



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI

PITRAM 2026

Pertandingan Inovasi Antara Asasi Malaysia

Extended Abstract Book



11 dan 12 APRIL 2026

Dewan Berlian

Universiti Teknologi MARA

Cawangan Selangor

Kampus Puncak Alam



UNIVERSITI
TEKNOLOGI
MARA

Pusat
Asasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI



MAJLIS DEKAN/PENGARAH ASASI
UNIVERSITI AWAM MALAYSIA

FLaWES: Penyelamat Bencana Alam

Nur Adilah Liyana Aladdin, Muhammad Rifqi Iman Mohd Nizam, Aaron Kenneth
Franklin Perreira, Aisya Nor Norazmi, Nurul Afiqah Azman

Universiti Pertahanan Nasional Malaysia (UPNM), Kem Sungai Besi, Kuala Lumpur,
Malaysia

*rifqiimann@gmail.com

ABSTRAK

Bencana alam pada abad ke-21 adalah akibat daripada pencemaran yang mewujudkan kesan rantaian daripada aktiviti manusia yang merosakkan bumi dan ekosistem. Sebagai contoh, penebangan hutan boleh menyebabkan hakisan tanah dan banjir kilat kritikal yang kemudiannya akan meningkatkan peluang tanah runtuh berlaku dan mengalir ke sungai dan membunuh ekosistem bawah air. Objektif projek ini adalah untuk mencipta peranti yang berfungsi sebagai penunjuk tanda awal ke arah bencana alam, peranti ini boleh digunakan dalam mencegah bencana alam bencana daripada berlaku pada masa hadapan, dan membantu Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu dalam memenuhi Matlamat Pembangunan Mampan (SDG) nombor 11 bandar dan komuniti Lestari mereka. Projek pintar ini dikuasakan oleh mikro:bit, komputer kecil yang boleh diprogramkan dengan mudah. Mikro: bit mempunyai termometer terbina dalam, penderia gegaran dan buzzer. Ia juga dilengkapi dengan penderia tambahan yang dikeluarkan oleh ELECFREAKS terdiri daripada elemen seperti Penderia Lembapan Tanah dan penderia Aras Air dan IoT:bit. IoT:bit ialah papan lampiran yang digunakan untuk membenarkan mikrobit menyambung ke ThingSpeak. Dengan menggunakan penderia ini, ia boleh mengesan maklumat masa nyata dan tepat data. Projek ini juga menggunakan teknologi IoT dengan menggunakan IoT:bit. Peranti ini juga dilengkapi dengan skrin OLED yang akan memaparkan maklumat masa nyata data. Tambahan pula, peranti ini boleh berfungsi sebagai sistem amaran awal dengan memprogramkannya untuk mematikan penggera jika keadaan atau tahap elemen data melebihi atau di bawah persediaan had. Sebagai contoh jika mikro:bit mengesan paras air melebihi paras yang sepatutnya, ia boleh menjadi tanda banjir di kawasan itu. Kesimpulannya alat ini boleh digunakan untuk mengesan suhu persekitaran, kelembapan tanah, aktiviti gegaran dan paras air di sesuatu kawasan. Justeru, ia bukan sahaja boleh berfungsi sebagai sistem amaran awal tetapi juga boleh digunakan untuk memantau keadaan alam semula jadi.

Katakunci: Internet Benda (IoT), bencana alam, penderia (sensor), pelan pembangunan mampan (SDG).

1. PENGENALAN

Menurut (B.Thiebes, T. Glade, 2016) Amaran awal bahaya alam adalah topik yang semakin ditangani oleh saintis dan dituntut oleh pihak berkepentingan yang bertanggungjawab terhadap pengurusan bahaya dan risiko. Berbeza dengan Sistem Amaran Awal (EWS) untuk cth. banjir, tanah runtuh dan Kebakaran Hutan menimbulkan masalah yang lebih

mencabar yang berkaitan dengan tingkah laku yang lebih kompleks daripada proses yang terlibat.

Menurut Jiuiping Xu et al, (2016) bencana alam ialah kejadian bencana dengan asal usul atmosfera, geologi dan hidrologi (cth., kemarau, gempa bumi, banjir, taufan, tanah runtuh) yang boleh menyebabkan kematian, kerosakan harta benda dan gangguan persekitaran sosial. Kira-kira 45,000 orang di seluruh dunia mati akibat bencana alam setiap tahun. Ini mewakili sekitar 0.1% daripada kematian global (Ritchie et all, 2014).

Dalam laporan khas Jabatan Perangkaan Malaysia, kos impak akibat banjir pada 2021 ialah RM 6.5 bilion (1,433,269,800 USD). Namun begitu, Agensi Pengurusan Bencana Negara (NADMA) hanya mampu menyediakan RM26.9 Juta (5,931,643 USD) untuk membantu memulihkan kerosakan yang berlaku. Berdasarkan kajian Jabatan Perangkaan Malaysia, jumlah kerugian akibat banjir yang berlaku di beberapa negeri di negara ini sejak akhir 2021 hingga awal 2022 berjumlah RM6.1 bilion.

Di kawasan pergunungan, bencana alam menimbulkan risiko serius kepada manusia dan infrastruktur. Oleh itu, masa depan dan potensi ciri-ciri FLaWES serba baharu dengan Internet of Things (IoT) ini yang boleh digunakan untuk pelbagai kegunaan (domestik, pemastautin, organisasi) harus dianggap sebagai diagnosis dorman yang terkenal untuk menjanjikan peningkatan di seluruh dunia.

FLaWES dicipta untuk meningkatkan tahap kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana alam bagi mengelak kejadian teruk dan bencana alam akibat bencana alam. Tepatnya, FLaWES boleh mencegah akibat bencana dengan memperoleh data masa nyata bahaya di kawasan yang boleh dipantau dari jauh oleh individu.

Tambahan pula, FLaWES mempunyai potensi pemasaran yang sangat besar untuk kawasan yang kerap mengalami bencana alam dan mereka yang ingin mengambil langkah berjaga-jaga dengan menjangkakan perkara yang tidak dijangka. Persediaan awal boleh dibuat oleh agensi dan orang ramai dalam memanfaatkan FLaWES sebagai mekanisme untuk menyesuaikan diri dan bersedia menghadapi bencana alam.

Oleh itu, FLaWES boleh membantu memberikan amaran awal khas untuk Kebakaran Liar, Banjir dan Tanah Runtuh. Dengan penggunaan aplikasi Teknologi Internet of Things (IoT), pengguna dapat memantau bahaya dalam masa nyata. Dalam konteks pengurusan bencana dan sistem Amaran Awal, IoT menyediakan cara untuk pemantauan alam sekitar yang meluas daripada sumber data yang berbeza, komunikasi kependaman rendah dan pemprosesan data masa nyata, yang membolehkan penjanaan amaran yang tepat dan tepat pada masanya sekiranya berlaku bencana.

Sebagai contoh, kerajaan telah mengeluarkan amaran banjir untuk sesuatu kawasan tetapi penduduk masih belum dilanda banjir. Apa yang boleh dilakukan oleh penduduk untuk berhati-hati ialah melihat pada pelayan Thingspeak apakah status bahaya di beberapa pusat pemeriksaan yang telah digunakan oleh FLaWES

1.2 Penyataan Masalah

Bencana alam tidak dapat dielakkan kerana ia adalah kehendak alam semula jadi dan ia adalah hasil daripada aktiviti manusia. Ia juga menunjukkan bahawa manusia masih belum menyesuaikan diri dengan bencana alam dan kebanyakan kesan buruk berlaku kerana tidak bersedia menghadapi bencana ini.

Kesediaan dunia dalam menghadapi bencana alam adalah sangat rendah. Hal ini dapat kita lihat dengan melihat kesan daripada bencana alam di seluruh dunia. Bencana alam hari ini semakin teruk disebabkan oleh pelbagai faktor yang berada di luar kawalan kita. Faktor-faktor ini seperti perubahan iklim, kenaikan suhu dan banyak lagi kini telah menjadi pembolehubah yang tidak terkawal. Akhirnya pembolehubah yang tidak terkawal ini mencipta kemusnahan kesan berantai dalam bencana alam. Sebagai contoh, penebangan hutan boleh menyebabkan hakisan tanah dan banjir kilat kritikal yang kemudiannya meningkatkan peluang tanah runtuh berlaku dan mengalir ke sungai dan membunuh ekosistem bawah air. Oleh itu, satu-satunya cara yang boleh kita capai dalam memelihara manusia dan ekosistem adalah dengan menyesuaikan diri terhadap bencana. Oleh itu, matlamat kami adalah untuk menyediakan sistem amaran awal untuk bencana alam khusus untuk banjir, tanah runtuh dan kebakaran hutan.

1.3 Objektif

Objektif utama projek ini adalah untuk menghasilkan teknologi IoT yang boleh menyediakan sistem amaran awal kepada ketiga-tiga aktiviti ini; tanah runtuh, hidupan liar dan banjir. Bagi mencapai objektif utama ini, beberapa objektif juga perlu dicapai. Sub-objektif diterangkan seperti berikut.

- Menjadi sistem amaran awal kepada masyarakat
- Menjadi system pengesan awal bencana alam
- Memenuhi Pelan Pembangunan Mampan

1.4 Skop Penyelidikan

Dalam projek ini, peranti telah direka bentuk dan direka untuk menyediakan sistem amaran awal untuk bencana alam khusus untuk banjir, tanah runtuh dan kebakaran liar sambil menggunakan Internet of Things Technology untuk memberikan akses kepada orang ramai untuk data tersebut.

2. TINJAUAN LITERATUR

Bahagian ini akan menerangkan dan meringkaskan gambaran keseluruhan tiga bencana alam yang biasa berlaku di Malaysia.

2.1. Tanah Runtuh

Tanah runtuh adalah bahaya geologi yang serius yang biasa berlaku di kebanyakan negara di dunia. Di peringkat global, tanah runtuh menyebabkan kerosakan berbilion dolar dan beribu-ribu kematian serta kecederaan setiap tahun. Tanah runtuh ditakrifkan sebagai

pergerakan jenis tanah, batu atau serpihan yang berbeza. Pergerakan tersebut berlaku ke bawah atau di sepanjang cerun. Pergerakan cerun boleh disebabkan oleh pelbagai faktor seperti hujan, pencairan salji, perubahan paras air bawah tanah, hakisan tanah, gempa bumi atau aktiviti manusia (Parthipan, 2019).

Secara amnya, tanah runtuh ialah istilah yang digunakan untuk menggambarkan pergerakan batu, tanah atau serpihan biasanya melalui graviti menuruni cerun atau ia adalah istilah untuk bentuk muka bumi biasa dengan tanda permukaan yang bercirikan. Ketidakstabilan rupa bumi boleh ditakrifkan sebagai umum atau tempatan. Ketidakstabilan am ditakrifkan dalam zon yang lebih luas yang tidak stabil atau stabil secara bersyarat, di mana terdapat banyak objek yang terancam. Pergerakan tanah sentiasa ada jadi langkah penstabilan radikal diperlukan. Masalah di tapak sedemikian selalunya sangat kompleks, dan kesan campur tangan tempatan boleh diabaikan (Yuliza, 2016).

Apabila intensiti dan tempoh hujan meningkat, penyusupan air ke dalam tanah meningkat. Keadaan ini telah terjejas oleh peningkatan berat dan liang-liangnya. Apabila air secara berterusan memasuki tanah tidak telap yang bertindak sebagai satah gelongsor, tanah menjadi tidak stabil dan luluhawa menyebabkan pergerakan tanah. Perubahan kandungan air dalam tanah menyumbang kepada perbezaan sifat tanah, mengurangkan kekuatan tanah dan sedutan matriks. Biasanya, taburan hujan diukur menggunakan tolok hujan, tetapi ia memerlukan nilai ambang hujan khusus untuk kawasan serantau atau tempatan (Hadiana, 2020).

Kadangkala, tanah runtuh disebabkan, atau menjadi lebih teruk, oleh gabungan beberapa faktor yang berbeza. Kesan semua punca ini berbeza-beza dan bergantung kepada faktor seperti kecuraman cerun, morfologi atau bentuk muka bumi, jenis tanah, geologi asas dan kehadiran orang atau struktur di kawasan yang terjejas (Alkhatib, 2021).

Walaupun Malaysia bukanlah sebuah negara yang curam (gunung dan bukit kurang daripada 25% daripada rupa bumi), kegagalan cerun/tanah runtuh kerap berlaku. Dari 1993-2011, kira-kira 28 tanah runtuh besar dilaporkan di Malaysia dengan jumlah kehilangan lebih daripada 100 nyawa.

Penempatan tetap komuniti yang sangat terdedah kepada risiko tanah runtuh menimbulkan isu mengenai kos infrastruktur dan faktor sosio-ekonomi. Oleh itu, sistem amaran awal yang kos efektif dan boleh dipercayai adalah wajar dan dianggap sebagai satu-satunya pilihan pengurangan risiko yang berdaya maju dalam banyak kes (Guzetti et al, 2020).

Hujan adalah pencetus tanah runtuh yang paling biasa di seluruh dunia. Jika keadaan tanah dan batuan di bawah permukaan berbukit sudah tidak stabil, hujan lebat sering menyebabkan lumpur, batu atau serpihan atau kesemuanya runtuh ke bawah gunung dan lereng bukit. Jika asas dasar cerun tidak stabil, hujan lebat mungkin sahaja yang diperlukan untuk mencetuskan tanah runtuh. Malah, hujan adalah pemangkin yang paling biasa untuk tanah runtuh (Alkhatib, 2014).

Kelembapan tanah adalah parameter penting untuk kajian tanah runtuh. Apabila kelembapan tanah meningkat, jisim tanah meningkat dan tekanan air liang meningkat. Apabila tekanan air Liang meningkat ia meningkatkan tegasan ricih dan mengurangkan

kekuatan ricih. Teori ini adalah punca utama berlakunya banyak tanah runtuh (Alfalqi, 2021).

2.1.2 Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan ialah kebakaran yang tidak dirancang yang membakar di kawasan semula jadi seperti hutan, padang rumput atau padang rumput. Kebakaran hutan selalunya disebabkan oleh aktiviti manusia atau fenomena semula jadi seperti kilat, dan ia boleh berlaku pada bila-bila masa atau di mana-mana sahaja. Dalam 50% kebakaran hutan yang direkodkan, tidak diketahui bagaimana ia bermula.

Kebakaran hutan ialah kebakaran yang tidak terkawal yang membakar dalam tumbuh-tumbuhan tanah liar, selalunya di kawasan luar bandar. Kebakaran hutan boleh terbakar di hutan, padang rumput, savana, dan ekosistem lain, dan telah berlaku selama ratusan juta tahun. Mereka tidak terhad kepada benua atau persekitaran tertentu.

Risiko kebakaran hutan meningkat dalam keadaan yang sangat kering, seperti kemarau, dan semasa angin kencang. Kebakaran hutan boleh mengganggu pengangkutan, komunikasi, perkhidmatan kuasa dan gas serta bekalan air. Ia juga membawa kepada kemerosotan kualiti udara, dan kehilangan harta benda, tanaman, sumber, haiwan dan manusia.

Kebakaran Hutan atau Kebakaran Hutan adalah kebakaran tidak terkawal yang berlaku di kawasan liar dan menyebabkan kerosakan yang ketara kepada sumber semula jadi dan sumber manusia adalah fenomena yang meluas di hutan Malaysia. Kebanyakan kebakaran hutan adalah suhu atmosfera dan kelembapan sekali-sekala yang menyediakan persekitaran yang baik untuk kebakaran bermula. Punca biasa kebakaran hutan termasuk kilat, kecuaihan manusia dan pendedahan bahan api kepada haba melampau dan kegersangan.

Untuk melindungi kawasan tanah dan biodiversiti yang besar ini, terdapat keperluan penting untuk mempunyai pengawasan yang hebat dan struktur berhati-hati awal untuk kebakaran hutan sementara dalam diploma penubuhan penyebarannya akan diuruskan yang akan menyelamatkan anda daripada kejadiannya.

2.1.3 Banjir

Banjir ialah limpahan air ke atas tanah yang biasanya kering. Banjir boleh berlaku semasa hujan lebat, apabila ombak laut datang ke pantai, apabila salji cair dengan cepat, atau apabila empangan atau tebing pecah. Banjir yang merosakkan mungkin berlaku dengan hanya beberapa inci air, atau ia mungkin meliputi rumah hingga ke bumbung. Banjir boleh berlaku dalam beberapa minit atau dalam tempoh yang lama, dan mungkin berhari-hari, berminggu-minggu atau lebih lama. Banjir adalah yang paling biasa dan meluas daripada semua bencana alam berkaitan cuaca (Bradley et al, 2017).

Banjir kilat adalah jenis banjir yang paling berbahaya, kerana ia menggabungkan kuasa pemusnah banjir dengan kelajuan yang luar biasa. Banjir kilat berlaku apabila hujan lebat melebihi kemampuan tanah untuk menyerapnya. Ia juga berlaku apabila air memenuhi

anak sungai atau anak sungai yang biasanya kering atau air yang mencukupi terkumpul untuk anak sungai mendahului tebingnya, menyebabkan air naik dengan cepat dalam masa yang singkat. Ia boleh berlaku dalam beberapa minit selepas hujan penyebab, menghadkan masa yang ada untuk memberi amaran dan melindungi orang ramai (Parthipan, 2019).

Musim hujan di Malaysia berlangsung dari bulan Jun hingga Oktober setiap tahun. Hujan awal biasanya berlaku pada bulan Jun. Setiap tahun, hujan lebat bermula pada bulan Julai dan berlangsung hingga Oktober, November dan Disember adalah sebahagian daripada monsun timur laut. Kedua-dua alam sekitar dan nyawa hilang akibat daripada ini. Banjir disebabkan oleh hujan lebat, isu struktur, dan pelbagai pengaruh manusia. Banjir dipengaruhi oleh keadaan lembapan antededen, rupa bumi, geologi, penggunaan tanah, dan jumlah serta jenis kerpasan.

Taman Sri Muda merupakan antara kawasan yang paling teruk dilanda banjir di Shah Alam semasa banjir Disember 2021 yang menyebabkan lebih 14,000 orang kehilangan tempat tinggal. Terdapat banyak kerosakan akibat bencana yang tidak bersedia ini. Dalam laporan khas mengenai kesan banjir, Jabatan Perangkaan berkata kerosakan pada aset dan infrastruktur awam menyebabkan kerugian sebanyak MYR 2 bilion (CHF 444.3 juta), diikuti oleh MYR 1.6 bilion (CHF 355.4 juta) dalam kerosakan kepada rumah.

Akibatnya, punca tiga bencana alam yang besar di Malaysia seperti ditunjukkan dalam Jadual 1.

Jadual 1. Meramal Bencana Alam

Banjir	Tanah Runtuh	Kebakaran Hutan
Dalam keadaan banjir, amaran awal adalah apabila kelembapan tanah tinggi. Untuk amaran bencana yang akan berlaku, ia akan berlaku apabila penderia aras air mengesan air.	pada tanah runtuh, jika kelembapan tanah meningkat ia akan menjadi amaran awal, jika sudut kecondongan tinggi ia juga akan menjadi amaran awal. Di samping itu, amaran yang akan berlaku untuk tanah runtuh adalah apabila putaran kecondongan melebihi 50.	pada kebakaran hutan, jika kelembapan tanah adalah rendah ia akan menjadi amaran awal jika suhu meningkat ia akan menjadi amaran awal dan akhirnya jika sudut kecondongan melebihi 50 dan kelembapan tanah di bawah 50 maka ia bermakna kebakaran hutan akan berlaku.

2.2 Pengurusan Bencana Alam

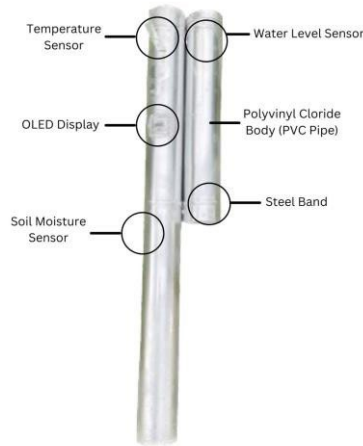
Dalam pengurusan bencana alam, sistem amaran banjir kilat boleh menjadi satu perisian bersepadu atau boleh juga termasuk perisian dan halaman web yang beroperasi dalam fasa yang berbeza. Walau bagaimanapun, ia harus memenuhi tiga fungsi asas: pemrosesan pantas data ramalan hujan, penyediaan pantas dan komunikasi mengenai kemungkinan lokasi bencana untuk orang yang prihatin dalam bentuk mesej. Pembangunan sistem amaran awal harus mengikut kedua-dua arahan teknologi dan aplikasi. Pada masa ini, model itu telah diuji dan diselaraskan untuk menghasilkan ramalan yang hampir dengan realiti.

Selain itu, menurut Agensi Pengurusan Bencana Negara (NADMA), akibat Banjir Kilat Musim Monsun, hujan dengan ribut petir diramalkan di kebanyakan Semenanjung Tanah Melayu dan Pulau Borneo. Banjir yang melanda beberapa negeri Malaysia pada akhir Disember dan awal Januari mengakibatkan kerugian keseluruhan RM6.1 bilion (AS\$1.46 bilion), kata Jabatan Perangkaan pada Jumaat (28 Jan). Dalam laporan khas mengenai kesan banjir di Malaysia pada 2021, Dr Mohd Uzidin Mahidin, ketua perangkaan, berkata kerugian itu bersamaan dengan 0.4 peratus daripada Keluaran Dalam Negara Kasar (KDNG) nominal negara. Dari segi kerugian keseluruhan mengikut kategori, aset dan infrastruktur awam berjumlah RM2 bilion, diikuti rumah (RM1.6 bilion), kenderaan (RM1.0 bilion), industri pembuatan (RM0.9 bilion), premis perniagaan (RM500 juta) dan industri pertanian (RM90.6 juta). Laporan itu juga menyebut Selangor merupakan negeri paling terjejas banjir, mencatatkan kerugian RM3.1 bilion, diikuti Pahang (RM 593.2 juta) dan Melaka (RM85.2 juta).

2.3 Status Semasa Pengurusan Bencana

Menurut Wan Fadilah (2015) Pengurusan bencana Malaysia terbahagi kepada dua iaitu pengurusan risiko (perlindungan) yang memfokuskan kepada (i) Pencegahan dan Mitigasi dan (ii) Kesediaan menggunakan Sistem Amaran Awal untuk menyebarkan kesedaran. Manakala pengurusan bencana kedua ialah pengurusan krisis (pemulihan) yang berlaku selepas sesuatu bencana berlaku yang memfokuskan kepada (i) tindak balas melalui misi Mencari dan Menyelamat, Pusat Bantuan dan tindak balas rawatan perubatan dan (ii) Pemulihan melalui pemulihan dan pembinaan semula.

3. METODOLOGI



Input	Process	Output
Soil Moisture	micro:bit	IoT:Bit
Water Level		OLED Display
Thermometer		

Rajah 1. Prototaip FLaWES.

Berdasarkan Rajah 1 tersebut, iaitu prototaip yang telah dibina untuk FLaWES, untuk mengumpul keadaan alam semula jadi, kami menggunakan pelbagai sensor iaitu sensor kelembapan tanah, sensor paras air dan termometer sebagai input untuk mengumpul data. Selain daripada itu, mikrobit digunakan sebagai pemproses FLaWES. Sementara itu output akan menggunakan iot:bit untuk memuat naik data ke internet dan Paparan OLED mini juga akan menjadi output.

3.1 Proses Prototaip

Jadual 2. Fasa Operasi FLaWES

Phase	Material	
Data collecting	Temperature	Integrated Thermometer on the micro:bit
	Water Level	Water level sensor
	Soil Moisture	Soil moisture sensor
Data processing	Micro:bit	
Data transfer	IoT:bit	Upload data to the ThingSpeak IoT server
	Mini OLED Display	Display real-time data condition

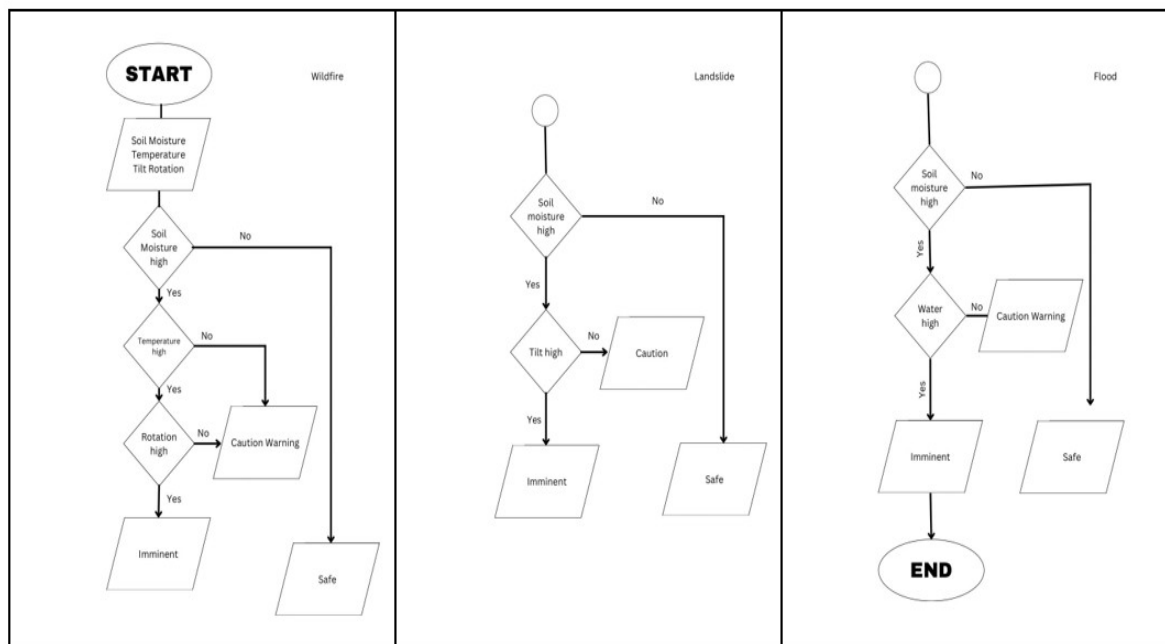
Metodologi FLaWES telah dibahagikan kepada tiga (3) fasa; (i) Pengumpulan Data, (ii) Pemprosesan Data dan (iii) Pemindahan Data. Pertama, fasa pengumpulan data FLaWES terdiri daripada termometer yang telah disepadukan di dalam mikro: bit, sensor paras air dan sensor kelembapan tanah.

Di samping itu, keseluruhan projek dikuasakan oleh mikro:bit, komputer kecil yang boleh diprogramkan dengan mudah. Komputer papan tunggal ini bertindak sebagai pemproses FLaWES semasa fasa pemprosesan data untuk memproses semua data yang dikumpul daripada penderia dan kemudian semasa fasa pemindahan Data ia akan menggunakan lampiran IoT:bit yang ditampilkan untuk membantu menghantar data ke Internet untuk dilihat oleh pengguna dalam talian.

Tambahan pula, projek ini turut menampilkan teknologi Internet of Things (IoT), data yang dikumpul dan diproses kemudiannya akan dimuat naik ke internet (ThinkSpeak Server) dengan menggunakan IoT:bit dan data tersebut juga akan dimuat naik pada paparan OLED mini semasa fasa pemindahan data.

IoT atau Internet of Things ialah internet yang disambungkan kepada objek, tetapi terminalnya bukan lagi komputer, tetapi sistem komputer terbenam yang disepadukan dalam internet dan menyokong penderia dan penggerak.

Jadual 3. Komponen dan Proses FLaWES



3.2 Pengujian Prototaip

3.3.1 Ujian Banjir

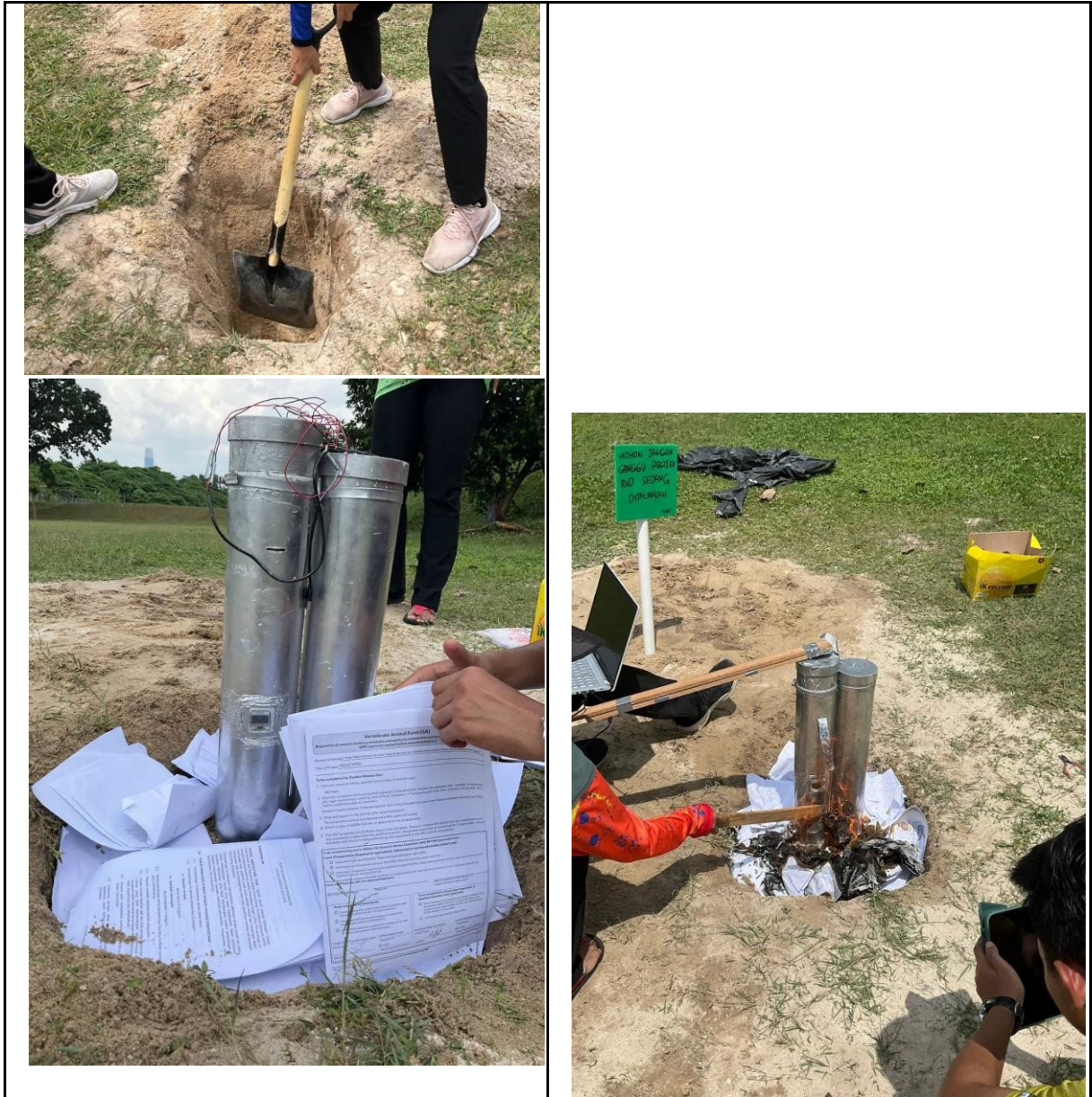
Tujuan	Untuk mengkaji bacaan dan pengesanan sensor berfungsi sebagai sistem amaran awal banjir	
Hipotesis	Kelembapan tanah tinggi Paras air tinggi	
Pemboleh Ubah	Manipulasi	Masa
	Gerak Balas	Kelembapan tanah Paras air
	Malar	Kedalaman kolam
Bahan	Tiada	
Prosedur	1. Masukkan FLaWES kedalam air 2. Pantau data di Pelayan ThinkSpeak	
		

3.3.2 Ujian Tanah Runtuh

Tujuan	Untuk mengkaji bacaan dan pengesanan sensor berfungsi sebagai sistem amaran awal tanah runtuh	
Hipotesis	Kelembapan tanah tinggi Putaran kecondongan	
Pemboleh Ubah	Manipulasi	Masa
	Gerak Balas	Isipadu air
	Malar	Kelembapan tanah Putaran kecondongan
Bahan	Penyodok, Penyiraman air	
Prosedur	1. membuat satu kawah tanah 2. Letakkan FLaWES 3. Guna penyiraman air untuk simulasi hujan	
 		

3.2.3 Ujian Kebakaran

Tujuan	Untuk mengkaji bacaan dan pengesanan sensor berfungsi sebagai sistem amaran awal kebakaran hutan	
Hipotesis	Kelembapan tanah rendah Suhu tinggi Kecondongan berubah dari 0 darjah	
Pemboleh Ubah	Manipulasi	Suhu
	Gerak Balas	Kelembapan tanah Sudut kecondongan
	Malar	Masa
Bahan	Kertas, Pemetik Api, Pemadam Api, Laptop, Ipad	
Prosedur	1. Menggali lubang sedalam 2 kaki 2. Masukkan FLaWES kedalam lubang 3. Bakar kertas disekeliling FLaWES untuk simulasi kebakaran	



4. HASIL DAPATAN

4.1.1 Kebakaran Hutan



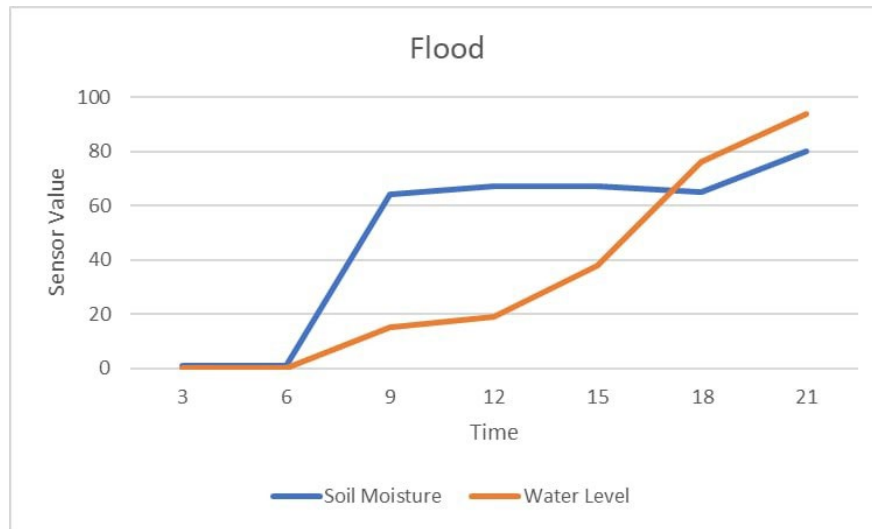
Rajah 2. Keputusan Ujikaji Kebakaran.

Berdasarkan rajah 2, data kuantitatif terkumpul daripada eksperimen 1 yang dijalankan untuk tempoh 96 Saat. Eksperimen ini dijalankan untuk membuktikan kelembapan tanah, suhu dan putaran kecondongan Teori hubungan FLAWES.

Terdapat tiga pembolehubah untuk eksperimen ini; (i) kelembapan tanah, (ii) suhu, (iii) putaran kecondongan. Percubaan bermula dengan memulakan kebakaran antara 3 hingga 30 saat. Bagi lembapan tanah, nilai penderia tertinggi direkodkan ialah 80 daripada 54 hingga 75 saat dan nilai penderia terendah bagi kelembapan tanah ialah 11 pada 69 saat. Kelembapan tanah turun daripada 70 pada 63 saat kepada 20 pada 66 saat. Penurunan mendadak ini menunjukkan bahawa lembapan tanah tersejat disebabkan oleh suhu api yang tinggi semasa eksperimen. Suhu bertakung kerana masa yang singkat untuk termometer membaca pembakaran. Manakala bagi putaran kecondongan nilai terendah ialah -1 manakala nilai putaran kecondongan tertinggi ialah 120. Kelembapan tanah dan putaran kecondongan adalah konsisten dari 0 hingga 36 saat kemudian mula mengalami perubahan selepas itu. Kelembapan tanah secara beransur-ansur turun dari 80 kepada 11 pada 60 hingga 66 saat disebabkan oleh penyejatan air dalam tanah. Selepas 30 saat, pembakaran telah pun bermula dan kita dapat melihat bahawa putaran kecondongan mula berubah dari 0 kepada 2 pada 42 saat dan terus berubah disebabkan oleh FLAWES kehilangan kestabilannya akibat kehilangan air dalam tanah yang mewujudkan liang dalam tanah dan menjadikannya kurang teguh. FLAWES tidak lama lagi bertukar daripada 8 pada 84 saat kepada 120 pada 87 saat yang menunjukkan bahawa FLAWES telah hilang keseimbangan sepenuhnya dan jatuh ke tanah. Oleh itu, ini menunjukkan bahawa kebakaran hutan akan berlaku pada ketika ini.

Rajah 2 menunjukkan bahawa pembakaran telah menyebabkan kelembapan tanah dan putaran kecondongan menjadi tidak konsisten yang boleh ditunjukkan sebagai amaran awal untuk kebakaran hutan. Penurunan kelembapan tanah yang tinggi menambah amaran awal untuk kebakaran hutan. Sementara itu, peningkatan putaran kecondongan yang tinggi boleh menjadi petunjuk bahawa kebakaran hutan akan berlaku.

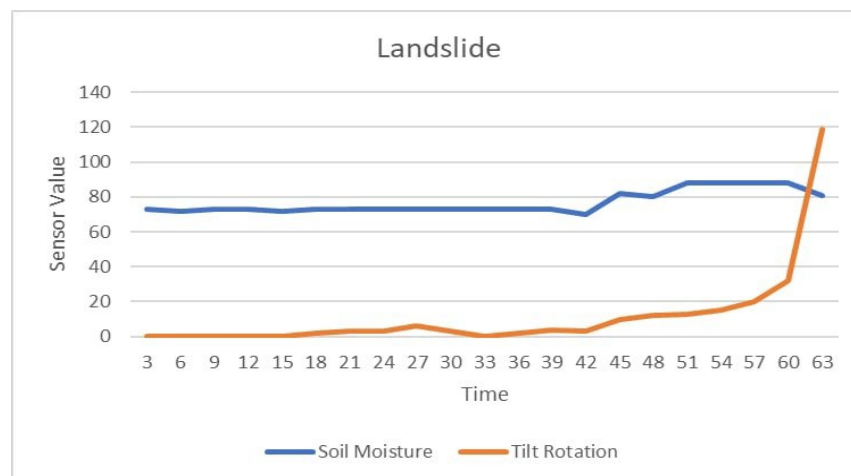
4.1.2 Banjir



Rajah 3. Keputusan Ujian Banjir.

Rajah 3 menunjukkan data kuantitatif daripada eksperimen 2. Eksperimen ini dijalankan selama 21 saat dengan kolam untuk menunjukkan senario banjir. FLaWES dimasukkan ke dalam air perlahan-lahan. Nilai Kelembapan Tanah yang paling rendah ialah 0 pada 6 saat dan nilai kelembapan tanah tertinggi ialah 80 pada 21 saat. Manakala bagi paras air nilai terendahnya ialah 0 pada 6 saat dan nilai tertinggi ialah 94 pada 21 saat. Rajah 3 menunjukkan bahawa walaupun FLaWES mengalami senario banjir, kelembapan tanah akan meningkat seolah-olah banjir berlaku dan air melebihi keupayaan tanah untuk menyerapnya. Oleh itu, daripada Rajah 3 kita boleh membuat kesimpulan bahawa kenaikan lembapan tanah daripada 0 kepada 64 pada 9 saat boleh menjadi petunjuk untuk amaran Awal manakala apabila paras air melebihi nilai paras air pada 18 saat menunjukkan bahawa banjir akan berlaku.

4.1.3 Tanah Runtuh



Rajah 4. Keputusan Ujian Tanah Runtuh.

Rajah 4 menunjukkan data terkumpul daripada ujian slump untuk eksperimen tanah runtuh. Eksperimen ini dijalankan selama 63 saat. Eksperimen juga membuktikan hubungan kelembapan tanah dan putaran kecondongan FLaWES.

Nilai terendah bagi putaran kecondongan ialah 0 pada 0 hingga 15 saat dan nilai putaran kecondongan tertinggi ialah 120 pada 63 saat. Bagi kelembapan tanah, nilai terendah ialah 73 manakala 88 daripada 51 hingga 60 saat. Rajah 4 juga menunjukkan bahawa FLaWES mula kehilangan keseimbangannya pada 15 saat dan putaran kecondongan menjadi tidak konsisten. Selepas itu pada 39 saat eksperimen, kelembapan tanah mula mengalami perubahan dan perlahan-lahan meningkat daripada 70 kepada 82 pada 42 hingga 45 saat dan ia meningkat semula daripada 80 kepada 88 pada 51 saat hingga 60 saat. Akhir sekali, Rajah 4 juga menunjukkan bahawa putaran kecondongan meningkat secara beransur-ansur pada 60 saat sehingga 63 daripada 32 kepada 119. Ini menunjukkan bahawa tanah runtuh akan berlaku dan peningkatan putaran kecondongan yang tinggi adalah disebabkan oleh peranti jatuh ke tanah.

Daripada ini kita boleh membuat kesimpulan bahawa apabila kelembapan tanah dan putaran kecondongan mengalami perubahan sebagai contoh dari 15 hingga 42 saat boleh menjadi petunjuk untuk amaran berhati-hati pada tanah runtuh dan peningkatan mendadak putaran kecondongan sebagai contoh pada 60 saat boleh menjadi petunjuk bahawa tanah runtuh akan berlaku.

5. PENAMBAHBAIKAN

Daripada hasil dan perbincangan yang ditunjukkan dalam bab sebelumnya, FLaWES harus membuat penambahbaikan yang besar untuk menjadi lebih berguna pada masa hadapan. Sebagai sebahagian daripada cadangan, papan arduino uno akan menggantikan mikrobit. Untuk membuat perbandingan antara mikro:bit dan Arduino dari aspek perkakasan dan perisian, ambang untuk menggunakan perisian pengaturcaraan Arduino adalah lebih tinggi. Keupayaan sambungan perisian adalah lebih penting. Melalui pembangunan bertahun-tahun, di bawah kerja keras kedua-dua syarikat perkakasan terbuka dan peminat Arduino, ia telah mengumpul banyak fail perpustakaan. Dalam aspek sambungan perisian, Arduino jauh lebih baik daripada mikro:bit. Memandangkan FLaWES menggunakan banyak penderia, kita perlu mempunyai keupayaan perisian yang besar. Oleh itu, arduino akan memuat naik fail dengan baik dan saiz maksimum ialah 32256 bait. Selain itu, FLaWES akan ditukar kepada sistem wayarles sebagai bekalan kuasa. Dengan penggunaan tenaga boleh diperbaharui, FLaWES akan menyimpan bateri yang berterusan untuk memasang data di dalam hutan.



Rajah 5. Penambahbaikan FLaWES.

6. KESIMPULAN

Oleh itu, dengan aplikasi Internet of Things Technology (IoT) dan kemampuan yang dimiliki oleh FLaWES, ia dapat membantu masyarakat di seluruh dunia dalam menyediakan diri mereka untuk menghadapi bencana alam dan mengurangkan jumlah kematian dan kos kemusnahan. Akhirnya, projek ini juga memenuhi Matlamat Pembangunan Lestari Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (SDG) 15 Life on Land.

Menurut Jabatan Perangkaan dalam Laporan Khas Kesan Banjir di Malaysia 2021, kos kemusnahan akibat banjir pada tahun 2021 ialah RM 6.5 bilion (1,433,269,800 USD) namun, Agensi Pengurusan Bencana Negara (NADMA) hanya mampu menyediakan RM26.9 Juta (5,931 USD) bagi membantu kerugian akibat tempahan. FLaWES dilengkapi dengan pelbagai jenis sensor untuk mengesan pelbagai jenis keadaan untuk menentukan sebarang bentuk bahaya. Penderia ini boleh menyediakan berbilang data di kawasan itu serentak dan boleh dirujuk silang untuk menentukan bahaya yang mungkin berlaku. Sebagai contoh, tanah kering dan suhu tinggi boleh menjadi tanda hakisan tanah yang boleh mengakibatkan kebakaran hutan. Contoh kedua ialah tanah yang basah dan paras air yang meningkat boleh menjadi tanda banjir. Apabila tanah basah akibat banjir atau hujan lebat juga boleh menyebabkan hakisan tanah yang kemudiannya akan meningkatkan peluang tanah runtuh berlaku. Apabila tanah runtuh berlaku ia mungkin jatuh ke bawah ke arah sungai atau pun kediaman. Kes ini akan merosakkan ekosistem sungai dengan teruk termasuk kehidupan di bawah air dan kematian yang tinggi. Selain itu, dengan aplikasi Internet of Things Technology ia menjadi peranti sumber terbuka yang boleh diakses oleh orang ramai untuk melihat keadaan semasa alam semula jadi. Akhir sekali, FLaWES ialah peranti canggih yang mampu dimiliki dan boleh dimiliki oleh sesiapa sahaja. Dengan memiliki peranti ini, ia membantu dalam usaha komuniti dan individu untuk menyesuaikan diri dengan bencana alam dengan memperoleh data bahaya masa nyata. Menurut Pertubuhan Pendidikan, Saintifik dan Kebudayaan Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu (UNESCO) Sistem amaran awal adalah komponen utama pengurangan risiko bencana. Mereka menghalang kehilangan nyawa, serta mengurangkan kesan ekonomi bahaya semula jadi. Meningkatkan ketersediaan sistem amaran awal berbilang bahaya dan maklumat risiko bencana adalah salah satu daripada tujuh sasaran global yang ditetapkan oleh Rangka Kerja Sendai untuk Pengurangan Risiko Bencana 2015-2030.

RUJUKAN

- Abdul Rahman, H., & Mapjabil, J. (2017). (PDF) landslides disaster in Malaysia: An overview - researchgate. Landslides Disaster in Malaysia: an Overview. Retrieved November 29, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/321096764_Landslides_Disaster_in_Malaysia_an_Overview
- Aji Purnomo, F., Maulana Yoeseph, N., & Wijang Abisatya, G. (2019, February). Landslide early warning system based on Arduino with soil movement and humidity sensors. NASA/ADS. Retrieved November 29, 2022, from <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019JPhCS1153a2034A/abstract>
- Alfalqi, K. (2021). IoT-Based Disaster Detection Model Using Social Networks and Machine Learning. Retrieved November 29, 2022, from <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>
- Alkhatib, A. (2014). A Review on Forest Fire Detection Techniques. Retrieved November 29, 2022, from <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1155/2014/597368>
- Asli, Y. H. (2022, January 28). Kos Kerugian Banjir 2021 mencecah RM6.1 Bilion - Dosh. Utusan Malaysia. Retrieved November 29, 2022, from <https://www.utusan.com.my/ekonomi/2022/01/kos-kerugian-banjir-2021-mencecah-rm6-1-bilion-dosh/>
- Balch, J. K., Bradley, B. A., Abatzoglou, J. T., Nagy, R. C., Fusco, E. J., & Mahood, A. L. (2017, March 14). Human-started wildfires expand the fire niche across the United States. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Retrieved November 29, 2022, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5358354/>
- Barmpoutis, P., Papaioannou, P., Dimitropoulos, K., & Grammalidis, N. (2020, November 11). A review on early forest fire detection systems using optical remote sensing. MDPI. Retrieved November 29, 2022, from <https://www.mdpi.com/14248220/20/22/6442/htm>
- Bhardwaj, G. S., Metha, M., Ahmed, M. Y., & Islam Chowdhury, M. A. (2014). Landslide monitoring by using sensor and Wireless Technique: A Review. International Journal of Geomatics and Geosciences . Retrieved November 29, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/265057741_Landslide_monitoring_by_using_sensor_and_wireless_technique_a_review

- Bhatta, N. P., & N, D. T. (2017, January). A review on environmental sensors used for landslide prediction and ... A Review on Environmental Sensors Used For Landslide Prediction And Detection. Retrieved November 29, 2022, from https://www.researchgate.net/profile/Thangadurai-Natarajan-2/publication/318672104_A_Review_on_Environmental_Sensors_Used_For_Landslide_Prediction_And_Detection/links/5976e907458515e26d25c608/A-Review-onEnvironmental-Sensors-Used-For-Landslide-Prediction-And-Detection.pdf?origin=publication_detail
- Chaulya, S., & Mandal, R. (2015, October 25). Real-time monitoring system for landslide prediction using wireless sensor networks. Academia.edu. Retrieved November 29, 2022, from https://www.academia.edu/10024615/Real_Time_Monitoring_System_for_landslide_Prediction_Using_Wireless_Sensor_Networks
- Dai a, F. C., Lee, C. F., & Ngai, Y. Y. (2002). Landslide risk assessment and management: An overview. Landslide risk assessment and management: an overview. Retrieved November 29, 2022, from <https://assetpdf.scinapse.io/prod/2134955829/2134955829.pdf>
- Damm, B., & Gerold, G. (2012, January). Analysis of landslide activity and soil moisture in hillslope sediments ... Analysis of Landslide Activity and Soil Moisture in Hillslope Sediments Using Landslide Database and Soil Water Balance Model. Retrieved November 29, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/260310610_Analysis_of_Landslide_Activity_and_Soil_Moisture_in_Hillslope_Sediments_Using_Landslide_Database_and_Soil_Water_Balance_Model
- Das, K., Majumdar, S., Moulik, S., & Fujita, M. (2009). Real-time threshold-based landslide prediction system for ... - IEEE xplore. IEEE Xplore . Retrieved November 29, 2022, from <https://ieeexplore.ieee.org/document/9258181>
- Dixon, N., Smith, A., & Pietz, M. (2022, August 24). A community-operated landslide early warning approach: Myanmar case study - geoenvironmental disasters. SpringerOpen. Retrieved November 29, 2022, from <https://geoenvironmentaldisasters.springeropen.com/articles/10.1186/s40677-022-00220-7>
- Fadilah, W. (2019). APEC emergency preparedness. APEC. Retrieved November 29, 2022, from <https://www.apec-epwg.org/>
- Guzzetti, F., Luigi Gariano, S., Peruccacci, S., & Brunetti, M. T. (2020). Geographical landslide early warning systems - researchgate. ELSEVIER. Retrieved November 29, 2022, from https://www.researchgate.net/profile/Stefano-LuigiGariano/publication/336860611_Geographical_landslide_early_warning_sys

- [tems/link s/5dd4ecf1a6fdcc37897a6ca9/Geographical-landslide-early-warningsystems.pdf?origin=publication_detail](https://www.researchgate.net/publication/355444444/figure/fig/5dd4ecf1a6fdcc37897a6ca9/Geographical-landslide-early-warningsystems.pdf?origin=publication_detail)
- Hadiana, A. I. (2020). IoT-based Disaster Management: A Case of Technological Mitigation in Indonesia. Detroit 2020. Retrieved November 29, 2022, from <http://ieomsociety.org/detroit2020/>
- Joshi, A., Grover, J., Prasanna Kanungo, D., & Kumar Panigrahi, R. (2019, December 30). Real-time landslide monitoring, detection and early warning system for Tangni landslide. SSRN. Retrieved November 29, 2022, from https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3511001
- Joshi, K. K., & Us, I. (2016, December 13). Review on landslide detection by using Wireless Sensors & GSM. Academia.edu. Retrieved November 29, 2022, from https://www.academia.edu/30429901/REVIEW_ON_LANDSLIDE_DETECTION_BY_USING_WIRELESS_SENSORS_and_GSM
- K. Balch, J., Bradley, B. A., Abatzoglou, J. T., Nagy, R. C., Fusco, E. J., & Mahood, A. L. (2017, February 27). Flood basics. NOAA National Severe Storms Laboratory. Retrieved November 29, 2022, from <https://www.nssl.noaa.gov/education/svrwx101/floods/>
- Khan, R., Yousaf, S., Haseeb, A., & Uddin, M. I. (2021, March 10). Exploring a design of landslide monitoring system. Complexity. Retrieved November 29, 2022, from <https://www.hindawi.com/journals/complexity/2021/5552417/>
- Keote, D. R. S. (2017). EARLY DETECTION AND PREVENTION SYSTEM FOR FOREST FIRE. IJRSP Inc. Retrieved November 29, 2022, from <https://www.ijsrp.org/monograph/EARLY-DETECTION-AND-PREVENTIONSISTEM-FOR-FOREST-FIRE-read.php>
- Parthipan, V. (2019, February). Preventing and Monitoring of Framework for Forest Fire Detection and Data Analysis Using Internet of Things (IoT). International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). Retrieved November 29, 2022, from <https://www.ijeat.org/>
- Patel, A., Kumar, A., Singh, S., Rani, R., & Usmani, M. H. (2022, July 13). IOT based early flood detection and avoidance. SSRN. Retrieved November 29, 2022, from https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4159183
- Peranić, J., Čeh, N., & Arbanas, Ž. (2022, September 27). The use of soil moisture and pore-water pressure sensors for the interpretation of landslide behavior in smallscale physical models. MDPI. Retrieved November 29, 2022, from <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/19/7337>

- Pillai, V. (2022, August 21). Taman sri muda flooded again, delayed water outflow to blame. Focus Malaysia. Retrieved November 29, 2022, from <https://focusmalaysia.my/taman-sri-muda-flooded-again-delayed-water-outflow-toblame/>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2014, June 3). Natural disasters. Our World in Data. Retrieved November 29, 2022, from <https://ourworldindata.org/natural-disasters>
- S.Kanwara, V., & b, N. B. (2021, March 11). Design and development of realtime landslide early warning system through low cost soil and rainfall sensors. Materials Today: Proceedings. Retrieved November 29, 2022, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321015765#:~:text=T%20landslide%20Early%20Warning%20System,are%20more%20frequent%20and%20consistent.>
- Samsuddin, M. S. (2014, January 1). Developement of wireless sensor network for landslide early warning system. UTP Electronic and Digital Intellectual Asset. Retrieved November 29, 2022, from <https://utpedia.utp.edu.my/13488/>
- Shukla, S. K., Chaulya, S. K., Mandal, R., Kumar, B., Ranjan, P., Mishra, P. K., Prasad, G. M., & Dutta, S. (2014, December). Real-time monitoring system for landslide prediction using wireless ... International Journal of Modern Communication Technologies & Research (IJMCTR). Retrieved November 29, 2022, from <https://media.neliti.com/media/publications/265744-real-time-monitoring-system-forlandslid-732e1321.pdf>
- Stanley, M. (2016). Wildfires. National Geographic Society. Retrieved November 29, 2022, from <https://education.nationalgeographic.org/resource/wildfires/>
- Tengtrairat, N., Woo, W. L., Parathai, P., Aryupong, C., Jitsangiam, P., & Rinchumphu, D. (2021, July 5). Automated landslide-risk prediction using web GIS and machine learning models. MDPI. Retrieved November 29, 2022, from <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/13/4620>
- Thiebes, B. (2012). Landslide analysis and Early Warning Systems. SpringerLink. Retrieved November 29, 2022, from <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3642-27526-5>
- Van, H. T. (2022, January 27). Early flood warning system. Encyclopedia. Retrieved November 29, 2022, from <https://encyclopedia.pub/283>
- Venkataraman, P. (2015). Forest Fire Detection using Temperature Sensors Powered by Tree and Auto Alarming using GSM. Research Gate. Retrieved November 29, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/273573781_Forest_Fire_Detection_using_Temperature_Sensors_Powered_by_Tree_and_Auto_Alarming_using_GSM

- Wicki, A., Lehmann, P., Hauck, C., Seneviratne, S. I., Waldner, P., & Stähli, M. (2020, April 15). Assessing the potential of soil moisture measurements for regional landslide early warning - landslides. SpringerLink. Retrieved November 29, 2022, from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10346-020-01400-y>
- Wicki, A., Lehmann, P., Hauck, C., Seneviratne, S. I., Waldner, P., & Stähli, M. (2020, April 15). Assessing the potential of soil moisture measurements for regional landslide early warning - landslides. SpringerLink. Retrieved November 29, 2022, from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10346-020-01400-y>
- Xu, J., Wang, Z., Shen, F., & Quyang, C. (2016). Redirecting. Retrieved November 29, 2022, from <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.04.001>
- Ya'acob, N., Tajudin, N., & Azize, A. M. (2019, March 3). Rainfall-landslide early warning system (RLEWS) using TRMM ... Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. Retrieved November 29, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/332139333_Rainfall-landslide_early_warning_system_RLEWS_using_TRMM_precipitation_estimates
- Yuliza, E., & M, M. M. (2016). Study of soil moisture sensor for landslide early warning system ... IOP Publishing. Retrieved November 29, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/308536027_Study_of_soil_moisture_sensor_for_earthquake_early_warning_system_Experiment_in_laboratory_scale
- Yuliza, E., Habil, H., & rijal, K. (2016). Study of soil moisture sensor for landslide early warning system ... IOP Publishing. Retrieved November 29, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/308536027_Study_of_soil_moisture_sensor_for_earthquake_early_warning_system_Experiment_in_laboratory_scale
- Yuliza, E., Habil, H., Munir, M. M., Irsyam, M., & Abdullah, M. (1970, January 1). Study of soil moisture sensor for landslide early warning system: Experiment in laboratory scale. CyberLeninka. Retrieved November 29, 2022, from <https://cyberleninka.org/article/n/731704>
- Zhuo, L., Dai, Q., Han, D., Chen, N., Zhao, B., & Berti, M. (2019, January 1). Evaluation of remotely sensed soil moisture for landslide hazard assessment. White Rose Research Online. Retrieved November 29, 2022, from <https://eprints.whiterose.ac.uk/153254/>