

BAB II

TINJAUAN LITERATUR

2.1 Tinjauan Literatur

Seiring pesatnya perkembangan teknologi, sistem pemantauan lingkungan untuk keperluan mitigasi bencana kini semakin banyak memanfaatkan teknologi modern seperti *Internet Of Things (IOT)*, big data, dan machine learning. *IOT* memungkinkan pemasangan sensor di berbagai lokasi rawan bencana untuk melakukan pemantauan secara *real-time*. Berbagai kajian menunjukkan bahwa penerapan teknologi ini mampu meningkatkan efisiensi pengumpulan data serta menghasilkan informasi yang lebih akurat terkait kondisi lingkungan yang berpotensi memicu bencana. Data yang diperoleh dari sensor kemudian dianalisis menggunakan algoritma machine learning guna mengidentifikasi pola-pola yang dapat mengindikasikan kemungkinan terjadinya bencana. Salah satu implementasi *IOT* dalam mitigasi bencana adalah sistem pemantauan debit air yang dirancang untuk mengukur dan merekam aliran air secara otomatis, sehingga mengurangi ketergantungan pada metode manual yang cenderung kurang akurat dan memerlukan waktu lebih lama. (Pramono *et al.*, 2024)

Selain penggunaan ESP32 dan NodeMCU, beberapa penelitian juga memanfaatkan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama dalam sistem deteksi dini gempa bumi. Arduino Uno dipilih karena memiliki harga yang relatif terjangkau, mudah diprogram, serta kompatibel dengan berbagai jenis sensor getaran dan *accelerometer*. Penggunaan Arduino Uno pada sistem

monitoring gempa dinilai efektif untuk pengembangan alat pendeteksi gempa sederhana berbasis *Internet Of Things (IOT)*.

Penelitian yang dilakukan oleh Jatmika Wahyu Aji dan rekan-rekannya dalam Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis mengembangkan alat pendeteksi gempa menggunakan Arduino Uno dan sensor getar SW-420. Sistem tersebut dirancang untuk mendeteksi getaran tanah yang melebihi ambang batas tertentu, kemudian memberikan peringatan melalui buzzer, LED, dan tampilan LCD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Arduino Uno mampu bekerja dengan baik sebagai pusat kendali sistem deteksi gempa sederhana dengan biaya implementasi yang relatif rendah. (Aji *et al.*, 2025)

Penelitian lain yang dipresentasikan dalam Seminar Nasional Teknik Elektro FORTEI menggunakan Arduino Uno dan sensor vibration 801S untuk mendeteksi aktivitas getaran yang berpotensi sebagai gempa bumi. Sistem tersebut dilengkapi dengan modul GSM Shield sehingga mampu mengirimkan pesan peringatan otomatis kepada pengguna ketika sensor mendeteksi getaran tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi Arduino Uno dengan sistem komunikasi dapat meningkatkan kecepatan penyampaian informasi bencana kepada masyarakat serta mendukung pengembangan sistem peringatan dini gempa yang lebih efektif dan responsif.

Selanjutnya, penelitian yang dipublikasikan pada *Metrotech Journal* mengembangkan sistem deteksi gempa otomatis menggunakan Arduino Uno dan sensor *accelerometer* MPU6050. Sensor *accelerometer* tersebut

digunakan untuk membaca perubahan percepatan pada sumbu X, Y, dan Z sehingga sistem dapat mengenali adanya getaran atau pergerakan tanah. Ketika getaran melebihi nilai ambang yang telah ditentukan, sistem akan mengaktifkan alarm sebagai peringatan dini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor MPU6050 memiliki tingkat sensitivitas yang cukup baik dalam mendeteksi getaran tanah berbasis Arduino Uno sehingga dapat dimanfaatkan sebagai komponen utama pada sistem peringatan dini gempa sederhana.(Tritunggal *et al.*, 2023)

Penelitian lainnya yang dipublikasikan pada Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan memanfaatkan Arduino Uno dan sensor SW-420 sebagai sistem alarm pendeteksi gempa. Sistem tersebut dirancang menggunakan komponen buzzer dan LED sebagai indikator peringatan ketika terjadi getaran. Berdasarkan hasil pengujian, sensor SW-420 mampu mendeteksi getaran dengan cukup responsif, meskipun masih memiliki keterbatasan dalam membedakan jenis getaran tertentu. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi Arduino Uno dan sensor SW-420 dapat digunakan sebagai alternatif sistem pendeteksi gempa sederhana dengan biaya yang relatif ekonomis.(Adi *et al.*, 2025)

Upaya mitigasi bencana merupakan tanggung jawab pemerintah bersama seluruh pemangku kepentingan. Hal ini ditegaskan dalam Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 Pasal 5, yang menyatakan bahwa pemerintah pusat maupun daerah memiliki peran utama sebagai penanggung jawab dalam pelaksanaan penanggulangan bencana. Penanganan tersebut mencakup

seluruh tahapan, mulai dari pra-bencana, saat tanggap darurat, hingga pasca-bencana.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nandito dan rekan rekannya (2025) disebutkan bahwasanya teknologi pendeteksi gempa di Indonesia saat ini masih banyak bergantung pada peran manusia sebagai operator. Untuk meminimalkan potensi korban, diperlukan pengembangan sistem peringatan dini gempa bumi yang lebih otomatis dan responsif. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pendeteksi gempa berbasis *Internet Of Things (IOT)*. Perangkat yang dikembangkan mampu mendeteksi getaran atau pergerakan yang tidak normal, dan apabila mencapai ambang batas tertentu, sistem akan secara otomatis mengaktifkan buzzer atau alarm sebagai bentuk peringatan dini. (Yuliano *et al.*, 2025)

Selain itu, berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, upaya pengurangan risiko bencana dapat dilakukan melalui pendekatan fisik maupun peningkatan kapasitas sumber daya manusia yang terlibat. Hal ini menunjukkan bahwa mitigasi bencana mencakup aspek struktural dan nonstruktural. Pendekatan struktural dilakukan melalui rekayasa teknis, peningkatan infrastruktur fisik, serta pemanfaatan teknologi, termasuk dalam pengembangan sistem pendeteksi bencana. (Derlin Julianto, 2021)

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa Arduino Uno memiliki kemampuan yang cukup baik untuk diterapkan pada sistem deteksi dini gempa bumi berbasis *Internet Of Things (IOT)*.

Penggunaan sensor getar seperti SW-420 dan *accelerometer* MPU6050 memungkinkan sistem mendeteksi aktivitas seismik secara *real-time*. Meskipun demikian, beberapa penelitian masih memiliki keterbatasan pada tingkat akurasi sensor, stabilitas pengiriman data, serta minimnya integrasi monitoring berbasis internet. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sistem monitoring dan deteksi dini gempa berbasis Arduino yang lebih akurat, responsif, serta mampu memberikan notifikasi secara *real-time* kepada pengguna sehingga informasi peringatan dapat diterima dengan lebih cepat dan efektif.

2.2 Internet Of Things

Perkembangan teknologi *Internet Of Things (IOT)* memberikan dampak yang besar dalam pengembangan sistem monitoring dan peringatan dini bencana, termasuk gempa bumi. Teknologi *IOT* memungkinkan berbagai perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet sehingga proses pengumpulan, pengiriman, dan pemantauan data dapat dilakukan secara otomatis serta *real-time*. Dalam sistem deteksi dini gempa, *IOT* dimanfaatkan untuk menghubungkan sensor getaran dengan server atau aplikasi monitoring sehingga informasi mengenai aktivitas seismik dapat diterima pengguna dengan lebih cepat dan efisien. Dengan adanya teknologi ini, proses penyampaian peringatan dini dapat dilakukan secara responsif sehingga berpotensi mengurangi risiko dan dampak yang ditimbulkan akibat bencana gempa bumi.

Menurut penelitian yang dipublikasikan pada IMTechno Journal,

penerapan teknologi *Internet Of Things (IOT)* pada sistem deteksi gempa mampu meningkatkan efektivitas monitoring karena data dari sensor *accelerometer* dapat dikirim secara langsung melalui jaringan internet. Sistem tersebut menggunakan ESP32 yang terintegrasi dengan sensor ADXL345 dan modul GPS untuk mendeteksi getaran sekaligus mengirimkan lokasi kejadian secara *real-time*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi *IOT* dapat membantu mempercepat proses penyampaian informasi ketika terjadi aktivitas gempa sehingga peringatan dini dapat diterima pengguna dengan lebih cepat dan akurat.

Penelitian lain yang dipublikasikan pada INTI Nusa Mandiri mengembangkan sistem monitoring gempa berbasis *Internet Of Things (IOT)* menggunakan platform *cloud* ThingSpeak. Data hasil pembacaan sensor dikirim ke server *cloud* dan divisualisasikan dalam bentuk grafik secara *real-time*. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan notifikasi otomatis melalui WhatsApp sehingga pengguna dapat memperoleh informasi secara cepat ketika terjadi getaran tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi *cloud* computing dengan teknologi *IOT* mampu meningkatkan aksesibilitas serta mempermudah proses monitoring pada sistem deteksi gempa bumi.

Selanjutnya, penelitian yang dipublikasikan pada Prosiding KONSEP Polmed memanfaatkan aplikasi Blynk sebagai media monitoring berbasis *Internet Of Things (IOT)*. Sistem menggunakan Arduino dan sensor *accelerometer* untuk mendeteksi getaran, kemudian data dikirimkan ke smartphone melalui jaringan internet. Penggunaan aplikasi Blynk

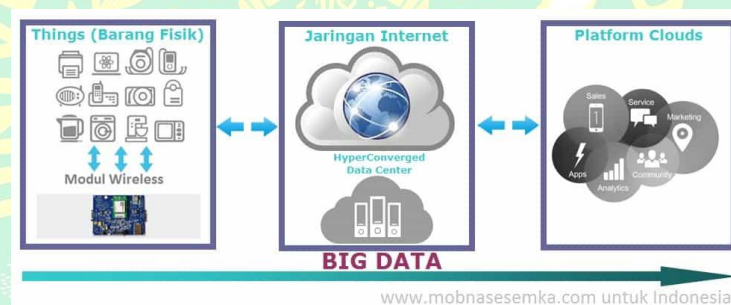
memungkinkan pengguna memantau kondisi sensor secara langsung dari jarak jauh secara *real-time*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi *IOT* mampu meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi pada sistem monitoring gempa bumi sehingga proses pemantauan menjadi lebih mudah dan responsif.(Nada Rona *et al.*, 2022)

Selain itu, beberapa penelitian juga mengembangkan sistem deteksi gempa berbasis *Internet Of Things (IOT)* dengan memanfaatkan notifikasi melalui Telegram dan WhatsApp sebagai media penyampaian informasi. Integrasi aplikasi pesan instan pada sistem *IOT* dinilai efektif karena mampu mempercepat distribusi informasi kepada masyarakat secara *real-time*. Dengan adanya notifikasi otomatis, pengguna dapat segera mengetahui potensi terjadinya gempa dan melakukan tindakan antisipasi lebih awal untuk mengurangi risiko yang mungkin terjadi. Penggunaan media komunikasi digital ini juga meningkatkan efisiensi sistem peringatan dini karena informasi dapat diterima dengan cepat dan mudah melalui perangkat smartphone.(Rini Pratiwi, *et al* 2024)

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa teknologi *Internet Of Things (IOT)* memiliki peran penting dalam meningkatkan kinerja sistem deteksi dini gempa bumi. *IOT* memungkinkan proses monitoring dilakukan secara *real-time*, mendukung pengiriman data jarak jauh, serta mempermudah penyampaian notifikasi kepada pengguna melalui berbagai media komunikasi digital. Selain itu, integrasi sensor, mikrokontroler, dan platform *cloud* mampu meningkatkan efisiensi

pemantauan aktivitas seismik sehingga informasi peringatan dapat diterima lebih cepat.

Meskipun demikian, beberapa penelitian masih menghadapi kendala seperti keterlambatan pengiriman data akibat koneksi internet yang tidak stabil, keterbatasan akurasi sensor, serta gangguan pada proses monitoring ketika jaringan mengalami masalah. Oleh karena itu, pengembangan sistem *IOT* yang lebih stabil, cepat, dan akurat masih diperlukan guna meningkatkan efektivitas sistem peringatan dini gempa bumi sehingga mampu memberikan informasi yang lebih responsif dan andal kepada masyarakat. Berikut ini merupakan gambar dari konsep dan cara kerja dari *Internet Of Things (IOT)*.



Gambar 2. 1 Konsep dan cara kerja *Internet Of Things (IOT)*

2.3 Alarm Peringatan Gempa Bumi

Sistem atau alarm peringatan gempa bumi adalah teknologi yang bertujuan untuk membantu melindungi orang dan bangunan sebelum terjadinya kerusakan dan resiko lainnya dengan cara mendeteksi aktivitas seismik. Alarm ini akan bekerja jika sensor membaca adanya aktivitas seismik yang telah melewati ambang batas kekuatan pergerakan lempeng bumi. Dengan adanya sistem alarm dan peringatan dini, diharapkan masyarakat dapat melakukan

evakuasi dengan lebih cepat sehingga risiko korban jiwa dapat diminimalkan.(Syahputra, 2022)

2.4 Mikrokontroler

Sistem mikrokontroler merupakan perangkat berukuran kecil yang dikemas dalam bentuk chip. Sistem ini memiliki memori yang terpisah antara penyimpanan kode program dan data guna mengoptimalkan kinerja perangkat. Instruksi yang tersimpan dalam memori program dieksekusi melalui satu jalur, sehingga proses pengambilan instruksi berikutnya dapat dilakukan secara bersamaan. Konsep tersebut memungkinkan eksekusi instruksi berlangsung hanya dalam satu siklus clock. Saat ini, penerapan mikrokontroler di bidang industri berkembang sangat pesat seiring dengan kemajuan teknologi industri. Hal tersebut disebabkan oleh kemampuan mikrokontroler dalam mendukung otomatisasi proses serta menciptakan sistem kerja yang lebih efektif untuk meningkatkan efisiensi produk.(Sabara, 2022)

Mikrokontroler merupakan komponen utama dalam berbagai aplikasi *Internet Of Things (IOT)*. Perangkat ini berfungsi untuk mengendalikan serta memproses data yang diterima dari sensor-sensor yang terhubung. Selain menerima sinyal input dari sensor, mikrokontroler juga mampu mengirimkan data ke sistem lain atau server guna dilakukan analisis lebih lanjut. Mikrokontroler memiliki beberapa keunggulan, seperti konsumsi daya yang rendah, ukuran yang relatif kecil, serta kemampuan pemrograman yang fleksibel untuk mendukung berbagai jenis aplikasi.(Made Santo Gitakarma dkk,2024)

Berikut ini merupakan gambar dari chip mikrokontroler 32 bit.



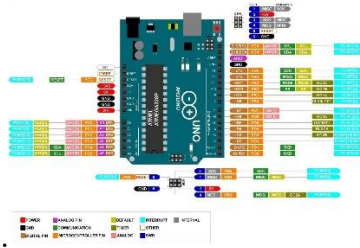
Gambar 2. 2 Chip Mikrokontroler

2.5 Arduino Uno

Arduino uno adalah salah satu mikrokontroler yang dapat digunakan untuk kita dapat mengoperasikan berbagai alat elektronika. Arduino Uno dirancang untuk memudahkan proses prototyping, pemrograman mikrokontroler, serta pengembangan berbagai perangkat elektronik berbasis mikrokontroler. Arduino merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang banyak digunakan dalam aplikasi *Internet Of Things (IOT)* karena mudah diprogram serta memiliki biaya yang relatif terjangkau. Selain itu, Arduino dilengkapi dengan port input/output (I/O) yang memadai untuk menghubungkan berbagai sensor dan perangkat lainnya. (Made Santo Gitakarma dkk, 2024)

2.6 Pin Out Arduino Uno

Agar penggunaan arduino uno dapat maksimal, kita harus mengetahui terlebih dahulu letak pin out dari arduino uno tersebut untuk menghindari kekeliruan saat menggunakan pin input dan pin output dalam pemrograman. Berikut adalah rincian pin out dari modul arduino uno



Gambar 2. 3 Pin out Arduino

2.7 Sensor MPU6050

MPU6050 merupakan sensor 6 Degrees of Freedom (6-DOF) yang mengintegrasikan *accelerometer* tiga sumbu (X, Y, dan Z) serta *gyroscope* tiga sumbu (X, Y, dan Z) dalam satu chip. Sensor yang dikembangkan oleh InvenSense ini banyak diaplikasikan pada sistem *Internet Of Things (IOT)*, robotika, wahana tanpa awak (drone), sistem navigasi, serta berbagai perangkat pendeteksi gerakan dan getaran.

MPU6050 memiliki kemampuan untuk mengukur percepatan linear dan kecepatan sudut secara simultan. Melalui kombinasi data yang diperoleh dari *accelerometer* dan *gyroscope*, sensor ini mampu menentukan orientasi, kemiringan, rotasi, serta pergerakan suatu objek dengan tingkat akurasi yang lebih baik. Selain itu, sensor ini dilengkapi dengan fitur *Digital Motion Processor (DMP)* yang berfungsi mengolah data sensor secara internal, sehingga dapat mengurangi beban pemrosesan pada mikrokontroler dan meningkatkan efisiensi kinerja sistem.(Setiawan *et al.*, 2021). Dibawah ini adalah gambar dari sensor MPU 6050.



Gambar 2. 4 Sensor MPU6050

2.8 Resistor

Resistor merupakan salah satu komponen elektronika pasif yang berfungsi untuk menghambat atau membatasi aliran arus listrik dalam suatu rangkaian elektronika. Nilai hambatan resistor dinyatakan dalam satuan ohm (Ω), yang menunjukkan besarnya kemampuan resistor dalam menghambat arus listrik. Selain sebagai pembatas arus, resistor juga memiliki peran penting dalam membagi tegangan (*voltage divider*), melindungi komponen elektronika dari arus berlebih, mengatur bias pada transistor, serta menjaga kestabilan kerja berbagai rangkaian elektronika. Oleh karena itu, resistor menjadi salah satu komponen dasar yang hampir selalu digunakan dalam setiap perancangan sistem elektronika.

Prinsip kerja resistor didasarkan pada Hukum Ohm, yang menjelaskan hubungan antara tegangan (V), arus (I), dan hambatan (R). Persamaan Hukum Ohm dinyatakan sebagai berikut:

$$V = I \times R$$

Berdasarkan persamaan tersebut, besarnya arus listrik yang mengalir

dalam suatu rangkaian dipengaruhi oleh nilai hambatan resistor. Semakin besar nilai hambatan yang dimiliki resistor, maka semakin kecil arus listrik yang dapat mengalir pada tegangan yang sama. Sebaliknya, jika nilai hambatan semakin kecil, arus listrik yang mengalir akan semakin besar. Dengan prinsip ini, resistor dapat digunakan untuk mengendalikan arus dan tegangan agar sesuai dengan kebutuhan rangkaian, sehingga komponen elektronik dapat bekerja secara aman, stabil, dan optimal.(Agustin *et al.*, 2024). Bentuk dari resistor ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 5 Resistor

2.9 Buzzer

Buzzer alarm merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi suara sehingga dapat digunakan sebagai media indikator maupun peringatan. Komponen ini banyak diaplikasikan pada berbagai sistem elektronik, seperti sistem keamanan, alarm kebakaran, peralatan rumah tangga, sistem otomasi, hingga perangkat berbasis mikrokontroler seperti Arduino dan *Internet Of Things (IOT)*. Karena mampu menghasilkan suara dengan cepat ketika menerima sinyal listrik, buzzer menjadi salah satu komponen yang efektif dalam memberikan notifikasi kepada pengguna saat terjadi kondisi tertentu.

tertentu. Sebagai contoh, pada sistem pendeteksi gempa bumi berbasis

IOT, buzzer akan berbunyi ketika sensor getar mendeteksi adanya getaran yang melebihi batas ambang yang telah ditentukan. Selain itu, buzzer juga banyak digunakan pada sistem pendeteksi kebocoran gas, alarm kebakaran, pendeteksi gerakan, maupun sistem pemantauan suhu sebagai indikator terjadinya kondisi yang memerlukan perhatian pengguna.(Sitorus *et al.*, 2025).
Dibawah ini merupakan gambar buzzer.



Gambar 2. 6 Buzzer

2.10 Lampu LED

Lampu *Light Emitting Diode* (LED) adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai sumber cahaya dan indikator pada rangkaian elektronik. LED bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi cahaya melalui bahan semikonduktor. Komponen ini banyak digunakan pada berbagai perangkat elektronik, seperti lampu indikator, sistem kontrol, peralatan rumah tangga, serta sistem berbasis mikrokontroler seperti Arduino dan *Internet Of Things* (*IOT*). Dibandingkan dengan lampu biasa, LED memiliki beberapa kelebihan, yaitu hemat energi, memiliki umur pakai yang lebih lama, berukuran kecil, dan menghasilkan panas yang lebih sedikit.

Pada sistem berbasis mikrokontroler, LED sering digunakan sebagai

perangkat keluaran (*output*) untuk menunjukkan kondisi sistem. Dalam penelitian ini, LED digunakan sebagai indikator visual pada sistem deteksi dini gempa bumi berbasis Arduino Uno. LED akan menyala ketika sensor MPU6050 mendeteksi getaran atau nilai percepatan yang melebihi batas yang telah ditentukan. Dengan demikian, pengguna dapat mengetahui kondisi sistem dengan cepat melalui indikator cahaya yang ditampilkan oleh LED. Dibawah ini merupakan gambar dari lampu led.



Gambar 2. 7 LED

2.11 Kabel Jumper

Kabel jumper adalah kabel listrik fleksibel yang berfungsi untuk menghubungkan berbagai komponen elektronik pada breadboard maupun antara breadboard dengan modul elektronik lainnya tanpa memerlukan proses penyolderan. Kabel ini sangat membantu dalam proses perancangan dan pengujian rangkaian karena memudahkan pengguna untuk melakukan perubahan atau penyesuaian koneksi dengan cepat, praktis, dan efisien.(Prastiwi *et al.*, 2025). Gambar dibawah ini merupakan bentuk dari kabel jumper



Gambar 2. 8 Kabel Jumper

2.12 Liquid Crystal Display (LCD)

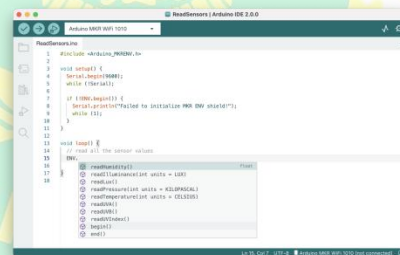
LCD I2C merupakan perangkat tampilan yang digunakan untuk menampilkan berbagai informasi pada suatu sistem elektronik. Modul ini bekerja menggunakan protokol komunikasi serial sinkron *Inter-Integrated Circuit* (I2C/IIC), sehingga proses komunikasi dengan mikrokontroler menjadi lebih sederhana dibandingkan dengan LCD yang menggunakan antarmuka paralel. LCD I2C hanya memanfaatkan dua jalur komunikasi, yaitu SDA (Serial Data) dan SCL (*Serial Clock*), untuk proses pertukaran data. Penggunaan dua pin tersebut tidak hanya menghemat jumlah pin pada mikrokontroler, tetapi juga menyederhanakan proses pemrograman sehingga implementasi sistem menjadi lebih efisien. Dibawah ini merupakan gambar dari LCD I2C. (Rizakir *et al.*, 2025)



Gambar 2. 9 LCD I2C

2.13 Arduino Ide

Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat dan mengembangkan *sketch* atau program yang akan dijalankan pada papan Arduino. *Software* ini berfungsi sebagai media pemrograman yang memungkinkan pengguna untuk menulis, mengedit, mengompilasi, serta mengunggah kode program ke board Arduino yang digunakan. Selain itu, Arduino IDE juga menyediakan berbagai fitur yang memudahkan proses pengembangan dan pengujian program. Arduino IDE dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Java dan dilengkapi dengan pustaka (*library*) C/C++ (*Wiring*) yang dirancang untuk mempermudah pengelolaan fungsi input dan output pada mikrokontroler. (Tyas *et al.*, 2023). Tampilan display dari arduino ide ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 10 Arduino Ide

2.14 Wokwi

Wokwi merupakan platform simulasi elektronika berbasis web yang dirancang untuk membantu pengguna dalam merancang, menguji, dan menjalankan proyek mikrokontroler tanpa memerlukan perangkat keras (*hardware*) secara langsung. Platform ini mendukung berbagai jenis papan

mikrokontroler, seperti Arduino Uno, Arduino Mega, ESP32, Raspberry Pi Pico, serta beragam komponen elektronika lainnya. Melalui Wokwi, pengguna dapat menyusun rangkaian elektronik secara virtual, menulis dan menjalankan program, serta mengamati kinerja rangkaian secara *real-time* sebelum diterapkan pada perangkat fisik. Dengan adanya simulasi ini, proses pengembangan sistem menjadi lebih efisien karena kesalahan pada rangkaian maupun program dapat dideteksi dan diperbaiki sejak tahap perancangan.

Wokwi memiliki berbagai fungsi yang mendukung proses pengembangan sistem berbasis mikrokontroler. Wokwi juga berfungsi sebagai media untuk menguji program Arduino maupun ESP32, sehingga proses pengembangan perangkat lunak dapat dilakukan dengan lebih cepat dan aman. Dalam bidang pendidikan, Wokwi banyak dimanfaatkan sebagai sarana pembelajaran elektronika, *Internet Of Things (IOT)*, dan sistem tertanam (*embedded system*). Platform ini juga memudahkan proses *debugging* program dan rangkaian, sekaligus mengurangi biaya pengembangan karena kebutuhan akan komponen fisik pada tahap awal dapat diminimalkan. (Rizki *et al.*, 2025). Display dari wokwi *project* ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 11 Wokwi Project Display