQL atau Firebase tidak digunakan kerana sifat projek yang bersifat persendirian dan tidak memerlukan penyimpanan data secara jangka panjang. Walau bagaimanapun, pendekatan alternatif telah digunakan bagi menyimpan data penting, iaitu melalui hard-coded array dalam perisian Arduino.

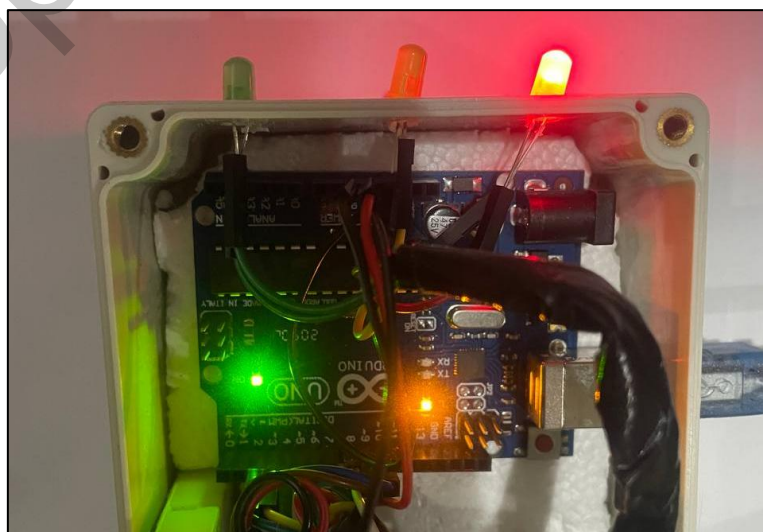
```
String phoneNumbers[MAX_PHONE_NUMBERS] = {
  "+601119830082", // Contact 1
  "+1234567891", // Contact 2
  "+1234567892", // Contact 3
  "+1234567893", // Contact 4
  "+1234567894", // Contact 5
  "+1234567895", // Contact 6
  "+1234567896", // Contact 7
  "+1234567897", // Contact 8
  "+1234567898", // Contact 9
  "+1234567899" // Contact 10
};

String warningMsg = "AWAS! paras air meningkat pada tahap bahaya. Sila buat persediaan banjir segera.";
String criticalMsg = "Paras air sudah berada pada tahap KRITIKAL! Sila berpindah ke kawasan selamat dengan segera.";
String normalMsg = "Paras air sudah kembali ke dalam keadaan NORMAL. Tunggu arahan dari pihak berkuasa untuk langkah seterusnya.";
```

Rajah 7: Kod penyimpanan array nombor telefon

Rajah 7 menunjukkan kod penyimpanan nombor telefon penerima notifikasi SMS di dalam arduino. Kaedah penyimpanan ini mampu menyimpan sehingga 50 nombor telefon penerima notifikasi SMS.

Walaupun sistem ini tidak menyediakan antara muka grafik pengguna seperti aplikasi mudah alih atau portal web, sistem ini tetap menawarkan bentuk antara muka fizikal yang berfungsi secara langsung untuk menyampaikan maklumat kepada pengguna.



Rajah 8: Antara Muka Fizikal Amaran Visual

Rajah 8 menunjukkan sistem ini menggunakan kombinasi LED berwarna dan buzzer sebagai penunjuk status semasa. LED hijau akan menyala apabila paras air berada dalam keadaan normal, manakala LED kuning menunjukkan paras air telah meningkat ke tahap berjaga-jaga. Apabila paras air berada pada tahap kritikal, LED merah akan menyala dan buzzer akan diaktifkan untuk menghasilkan bunyi berulang sebagai isyarat kecemasan.

Fasa Pengujian

Fasa pengujian merupakan salah satu fasa yang penting dalam pembangunan Sistem Amaran Paras Air Tinggi Berasaskan Arduino. Pengujian ini dijalankan bagi memastikan sistem berfungsi dengan baik, mencapai objektif projek, serta memenuhi keperluan pengguna dalam situasi sebenar. Setiap komponen dan fungsi diuji secara menyeluruh untuk mengesan sebarang ralat, kelemahan, atau isu keselamatan sebelum sistem digunakan secara meluas.

Kaedah pengujian melibatkan kaedah pengujian kefungsian. Sistem diuji secara berperingkat untuk memastikan semua fungsi utama seperti pengesanan paras air, amaran visual melalui LED, isyarat bunyi melalui buzzer, dan penghantaran notifikasi SMS melalui modul GSM berjalan lancar mengikut logik sistem. Pengujian ini dilaksanakan dalam persekitaran simulasi serta menggunakan pelbagai senario paras air yang berbeza bagi melihat tindak balas sistem secara masa nyata.

Jadual 1: Fungsi Yang Diuji

Fungsi	Fungsi yang Diuji	Kaedah Ujian
Sensor Ultrasonik	Mengesan paras air dan menghantar bacaan kepada sistem	Simulasi perubahan paras air
LED	Menunjukkan status paras air hijau (normal), kuning (amaran), merah (kritikal)	Pemerhatian tindak balas visual

Buzzer	Memberi isyarat bunyi apabila paras air berada di tahap bahaya	Simulasi paras kritikal dan mendengar bunyi
Modul GSM	Menghantar SMS amaran ke nombor telefon pengguna	Ujian hantar mesej dengan paras tinggi
Integrasi Sistem	Semua komponen berfungsi serentak tanpa konflik	Pengujian penuh sistem

Jadual 1 menunjukkan fungsi yang diuji untuk memastikan setiap komponen utama dalam Sistem Amaran Paras Air Tinggi Berasaskan Arduino berfungsi seperti yang dijangkakan dan mampu memberikan maklum balas yang pantas dan tepat terhadap perubahan paras air. Antara komponen yang diuji termasuklah sensor ultrasonik, paparan LED, buzzer, modul GSM, dan integrasi sistem secara keseluruhan. Pengujian dijalankan menggunakan pendekatan ujian kes guna bagi menilai prestasi sebenar sistem dalam situasi dunia nyata. Setiap fungsi diuji secara berasingan dan kemudian digabungkan untuk melihat keberkesanan integrasi sistem.

Fasa Maklum balas dan Penambahbaikan

Fasa maklum balas dan pengujian merupakan komponen penting dalam pembangunan Sistem Amaran Paras Air Tinggi Berasaskan Arduino. Tujuan utama fasa ini adalah untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik mengikut keperluan pengguna serta boleh dioperasikan dalam situasi dunia sebenar. Pengujian melibatkan semakan terhadap ketepatan sensor dalam mengesan paras air, kecekapan penghantaran maklumat melalui SMS, serta keberkesanan sistem memberi isyarat amaran melalui LED dan buzzer.

Kaedah soal selidik dan kaedah pemerhatian digunakan untuk menilai tahap pemahaman dan kemampuan pengguna ketika mengendalikan sistem semasa ujian

kebolegunaan dijalankan. Pemerhatian ini membolehkan penyelidik menilai secara langsung sama ada pengguna dapat memahami isyarat visual (warna LED), maklum balas bunyi daripada buzzer, serta membaca kandungan mesej yang dihantar oleh sistem melalui SMS.

Data yang diperoleh daripada soal selidik telah dianalisis menggunakan kaedah statistik deskriptif melalui pengiraan skor min bagi setiap aspek. Skor min ini membantu menentukan tahap keberkesanan sistem dari sudut pengguna berdasarkan maklum balas mereka. Jadual 2 di bawah menunjukkan tafsiran skala skor min yang digunakan dalam analisis:

Jadual 2: Tafsiran Skala Skor Min

Skor Min	Tafsiran
1.00 – 2.32	Rendah
2.33 – 3.65	Sederhana
3.66 – 5.00	Tinggi

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Hasil keputusan pengujian merangkumi semua data dan penemuan yang diperoleh dari pelaksanaan ujian terhadap Sistem Amaran Paras Air Tinggi Berasaskan Arduino. Keputusan ini menunjukkan sejauh mana sistem memenuhi keperluan teknikal yang telah ditetapkan serta bagaimana ia berfungsi dalam senario dunia nyata. Ujian telah dijalankan dalam keadaan terkawal dengan membuat simulasi peningkatan paras air bagi melihat reaksi sistem terhadap setiap tahap. Hasil pengujian mendapati sistem ini berfungsi dengan baik dan dapat memberikan maklum balas yang pantas dan tepat kepada pengguna.

Jadual 3: Keputusan Pengujian

Fungsi	Status	Keterangan
Sensor Ultrasonik	Lulus	Ukur paras air dengan tepat
LED	Lulus	Menunjukkan tahap air Hijau, Kuning, Merah
Buzzer	Lulus	Aktif bila paras kritikal
Modul GSM	Lulus	SMS dihantar automatik ke pengguna
Integrasi Sistem	Lulus	Semua komponen berfungsi bersama

Jadual 3 di atas menunjukkan bahawa kesemua komponen sistem telah berjaya melepasi ujian fungsi yang dijalankan. Setiap modul diuji secara individu untuk menilai keberkesanan fungsi asasnya, dan kemudian diuji bersama dalam sistem penuh bagi memastikan integrasi berjalan lancar. Status "Lulus" pada semua komponen menandakan bahawa sistem mampu memberi tindak balas segera terhadap peningkatan paras air serta mengaktifkan semua bentuk amaran termasuk visual (LED), bunyi (buzzer), dan mesej (SMS) mengikut situasi yang disimulasikan. Keputusan ini mengesahkan bahawa objektif utama projek telah berjaya dicapai dengan baik.

Kaedah untuk mengumpulkan data atau mendapatkan keperluan pengguna bagi sistem ini ialah melalui soal selidik yang dijalankan terhadap 20 orang responden di Kampung Padang Jawa. Soal selidik ini dijalankan untuk mengukur tahap pencapaian sistem, kemudahan penggunaan, serta perspektif pengguna terhadap antara muka dan keupayaan sistem dalam memberikan amaran.

Jadual 4 dibawah menunjukkan keputusan purata bagi ujian kebolehgunaan mengikut soalan-soalan tertentu yang diajukan kepada responden. Berdasarkan keputusan ini, purata keseluruhan bagi aspek kebolehgunaan adalah 4.7, yang menunjukkan bahawa pengguna secara umumnya sangat berpuas hati dengan kemudahan penggunaan sistem amaran paras air tinggi berasaskan Arduino.

Jadual 4: Keputusan Pengujian Kebolehgunaan

Soalan	Purata
Sistem ini mudah digunakan dan difahami.	4.7
Saya dapat memahami isyarat LED dengan mudah.	4.7
Saya dapat mengenal pasti tahap bahaya air dengan pantas dan efisien.	4.2
Proses untuk menerima amaran melalui SMS adalah mudah.	4.2
Saya dapat mendengar bunyi buzzer dengan jelas tanpa sebarang masalah.	4.5
Mesej SMS yang diterima mudah difahami dan memberikan maklumat yang jelas.	4.2
Sistem memberikan respons yang pantas apabila paras air berubah.	4.7
Purata Keseluruhan 4.4	

Jadual 5 dibawah menunjukkan keputusan pengujian kualiti maklumat yang dinilai oleh responden. Aspek ini mengukur sejauh mana maklumat yang disampaikan oleh sistem adalah tepat, berguna, dan mudah difahami.

Jadual 5: Keputusan Pengujian Kualiti Maklumat

Soalan	Purata
Maklumat tahap air yang dipaparkan adalah tepat dan boleh dipercayai.	4.7
Mesej amaran SMS mengandungi maklumat yang mencukupi untuk tindakan segera.	4.2
Perbezaan antara tahap Normal, Amaran, dan Kritikal adalah jelas.	4.7
Masa amaran dihantar adalah sesuai dan tidak terlambat.	4.2
Maklumat yang diberikan membantu dalam membuat keputusan yang tepat.	4.7
Purata Keseluruhan	4.5

Jadual 6 dibawah menunjukkan penilaian responden terhadap kualiti antara muka fizikal sistem, termasuk LED, buzzer, dan keseluruhan reka bentuk sistem.

Jadual 6 Keputusan Pengujian Kualiti Antara Muka

Soalan	Purata
Warna LED (hijau, kuning, merah) mudah dibezakan dan sesuai dengan tahap bahaya.	4.7
Buzzer menghasilkan bunyi yang cukup kuat untuk memberi amaran.	4.7
Reka bentuk keseluruhan sistem adalah praktikal dan sesuai untuk persekitaran luar.	4.2

Komponen sistem tersusun dengan kemas dan mudah untuk diselenggara. 4.2

Sistem dapat beroperasi dengan stabil dalam keadaan cuaca yang berbeza. 4.2

Purata Keseluruhan 4.4

Secara keseluruhan, hasil pengujian kebolegunaan ini menunjukkan bahawa sistem amaran paras air tinggi berasaskan Arduino berjaya dibangunkan dengan baik, menepati keperluan pengguna, serta memberikan pengalaman pengguna yang positif dari segi kebolegunaan, kualiti maklumat, dan antara muka.

KESIMPULAN

Kesimpulannya, Sistem Amaran Paras Air Tinggi Berasaskan Arduino mewakili satu inovasi penting dalam usaha meningkatkan kesedaran dan keselamatan masyarakat terhadap risiko banjir. Sistem ini berjaya menggabungkan penggunaan sensor ultrasonik, buzzer, LED dan modul GSM untuk menyediakan amaran awal secara automatik kepada pengguna dengan cara yang mudah dan berkesan. Melalui pengujian fungsi dan maklum balas pengguna, sistem ini menunjukkan tahap kebolegunaan, kualiti maklumat, dan antaramuka fizikal yang baik serta sesuai untuk digunakan dalam persekitaran sebenar. Walaupun sistem ini masih boleh dipertingkatkan dari aspek ketahanan perkakasan dan liputan isyarat GSM, hasil kajian menunjukkan potensi tinggi sistem ini untuk digunakan secara lebih meluas, terutamanya di kawasan yang sering mengalami banjir. Dengan penambahbaikan berterusan dan sokongan pengguna, sistem ini mampu menjadi sebahagian daripada penyelesaian teknologi awal bencana yang dapat menyelamatkan harta benda dan nyawa pada masa hadapan. Ini sekali gus menyumbang kepada pembangunan komuniti yang lebih bersedia dan peka terhadap banjir.

Kekuatan Sistem

Sistem Amaran Paras Air Tinggi Berasaskan Arduino mempunyai beberapa kelebihan utama. Ia mampu memantau paras air secara masa nyata menggunakan sensor ultrasonik yang responsif dan tepat sehingga jarak 2 meter. Sistem ini juga menyediakan amaran berlapis melalui LED berwarna, bunyi buzzer, dan penghantaran SMS automatik kepada pengguna. Dari segi kos, sistem ini dibina menggunakan komponen yang mudah didapati dan berpatutan tanpa memerlukan infrastruktur kompleks. Antaramuka sistem juga mudah difahami dengan kod warna intuitif dan mesej SMS yang jelas. Selain itu, sistem beroperasi secara stabil menggunakan Arduino dan mempunyai kawalan untuk elak SMS dihantar berulang kali.

Kelemahan Sistem

Beberapa kekangan telah dikenal pasti. Sistem bergantung kepada liputan rangkaian GSM yang stabil untuk penghantaran SMS. Ia juga tidak menyimpan data sejarah, menjadikan analisis jangka panjang tidak boleh dilakukan. Selain itu, sistem memerlukan bekalan kuasa berterusan dan tiada sokongan bateri sandaran. Jangkauan pemantauan hanya terhad kepada satu lokasi sahaja. Akhir sekali, sistem memerlukan penyelenggaraan berkala seperti pembersihan sensor dan pemeriksaan komponen bagi mengekalkan prestasi.

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Ravie Chandren Muniyandi, penyelia projek ini, atas segala tunjuk ajar, bimbingan, dan sokongan sepanjang pelaksanaan projek ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pensyarah-pensyarah di Program Teknologi Maklumat UKM, rakan-rakan seperjuangan, serta ibu bapa saya Mohamad Zaki Bin Parman dan Sarimah Binti Mamat yang sentiasa mendoakan dan memberi dorongan. Tidak dilupakan juga kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan projek ini. Segala sumbangan amatlah dihargai. Semoga segala jasa baik diberkati dan dibalas dengan sebaiknya.

RUJUKAN

- AbstractEarly Warning Systems (2025, January 14). *Early warning systems in climate risk management: Roles and implementations in eradicating barriers and overcoming challenges.* Natural Hazards Research. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666592125000071>
- Astroawani.com. (2024, April 17). Penduduk dakwa siren amaran banjir tidak bunyi. <https://www.astroawani.com/berita-malaysia/penduduk-dakwa-siren-amaran-banjir-tidak-bunyi-466687>
- Aziz, F., & Anis, M. N. (2023, November 23). *RM145MIL National Flood Warning System A Failure.* The Star. <https://www.thestar.com.my/news/nation/2023/11/23/rm145mil-national-flood-warning-system-a-failure>
- Bernama. (2024, November 15). *Sistem Hebahan Amaran Awal Banjir MENERUSI SMS Diwujudkan - NADMA.* Astro Awani. <https://www.astroawani.com/berita-malaysia/sistem-hebahan-amaran-awal-banjir-menerusi-sms-diwujudkan-nadma-496517>
- Distributed systems: Principles and paradigms. (2023). https://vowi.fsinf.at/images/b/bc/TU_WienVerteilte_Systeme_VO-_Tannenbaum-distributed_systems_principles_and_paradigms_2nd_edition.pdf
- Gurnov, A. (2024, October 3). *Agile Methodology in project management.* Versatile & Robust Project Management Software. <https://www.wrike.com/project-management-guide/faq/what-is-agile-methodology-in-project-management/>
- Justanotherprogrammer. (2020, May 22). *Flood Monitoring System using Arduino.* Arduino Forum. <https://forum.arduino.cc/t/flood-monitoring-system-using-arduino/527422>
- Magnaye, Atashia Anyka B. (2024, July 15). *Consortiacademia.* Automated flood water level sensor and alarm system using Arduino Uno. https://consortiacademia.org/wpcontent/uploads/2022/e_v8i03/E248022_final.pdf

- Morales, J. (2022, April 8). *Get to know everything about the DFD*. Kenali Segalanya Tentang DFD. <https://www.mindonmap.com/ms/blog/data-flow-diagram/>
- Osmi, S. S. (2022, February 8). *Journal of Civil Engineering Technology*. Flood Detector System Using FloodDet Application. https://www.academia.edu/70887545/JOURNAL_OF_CIVIL_ENGINEERING_TECHNOLOGY
- Ouml;zs, M. T. (2021, January 1). *Client-server architecture*. SpringerLink. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-1-4614-8265-9_664
- Programming arduino: Getting started with sketches. (2023). <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781264676989>
- Penggunaan Sensor Ultrasonik Sebagai Sistem monitoring ... (2024, November 2). <https://teknikelektro.ft.unesa.ac.id/post/penggunaan-sensor-ultrasonik-sebagai-sistem-monitoring-peringatan-dini-banjir>
- Sinar Harian. (2024, May 21). *Projek Mitigasi banjir kilat Puchong Dijangka SIAP Akhir Tahun Ini*. Malaysia Latest News. https://newswav.com/article/projek-mitigasi-banjir-kilat-puchong-dijangka-siap-akhir-tahun-ini-A2405_LLbxal
- ScienceDirect (2024, October 15). Impact of Early Warning Systems on Community Preparedness for Floods. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212420924006320>

Muhamad Aziz Azim Bin Mohamad Zaki (A204840)

Prof. Madya. Dr. Ravie Chandren Muniyandi

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

Universiti Kebangsaan Malaysia