

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Ni Kadek Diah Parwati dkk. (2018) merancang sistem peringatan dini bencana tanah longsor berbasis mikrokontroler ATmega328. Sistem tersebut mengintegrasikan sensor *hygrometer* untuk mendeteksi kelembaban tanah dan sensor *piezoelectric* untuk menangkap getaran atau pergerakan tanah. Hasil pemantauan ditampilkan melalui situs web *ThingSpeak* serta perangkat seluler. Sistem ini mampu mengklasifikasikan status kondisi menjadi tiga tingkat: aman, waspada, dan awas. Ketika status mencapai tingkat awas, sistem secara otomatis mengirimkan pesan singkat (SMS) sebagai peringatan bahaya dan mengaktifkan *buzzer* sebagai alarm lokal. Berdasarkan hasil uji coba, perangkat mampu mengirimkan data secara *real-time* dan menjalankan fungsi peringatan secara optimal.

Sementara itu, Sermi Weya dan Zulfajri B. Hasanuddin dkk. (2019) mengembangkan sistem peringatan dini tanah longsor berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) yang diterapkan di Kecamatan Sentani, Jayapura. Dalam sistem ini, berbagai node sensor digunakan untuk mengukur parameter lingkungan seperti intensitas cahaya, suhu, kelembaban, dan pergerakan objek. Data yang diperoleh dikirimkan melalui jaringan *Wi-Fi* ke *gateway*, kemudian diteruskan ke server berbasis *cloud* (VPS) untuk dianalisis dan disajikan melalui antarmuka

web dan notifikasi di *smartphone*. Tujuan utama sistem ini adalah untuk meningkatkan kewaspadaan masyarakat terhadap potensi longsor di wilayah perbukitan melalui pengiriman informasi secara cepat dan terstruktur. Sistem juga menggunakan integrasi layanan web seperti Google Maps dan *OpenWeather* untuk mendukung tampilan lokasi dan kondisi cuaca secara langsung.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Prihartanto dan Rizki Fitriani dkk. (2019), sistem peringatan dini tanah longsor dikembangkan dengan menerapkan teknologi LEWS (*Landslide Early Warning System*) yang telah dipasang di Kampung Jatiradio, Kecamatan Cililin, Kabupaten Bandung Barat. Sistem terdiri dari modul induk (koordinator), modul anak (node), serta pusat data sebagai pengendali dan pemantau informasi. Sensor-sensor yang digunakan mampu mendeteksi curah hujan, kelembaban tanah, kemiringan, dan percepatan pergerakan tanah. Data dari sensor dikirimkan secara telemetri ke pusat pengolahan, lalu dianalisis untuk menentukan status siaga. Selain itu, informasi dikirimkan ke aplikasi berbasis web (*Si-Benar*) dan sistem SMS gateway sebagai media penyampaian peringatan kepada pengguna.

Penelitian lain oleh Chrisdano Ryan Chandra Dasmasele dkk. (2020) merancang sistem peringatan dini tanah longsor untuk wilayah Kota Ambon dengan pendekatan berbasis *Internet of Things (IoT)*. Sistem ini menggabungkan data spasial dari citra satelit Landsat dengan informasi faktor pemicu longsor seperti curah hujan, kemiringan lereng, dan jenis tanah. Perangkat *IoT* dipasang pada lokasi rawan dan menggunakan sensor kelembaban tanah (*soil moisture*)

serta akselerometer (MPU6050) untuk mendeteksi gejala pergerakan tanah. Data yang memenuhi kriteria potensi longsor akan diproses dan dikirim ke perangkat seluler pengguna sebagai notifikasi peringatan. Sistem ini bertujuan untuk memberikan peringatan dini secara cepat dan akurat agar dampak dari bencana dapat diminimalkan.

Terakhir, Noviandri dkk. (2020) mengembangkan sistem peringatan dini berbasis aplikasi mobile yang dirancang khusus untuk wilayah Jalan Lintas Sumbar–Riau, yang dikenal rawan longsor. Sistem ini menggunakan pendekatan *Design Science Research Methodology (DSRM)* dan bertujuan untuk menyampaikan tanda-tanda potensi bencana kepada masyarakat melalui notifikasi aplikasi. Tujuan utama dari sistem ini adalah meningkatkan kesiapsiagaan serta mengurangi risiko korban jiwa. Namun demikian, sistem hanya mampu memantau satu lokasi per alat, sehingga disarankan pada penelitian lanjutan untuk menambahkan sensor getaran tanah serta kemampuan multi-lokasi agar perhitungan potensi longsor lebih akurat dan luas cakupannya.

2.2 Landasan Teori

1. EWS (*Early Warning System*) Tanah Longsor

Sistem Peringatan Dini (*Early Warning System*) merupakan suatu mekanisme terintegrasi yang dirancang untuk memberikan informasi secara cepat mengenai potensi terjadinya peristiwa alam, termasuk bencana. Sistem ini berfungsi menyampaikan sinyal peringatan kepada masyarakat mengenai kemungkinan bahaya, sehingga mereka dapat

melakukan langkah antisipatif secara tepat waktu. Penyampaian informasi tersebut harus disesuaikan dengan tingkat pemahaman masyarakat, sehingga bahasa yang digunakan harus sederhana dan mudah dipahami.

Dalam situasi darurat, bentuk penyampaian peringatan umumnya dilakukan melalui media yang langsung dapat diterima oleh masyarakat, seperti sirene, kentongan, atau perangkat lokal lainnya. Namun, sebelum sistem peringatan dini diimplementasikan di wilayah rawan bencana, perlu dilakukan kegiatan pemantauan terlebih dahulu terhadap kondisi lingkungan di kawasan tersebut. Tahap ini penting untuk memperoleh data yang dapat digunakan dalam menentukan strategi mitigasi yang tepat guna mengurangi risiko serta dampak dari bencana.

Melalui penerapan sistem peringatan dini yang efektif, diharapkan masyarakat dapat memperoleh informasi sebelum bencana benar-benar terjadi, sehingga proses evakuasi dapat dilakukan lebih awal untuk menyelamatkan jiwa serta meminimalkan potensi korban (Nunu, 2024).

2. Bahasa Pemrograman C++

Bahasa pemrograman C++ merupakan salah satu bahasa pemrograman komputer yang bersifat general-purpose, yaitu dapat digunakan untuk mengembangkan berbagai jenis aplikasi. Bahasa ini memiliki fleksibilitas tinggi dan telah digunakan dalam pembuatan sistem operasi seperti Windows dan Linux, perangkat lunak keamanan seperti

antivirus, aplikasi pengolah citra digital, hingga compiler untuk bahasa pemrograman lainnya. Bahkan, bahasa pemrograman C++ turut berperan dalam pengembangan bahasa pemrograman lain seperti PHP.

Meskipun dirancang sebagai bahasa pemrograman serbaguna, bahasa C++ paling ideal digunakan dalam pengembangan aplikasi yang berkaitan langsung dengan sistem operasi dan perangkat keras. Hal ini sejalan dengan tujuan awal diciptakannya bahasa C++, yaitu untuk menangani pengembangan sistem pada tingkat rendah.

Bahasa pemrograman C++ pertama kali dikembangkan oleh Dennis M. Ritchie pada tahun 1972 di Bell Telephone Laboratories yang berlokasi di Murray Hill, New Jersey, Amerika Serikat. Ritchie menciptakan bahasa ini sebagai upaya untuk membangun sistem operasi UNIX yang sebelumnya ditulis dalam bahasa assembly. Penggunaan bahasa assembly dianggap tidak efisien karena kompleksitas dan tingkat kesulitannya yang tinggi dalam proses pengembangan perangkat lunak.

Sebelum terciptanya bahasa C++, para peneliti di Bell Labs sempat merancang bahasa B sebagai alternatif untuk menggantikan bahasa assembly. Namun, bahasa B masih memiliki keterbatasan, sehingga dikembangkan lebih lanjut menjadi bahasa C++. Dengan memanfaatkan bahasa C++, sistem operasi UNIX kemudian ditulis ulang dan menjadi lebih efisien. UNIX sendiri kemudian menjadi fondasi bagi sistem operasi modern seperti Linux, MacOS, dan Androidsoft(Rafil, 2023)..

Adapun sejumlah keunggulan dari bahasa pemrograman C++ dibandingkan bahasa lain antara lain:

- a. C++ merupakan bahasa pemrograman berparadigma prosedural.
- b. Memiliki kecepatan eksekusi yang tinggi serta efisiensi dalam penggunaan sumber daya.
- c. Merupakan bahasa yang bersifat portabel, sehingga dapat dijalankan di berbagai platform.
- d. Dikenal sebagai induk dari sebagian besar bahasa pemrograman modern

3. ESP32

ESP32 merupakan salah satu papan pengembangan (development board) yang kompatibel dengan Arduino, dan dirancang secara khusus untuk menunjang kebutuhan pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT). Modul ini menggunakan chip WiFi generasi ESP8266, serta dilengkapi dengan 11 pin input/output digital dan satu kanal input analog yang dapat menerima tegangan maksimum sebesar 3,3 volt. ESP32 mampu beroperasi dalam rentang pasokan daya antara 9 hingga 24 volt.

Berikut ini merupakan sejumlah keunggulan dari ESP32 (Prasetya, 2022):

- a. Kompatibel dengan Arduino IDE

ESP32 dapat diprogram menggunakan Arduino IDE, serta mendukung penggunaan sintaksis dan pustaka (*library*) yang telah

banyak tersedia di komunitas pengembang, sehingga mempermudah proses pemrograman.

b. Konfigurasi pin serupa dengan Arduino Uno

Papan ESP32 memiliki tata letak pin yang menyerupai Arduino Uno, memungkinkan pengguna untuk mengintegrasikannya dengan berbagai modul tambahan (*shield*) Arduino tanpa perlu melakukan penyesuaian ulang.

c. Dapat beroperasi secara mandiri

Berbeda dengan sebagian besar modul *WiFi* lainnya yang masih membutuhkan mikrokontroler eksternal sebagai pengendali, ESP32 memiliki CPU internal yang dapat menjalankan program secara mandiri. Pemrograman dapat dilakukan melalui port serial maupun melalui metode *Over-The-Air* (OTA) tanpa koneksi fisik langsung.

d. Kecepatan pemrosesan tinggi

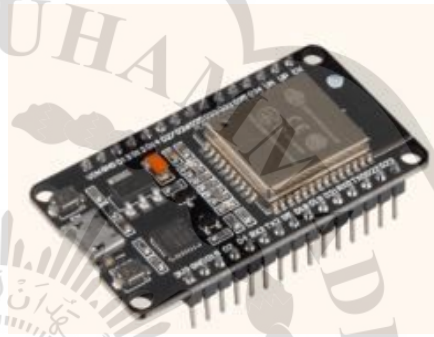
ESP32 dilengkapi dengan prosesor utama 32-bit yang bekerja pada frekuensi 80 MHz, sehingga memiliki kemampuan eksekusi yang lebih cepat dibandingkan dengan mikrokontroler 8-bit yang umum digunakan pada papan Arduino konvensional.

e. Mendukung bahasa pemrograman tingkat tinggi

Selain melalui Arduino IDE, ESP32 juga dapat diprogram menggunakan bahasa Python dan Lua. Hal ini memberikan fleksibilitas

lebih, terutama bagi pengembang jaringan atau pemrogram yang belum terbiasa dengan pemrograman mikrokontroler.

Dengan karakteristik tersebut, ESP32 menjadi salah satu solusi ideal dalam pengembangan sistem IoT yang memerlukan konektivitas nirkabel, pemrosesan cepat, dan fleksibilitas dalam pemrograman.



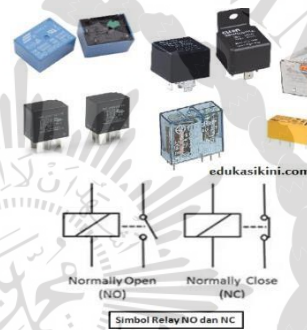
Gambar 2.1 ESP 32
(Sumber: Prasetya, 2022)

4. Relay

Relay merupakan suatu perangkat saklar yang bekerja berdasarkan prinsip pengendalian listrik, dan tergolong dalam komponen elektromekanis. Komponen ini umumnya terdiri dari dua bagian utama, yaitu elemen elektromagnetik (kumparan/coil) dan bagian mekanis berupa seperangkat kontak saklar. Mekanisme kerja relay memanfaatkan gaya elektromagnetik yang dihasilkan oleh arus listrik berdaya rendah untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga mampu mengendalikan arus listrik bertegangan tinggi.

Sebagai ilustrasi, relay yang menggunakan elektromagnet dengan tegangan 5 volt dan arus sebesar 50 miliampere dapat mengaktifkan lengan penggerak (armature) untuk menghubungkan rangkaian listrik dengan tegangan 220 volt dan arus 2 ampere. Hal ini menunjukkan bahwa relay berfungsi sebagai penghubung antara sirkuit kendali berdaya rendah dengan beban listrik yang membutuhkan daya lebih besar (Irawan, 2023).

Gambar 2.2 Relay



(Sumber: Irawan, 2023)

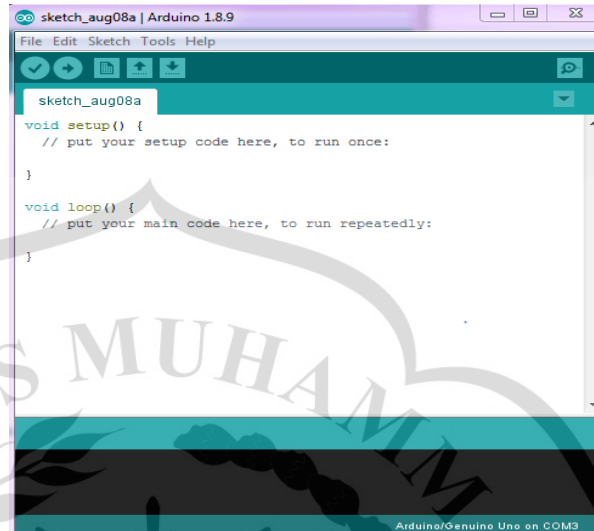
5. *Software* Arduino IDE

Integrated Development Environment (IDE) merupakan suatu perangkat lunak yang menyediakan lingkungan terintegrasi untuk mendukung proses pengembangan perangkat lunak. Dalam konteks pemrograman Arduino, IDE berperan sebagai media utama dalam menyusun, mengompilasi, dan mengunggah instruksi program ke dalam mikrokontroler. Disebut sebagai “lingkungan” karena dalam satu aplikasi, pengguna dapat menulis kode, mengakses pustaka (*library*), serta melakukan verifikasi dan unggahan kode ke perangkat secara langsung.

Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman khusus yang disebut *Sketch*, yang pada dasarnya merupakan penyederhanaan dari bahasa C/C++ agar lebih mudah dipahami oleh pengguna pemula. Sintaks yang digunakan telah disesuaikan agar lebih intuitif, tanpa menghilangkan fleksibilitas dalam pengendalian perangkat keras.

Sebelum dipasarkan, mikrokontroler Arduino telah dilengkapi dengan program khusus bernama *bootloader*. Perangkat lunak ini memungkinkan komunikasi antara compiler Arduino dengan mikrokontroler tanpa memerlukan alat pemrogram eksternal. Dengan adanya *bootloader*, pengguna dapat langsung mengunggah kode melalui koneksi USB tanpa melakukan proses pemrograman manual.

Arduino *IDE* dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman *Java* dan dilengkapi dengan pustaka berbasis bahasa C/C++ yang dikenal dengan nama *Wiring*. Pustaka ini menyederhanakan proses pemrograman input/output dengan menyediakan fungsi-fungsi siap pakai. Selain itu, Arduino IDE merupakan turunan dari perangkat lunak *Processing*, yang kemudian dimodifikasi secara khusus untuk mendukung pengembangan sistem berbasis platform Arduino (David, 2023).



Gambar 2.3 Software Arduino

(Sumber: David, 2023)

6. Sensor *Gyroscope*

Sensor *Gyroscope* (MPU6050) merupakan perangkat *Motion Tracking* pertama di dunia yang terintegrasi 6 *axis* dengan menggabungkan 3 *axis* MPU6050 dan 3 *axis gyroscope* serta Digital Motion Processor yang semuanya dalam paket ukuran kecil, 4x4x0.9 mm. Sensor MPU6050 dilengkapi dengan tiga konverter ADC (*Analog Digital Converter*) 16 bit untuk mengkonversi keluaran *gyroscope* dan tiga konverter ADC 16 bit untuk mengkonversi keluaran MPU6050. Untuk mengetahui presisi baik cepat ataupun lambat gerakan, *gyroscope* diprogram dengan dengan penggunaan

full scale berkisar antara ± 250 , ± 500 , ± 1000 , dan ± 2000 ° / detik (dps) dan pada MPU6050 diprogram dengan penggunaan *full scale* berkisar antara ± 2 g, ± 4 g, ± 8 g, dan ± 16 g. MPU6050 beroperasi pada tegangan 2.375V- 3.46 V. MPU6050 hanya mendukung *Serial Interface* (Darmawan, 2024).



Gambar 2.4 Sensor *Gyroscope*
(Sumber: Darmawan, 2024)

7. Sensor *Hygrometer*

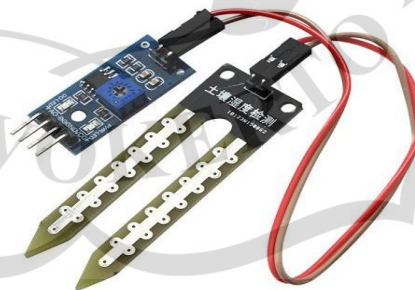
Sensor *hygrometer* tanah, atau yang lebih dikenal sebagai sensor kelembaban tanah (*soil moisture sensor*), merupakan perangkat elektronik sederhana yang digunakan untuk mengukur kadar kelembaban dalam media tanah. Meskipun tergolong alat dengan rancangan yang minimalis, sensor ini sangat efektif digunakan dalam pemantauan kelembaban tanah, khususnya untuk keperluan pertanian dan sistem irigasi otomatis.

Struktur sensor terdiri dari dua buah elektroda (*probe*) yang ditanamkan ke dalam tanah. Sensor bekerja dengan mengalirkan arus listrik melalui tanah menggunakan kedua *probe* tersebut, lalu

mengukur nilai resistansi yang dihasilkan. Nilai resistansi ini kemudian diinterpretasikan sebagai tingkat kelembaban tanah. Semakin tinggi kandungan air dalam tanah, semakin kecil nilai resistansi yang terukur, karena air memfasilitasi konduktivitas listrik dengan lebih baik. Sebaliknya, jika tanah dalam kondisi kering, resistansinya akan meningkat karena media kering merupakan isolator yang buruk.

Sensor ini menjadi solusi praktis dalam membantu pemantauan kelembaban tanah secara real-time dan memberikan indikasi terhadap kebutuhan penyiraman tanaman, serta sangat bermanfaat dalam sistem peringatan dini kekeringan atau pergerakan tanah yang dipengaruhi oleh kadar air (Syahrir, 2024).

Gambar 2.5 Sensor *Hygrometer*



(Sumber: (Syahrir, 2024).

8. *Buzzer*

Buzzer merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi untuk mengkonversi energi listrik menjadi getaran suara. Secara prinsip, cara kerja *buzzer* memiliki kemiripan dengan pengeras suara (*loudspeaker*), karena sama-sama memanfaatkan medan elektromagnetik untuk menghasilkan gelombang bunyi. Komponen ini terdiri dari kumparan yang dipasang pada sebuah diafragma. Ketika arus listrik mengalir melalui kumparan, terbentuklah medan magnet yang menyebabkan kumparan bergerak maju atau mundur, tergantung arah aliran arus dan polaritas magnetnya.

Gerakan bolak-balik kumparan ini akan menggetarkan diafragma yang terhubung dengannya, sehingga menimbulkan getaran udara yang kemudian terdengar sebagai suara. Mekanisme ini memungkinkan *buzzer* untuk menghasilkan sinyal audio secara kontinu maupun dalam bentuk pulsa tergantung pada input yang diberikan. Dalam konteks aplikatif, *buzzer* umumnya digunakan sebagai indikator peringatan atau alarm, terutama untuk memberi sinyal bahwa telah terjadi kondisi tidak normal atau kesalahan pada suatu sistem elektronik (Saputra, 2020).

Gambar 2.6 Buzzer



(Sumber: Saputra, 2020)

9. Adaptor 5V

Adaptor merupakan suatu perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah tegangan bolak-balik (AC) dengan level tinggi menjadi tegangan searah (DC) dengan level yang lebih rendah. Alat ini sering dijadikan alternatif pengganti sumber daya DC seperti baterai atau aki, karena lebih praktis dan dapat digunakan selama tersedia pasokan listrik dari jaringan PLN. Keunggulan lainnya terletak pada efisiensi penggunaan energi listrik AC yang relatif lebih stabil untuk pemakaian jangka panjang.

Dalam implementasinya, adaptor sering dimanfaatkan sebagai sumber catu daya untuk berbagai perangkat elektronik, seperti sistem penguat suara (*amplifier*), radio, televisi mini, dan alat-alat elektronik lainnya. Arus searah (DC) yang dihasilkan oleh adaptor memiliki



karakteristik polaritas tetap, yaitu kutub positif dan negatif yang tidak berubah. Contoh umum dari arus DC adalah arus listrik yang dihasilkan oleh baterai (Sander, 2022).

Gambar 2.7 Adaptor 5V

(Sumber: Sander, 2022)

10. Kabel *Jumper*

Kabel *jumper* merupakan salah satu jenis kabel penghubung yang digunakan dalam rangkaian elektronika, khususnya untuk menghubungkan komponen pada papan breadboard secara sementara tanpa perlu melalui proses penyolderan. Kabel ini dirancang untuk mempermudah perakitan dan pengujian sirkuit elektronik secara fleksibel dan efisien.

Pada umumnya, kabel *jumper* memiliki konektor di kedua ujungnya yang memungkinkan sambungan antar titik menjadi lebih praktis. Terdapat dua jenis konektor utama yang digunakan: konektor tipe *male*, yang berfungsi untuk ditancapkan langsung ke soket atau port, dan konektor tipe *female*, yang digunakan untuk menerima pin atau konektor dari komponen lain (Susiyanto, 2023).



Gambar 2.8 Kabel Jumper

(Sumber: Susiyanto, 2023)

11. *Internet Of Things*

Internet of Things (IoT) adalah objek jaringan secara fisik yang dapat tertanam dengan perangkat elektronik, software, sensor dan terhubung ke jaringan internet, yang memungkinkan objek untuk mengumpulkan dan pertukaran data tanpa memerlukan interaksi manusia ke komputer. Adapun dalam jaringan mesh jangkauan transmisi untuk perangkat internet of things yaitu lebih kurang 9 meter hingga 90 meter (Wibowo, 2023).

12. Telegram

Telegram merupakan salah satu aplikasi perpesanan instan berbasis *cloud* yang memungkinkan penggunaanya untuk mengirimkan pesan dengan tingkat keamanan tinggi. Aplikasi ini mendukung enkripsi end-to-end dalam mode percakapan rahasia, sehingga menjamin kerahasiaan komunikasi antara pengirim dan penerima. Selain fitur perpesanan dasar seperti pengiriman gambar dan video, Telegram juga memfasilitasi pertukaran dokumen serta berbagi lokasi secara langsung. Keunggulan Telegram dibandingkan aplikasi serupa terletak pada performa yang cepat, antarmuka yang sederhana, tidak menampilkan iklan, serta sepenuhnya bebas biaya. Dalam kondisi tertentu, seperti pembatasan akses terhadap aplikasi WhatsApp oleh otoritas pemerintah, Telegram dapat menjadi alternatif yang andal untuk komunikasi tanpa hambatan.

Sebagai platform berbasis *cloud*, Telegram memungkinkan sinkronisasi percakapan lintas perangkat secara seamless, mulai dari smartphone, tablet, komputer desktop, hingga versi web. Hal ini menjadikannya sangat fleksibel untuk digunakan dalam berbagai konteks, termasuk integrasi sistem berbasis bot untuk keperluan tertentu seperti sistem pemantauan, server pulsa, hingga aplikasi dalam proyek IoT.

Selain itu, Telegram juga dikenal sebagai aplikasi yang ringan dan hemat ruang penyimpanan, karena hanya memerlukan sumber daya yang minim pada perangkat pintar. Dibandingkan dengan *WhatsApp*, Telegram menawarkan kecepatan pengiriman pesan yang lebih unggul karena sistem arsitektur cloud-nya. Beberapa keunggulan utama dari Telegram antara lain:

- a. Layanan tersedia secara gratis
- b. Ukuran aplikasi ringan dan kecepatan pengiriman tinggi
- c. Tidak mengandung iklan
- d. Menyediakan sistem enkripsi end-to-end
- e. Mendukung pengiriman file hingga 1,5 GB
- f. Memiliki fitur channel dengan kapasitas besar

- g. Dilengkapi dengan fitur *bot* serta dukungan *API open source* yang memungkinkan pengembangan lebih lanjut (Rushan, 2022).

Gambar 2.9 Telegram



(Sumber: Rushan, 2022)