

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Penelitian

Pada penelitian sebelumnya teknologi WSN sudah banyak dikembangkan oleh para peneliti. Penelitian dengan teknologi WSN dimanfaatkan oleh Jusak [5] untuk memantau suhu dan kelembaban udara. Pada penelitian tersebut jaringan sensor nirkabel yang dibangun terdiri dari 2 buah *node sensor* yaitu *node sensor 1* dan *node sensor 2* yang berfungsi sebagai pengumpul data sensor dan sebuah *coordinator* yang berfungsi untuk menerima data yang berasal dari *node sensor*. *Node sensor 1* terdiri dari sensor suhu LM35 dan mikrokontroler Arduino SMD, sedangkan *node sensor 2* terdiri dari sensor kelembaban DHT11 dan mikrokontroler Arduino Uno R3, dan Xbee Series 2 yang digunakan sebagai media komunikasi antara *node sensor* dan *coordinator*. Selain itu penelitian lain yang dilakukan oleh Andrea Giorgetti [6] juga memanfaatkan WSN dengan sensor *soil hygrometer*, *extensometer* dan *tiltmeter* untuk memantau kadar air tanah dan pergerakan tanah di lereng. Sementara untuk perangkat jaringan sensor nirkabel yang digunakan memiliki standar IEEE 802.15.4

Teknologi WSN juga dikembangkan Fitto Trihanda Muchlason [7] dalam sistem *monitoring output* pada panel surya yang dilengkapi dengan *web server* untuk *memonitoring* panel surya. Pada penelitian tersebut terdiri dari 2 *node sensor*. Dimana pada masing-masing *node sensor* terdiri dari sensor suhu (LM35), sensor cahaya (LDR), sensor arus (ACS712) sensor tegangan, mikrokontroler Arduino Uno, dan ESP8266 sebagai media pengirim data secara *wireless*. Selain itu penelitian tersebut juga menggunakan *router* sebagai *access point* dan *web server* sebagai *server* untuk menampilkan data-data sensor.

Pemanfaatan WSN juga digunakan oleh Muhammad Ziki Elfirman [8] untuk *monitoring* lahan gambut jarak jauh dengan *Internet of Things* (IoT) dalam memantau lahan gambut pada lokasi terpencil. Teknologi WSN juga pernah dimanfaatkan Zaryanti Zainuddin [9] untuk mendeteksi bencana longsor. Penelitian

tersebut menggunakan *network* simulator untuk memodelkan sistem komunikasi WSN dalam mendeteksi longsor.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Sermi Weya [10] yaitu menerapkan teknologi WSN dalam membuat sistem peringatan dini bencana tanah longsor di provinsi Papua, kota Jayapura, kecamatan Sentani. Pada penelitian tersebut *router* digunakan sebagai perantara pengiriman data. WSN *node* digunakan sebagai pengumpulan data beberapa sensor. WSN *Gateway* digunakan untuk meneruskan paket data dari sebuah *node* ke internet, *Cloud VPS* berfungsi sebagai *computing node (CPU virtual)*. *Smtip Server* digunakan sebagai komunikasi dengan *server* guna mengirimkan aplikasi android dari lokal aplikasi android ke *server*. *Openweather Web sevices* untuk meneruskan ke *Google Map/Leaflet Web Services*, mengirim informasi. *Web/dashboard monitoring* sebagai menampilkan data dari *node sensor* berupa JSON yang akan diolah oleh *javascript* di halaman *dashboard*. *Smartphone* digunakan untuk menampilkan notifikasi peringatan longsor

2.2. Tinjauan Komponen Penelitian *Hardware*

2.2.1. Tanah Longsor

Tanah longsor merupakan keadaan dimana terjadi perpindahan material yang membentuk lereng bergerak kebawah atau keluar dari lereng karena hilangnya kesetimbangan. Peristiwa tanah longsor terjadi ketika air masuk ke dalam tanah sehingga menambah berat tanah. Apabila tanah yang berperan sebagai bidang gelincir kedap dengan air, maka tanah tersebut akan menjadi licin sehingga menyebabkan tanah pelapukan yang berada diatasnya akan bergerak keluar lereng. Pada prinsipnya tanah longsor terjadi apabila gaya yang bekerja mengalami perubahan kesetimbangan. Terdapat dua gaya yang bekerja dalam proses longsor yaitu *driving force* dan *resisting force*. Apabila *driving force* lemah dan *resisting force* material kuat maka dapat dikatakan bahwa tidak ada potensi longsor atau keadaan lereng stabil, namun apabila terdapat *tigger* yang merubah kesetimbangan maka akan terjadi potensi longsor [11]. Tanah longsor terjadi juga disebabkan oleh beberapa faktor yaitu erosi, hujan, lereng terjal, batuan yang tidak kompak, jenis penggunaan lahan, getaran, tanah yang kurang padat dan tebal, penyusutan

permukaan danau/waduk, beban tambahan, material timbunan pada tebing, penggundulan hutan, adanya bidang diskontinuitas dan bekas longsor lama [12]. Jika dilihat dari faktor penyebabnya, tanah longsor sering terjadi disebabkan oleh besar sudut lereng atau kemiringan dan hujan yang tinggi sehingga menjadi unsur pemicu gerakan tanah. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pemantauan untuk mengenali tanda-tanda yang mengawali gerakan tanah dengan menggunakan 4 sensor yang sesuai untuk mendeteksi faktor yang sering menyebabkan tanah longsor. Sensor tersebut yaitu sensor *ultrasonic* HCSR04 dan *infrared* yang digunakan untuk mengetahui jarak pergeseran tanah, sensor *accelerometer* MPU6050 untuk mendeteksi kemiringan tanah, dan sensor *soil moisture* (YL-69) untuk mendeteksi kelembaban tanah.

2.2.2. *Wireless Sensor Network* (WSN)

WSN atau biasa disebut dengan jaringan sensor nirkabel adalah teknologi yang terdiri dari tiga proses yaitu sensing, proses data, dan komunikasi jaringan. Teknologi WSN mempunyai dua bagian penting yaitu *node sensor* dan *sink*. *Node sensor* adalah gabungan dari beberapa perangkat atau komponen yang terdiri dari sensor, mikrokontroler, memori eksternal, baterai atau catu daya, dan protokol jaringan (*transceiver*). Sensor digunakan sebagai pendeteksi besaran fisis pada suatu keadaan, mikrokontroler sebagai pengkonversi dalam pembacaan sinyal dari *analog* ke *digital*, memori eksternal sebagai penyimpan data tambahan pada *node sensor*, baterai atau catu daya sebagai sumber tegangan, dan protokol komunikasi (*transceiver*) sebagai pengirim serta penerima sinyal radio dari dan untuk *node sensor* yang lain. Sedangkan *sink* adalah perangkat yang digunakan untuk mengumpulkan data dari *node sensor* lalu data tersebut dapat diproses kembali sehingga dapat mengetahui keadaan dari suatu daerah yang dipantau [13].

2.2.3. Arsitektur WSN

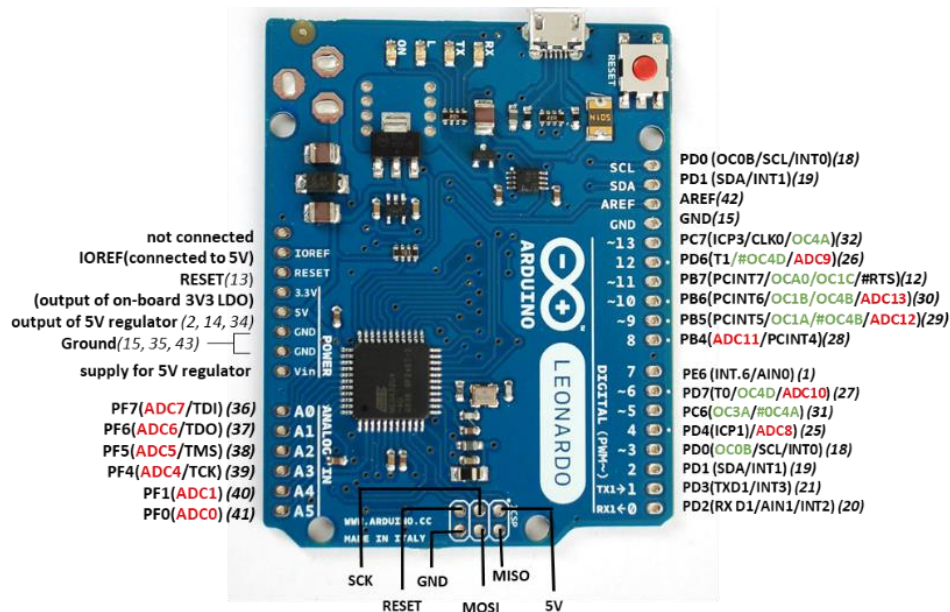
Pada setiap WSN pasti terdapat arsitektur jaringan, arsitektur jaringan dapat dikatakan sebagai rancangan arus komunikasi media elektronik. Terdapat beberapa proses penting di dalam arsitektur WSN antara lain :

- a. *Sensing* ialah pengambilan informasi sensor.
- b. *Processing* merupakan pemrosesan informasi dari sensor.
- c. *Communication* ialah informasi yang sudah diproses dan dikomunikasikan kepada pengguna.
- d. *Power* ataupun catu daya merupakan input energi.

Selain itu dalam perkembangan jaringan sensor nirkabel ada beberapa jenis topologi yang sering digunakan antara lain, topologi *star*, topologi *tree*, topologi *mesh*, dan topologi *bus*. Topologi *star* merupakan topologi yang paling dasar dimana komunikasinya langsung antara *node sensor* dan *gateway*. Topologi *tree* adalah topologi yang hampir sama dengan topologi *star* hanya saja terdapat perbedaan dalam mengirimkan data yaitu menggunakan *node sensor* lain. Topologi *mesh* adalah topologi yang masing-masing *node sensor* saling berkomunikasi dan mempertahankan jalur komunikasi untuk kembali ke *gateway*. Sedangkan untuk topologi *bus* adalah topologi yang menggunakan komunikasi bersama [14]. Pada penelitian ini topologi yang digunakan adalah topologi *star*. Topologi *star* digunakan supaya apabila terdapat satu jaringan komunikasi yang terputus maka tidak mempengaruhi jaringan komunikasi yang lainnya.

2.2.4. Arduino Leonardo

Arduino Leonardo merupakan *board* mikrokontroler berbasis ATmega32U4 (*datasheet*). Arduino Leonardo mempunyai 20 pin *input* dari *output digital* dimana 7 pin *input* tersebut digunakan sebagai *output* PWM serta 12 pin *input analog*, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header*, serta tombol reset sebagai pendukung mikrokontroler supaya bisa digunakan [15]. Pada penelitian ini Arduino Leonardo merupakan mikrokontroler yang digunakan untuk membangun sebuah sistem. Mikrokontroler digunakan untuk mengubah sinyal yang dihasilkan oleh sensor-sensor yang terdapat dalam *node sensor* dan akan memberikan perintah pada modul LoRa *transmitter* untuk mengirimkan data sensor yang telah diolah. Tanpa adanya komponen ini, sensor yang terdapat di dalam sistem *node sensor* yang dibangun tidak dapat bekerja. Penggunaan komponen ini karena memiliki spesifikasi sesuai dengan kebutuhan sistem yang dibangun. Berikut ini adalah bentuk fisik dari Arduino Leonardo yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.

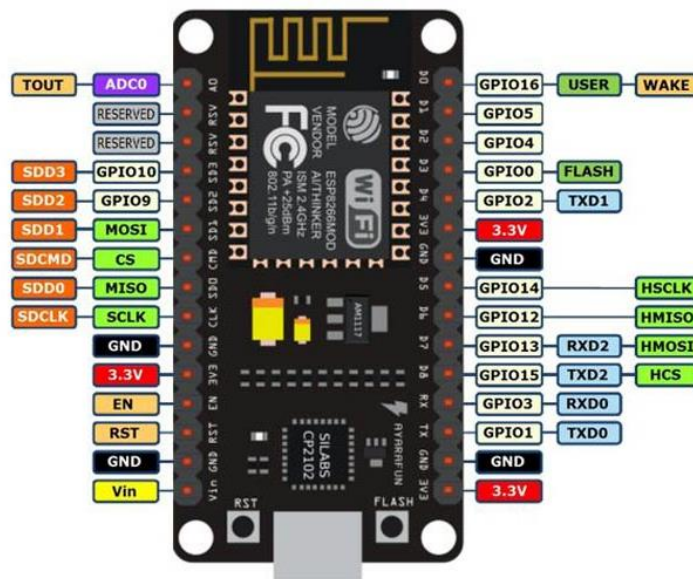


Gambar 2.1. Arduino Leonardo.

2.2.5. NodeMCU

NodeMCU adalah sebuah *open source platform IoT* dengan *firmware* berbasis e-Lua. NodeMCU merupakan pengembangan dari ESP8266 yang menggunakan bahasa pemrograman Lua. Bahasa Lua merupakan bahasa yang mirip dengan bahasa pemrograman C, hanya saja perbedaan bahasa pemrograman antara Lua dengan C terletak pada *syntax*. *Tools* yang dapat digunakan dalam penggunaan bahasa Lua adalah *tool Lua loader* atau *Lua uploder*. Pemrograman NodeMCU dapat dijalankan pada *software* Arduino IDE dengan sedikit melakukan perubahan pada *board manager* Arduino IDE. NodeMcu dilengkapi dengan *micro usb port* yang digunakan sebagai pemrograman maupun *power supply*. Pada NodeMCU juga di lengkapi dengan tombol reset dan tombol *flash* atau dapat disebut sebagai tombol *push button* [16]. NodeMCU merupakan komponen yang digunakan untuk membangun sebuah sistem pada penelitian ini. NodeMCU merupakan mikrokontroler yang dilengkapi dengan modul WIFI. NodeMCU digunakan untuk menerima data dari *node sensor* dengan memberikan perintah ke modul LoRa *receiver* untuk menerima data dari *node sensor*. NodeMCU juga yang melakukan transmisi data ke *database* dengan memanfaatkan modul WIFI. NodeMCU digunakan karena memiliki spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan sistem yang

dibangun. Berikut ini adalah bentuk fisik dari NodeMCU V.3 yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. NodeMCU, diambil dari [15].

2.2.6. LoRa (*Long Range*)

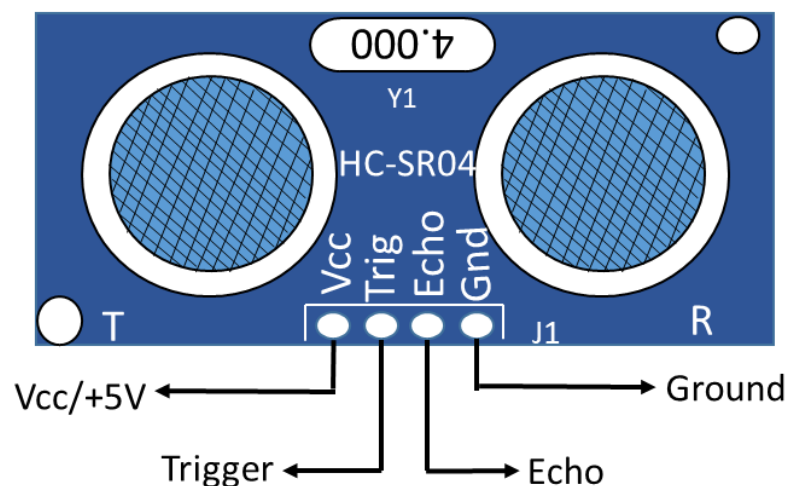
LoRa merupakan salah satu modul hemat energi dalam penggunaannya. LoRa tergolong modul yang dapat mendukung pengiriman jarak jauh dengan data yang cukup besar. LoRa sendiri sudah lolos pengujian dari pihak teknisi bersertifikat. Dalam beberapa tahun terakhir, LoRa mulai digemari oleh peneliti dikarenakan teknologi jalur-jalur komunikasi yang berbasis daya rendah mulai mengikuti arus menuju cakupan jarak dalam satuan multi-kilometer. LoRa adalah sebuah modul komunikasi jarak jauh yang dihasilkan menggunakan modulasi FM. Pengaplikasian dari LoRa sangat beragam terutama pada bidang IoT. LoRa mendukung adanya komunikasi jarak jauh antar *device*. Tipe LoRa Ra-02 ini mampu mengirim data dengan frekuensi 433 MHz [17]. Pada penelitian ini LoRa SX1278 Ra-02 digunakan untuk mengirim dan menerima data pergeseran tanah, kemiringan tanah, dan kelembaban tanah dengan sinyal radio. Berikut ini adalah tampilan fisik dari LoRa SX1278 Ra-02 yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. LoRa SX1728 Ra-02, diambil dari [17].

2.2.7. Sensor *Ultrasonic* (HCSR04)

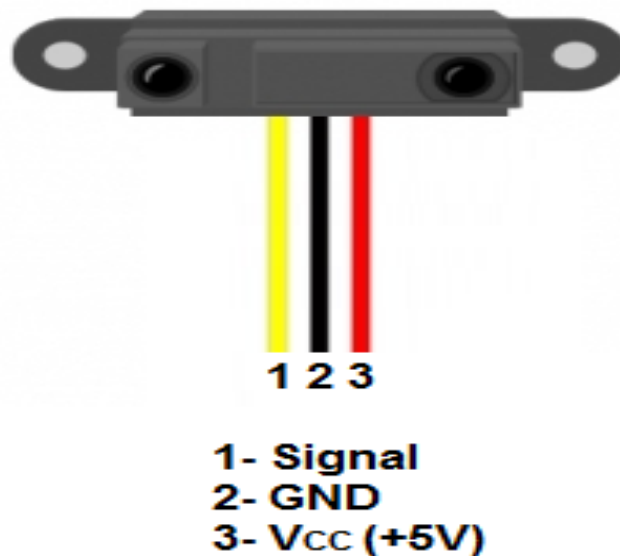
Sensor HCSR04 adalah jenis sensor ultrasonik yang sering digunakan karena sensor ini termasuk kedalam sensor ultrasonik yang *low cost*. Sensor HCSR04 memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk mengukur jarak suatu benda. Sensor HCSR04 terdiri dari satu buah pemancar *ultrasonic* (*transmitter*) dan satu buah penerima *ultrasonic* (*receiver*). Sensor ini mampu mengukur jarak antara 2 cm sampai dengan 400 cm dengan presisi sebesar 0,3 cm. Sensor ini terdiri dari 4 pin yang membutuhkan arus sebesar 2 Ma dan tegangan sebesar +5V [18]. Pada penelitian ini sensor HCSR04 juga digunakan untuk mengetahui jarak pergeseran tanah supaya lebih akurat dalam mengetahui jarak pergeseran tanah. Berikut ini tampilan fisik dari sensor *ultrasonic* HCSR04 yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4. Sensor *ultrasonic* (HCSR04).

2.2.8. Sensor *Infrared* (GP2Y0A21YK0F)

Sensor GP2Y0A21YK0F adalah sensor *infrared* yang diproduksi oleh Sharp. Sensor GP2Y0A21YK0F adalah sensor cahaya dengan jenis fotolistrik yang mampu mengukur jarak dengan batas 10-80 cm. Sensor ini bekerja dengan memancarkan sinar inframerah dengan frekuensi 40 kHz dan hasil pantulannya diterima oleh susunan *detector* inframerah. Prinsip kerja dari sensor ini adalah memantulkan cahaya lalu cahaya diterima oleh *receiver* dan menghasilkan tegangan listrik. Besar tegangan listrik yang dihasilkan sesuai dengan jarak antara sensor dan bidang pemantul. Apabila jarak sensor dengan bidang pemantul jauh maka tegangan yang dihasilkan kecil. Sedangkan apabila jarak sensor dengan bidang pemantul dekat maka tegangan yang dihasilkan besar [19]. Pada penelitian ini sensor *Infrared* (GP2Y0A21YK0F) digunakan untuk mengetahui jarak pergeseran tanah pada sistem. Berikut ini adalah tampilan fisik dari sensor *infrared* (GP2Y0A21YK0F) yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.

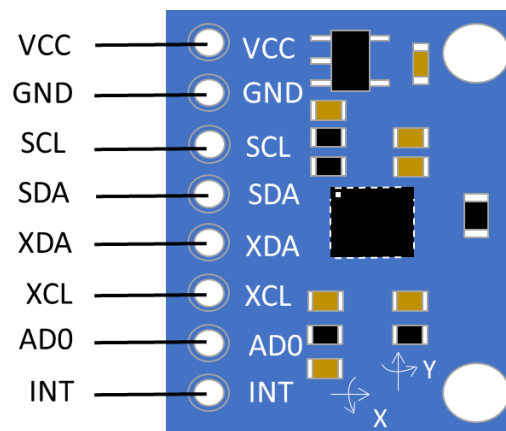


Gambar 2.5. Sensor *infrared*, diambil dari [20].

2.2.9. Sensor *Accelerometer* (MPU6050)

Inertial Measurement Unit (IMU) merupakan suatu modul yang digunakan untuk mengukur kecepatan, orientasi, dan gaya gravitasi. IMU memiliki komponen penyusun yaitu sensor *accelerometer* dan sensor *gyroscope*. Sensor MPU6050 merupakan sensor yang termasuk kedalam IMU karena didalam sensor ini terdapat

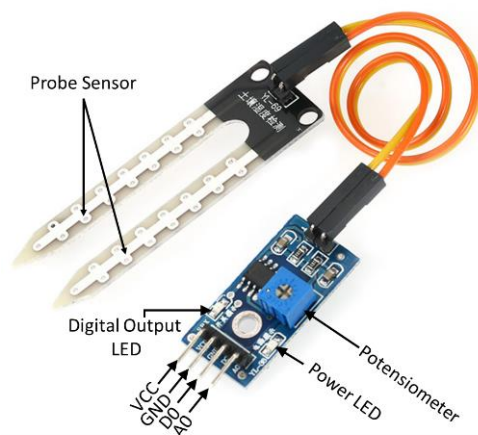
accelerometer dan *gyroscope*. Sensor *accelerometer* merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan suatu benda. Sedangkan sensor *gyroscope* merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi gerakan sesuai gravitasi. Sensor *gyroscope* terdiri dari 3 keluaran berupa kecepatan sudut yang berasal dari 3 arah yaitu kecepatan sudut sumbu x (sudut ϕ), sumbu y sudut (θ), dan sumbu z (sudut ψ) [20]. Pada penelitian ini sensor *accelerometer* MPU6050 digunakan untuk mengetahui kemiringan tanah pada sistem. Berikut ini adalah tampilan fisik dari sensor *accelerometer* MPU6050 yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Sensor *accelerometer* (MPU6050).

2.2.10. Sensor *Soil Moisture* (YL-69)

Sensor *soil moisture* (YL-69) merupakan sensor yang dapat mendeteksi kelembaban tanah. Sensor ini terdiri dari 2 *probe* yang berfungsi untuk mengaliri arus dalam tanah dan membaca resistansi yang didapatkan untuk menentukan kelembaban pada tanah. Ketika sensor ini menerima banyak air dalam tanah maka resistansi yang didapatkan akan kecil karena sangat mudah menghantarkan arus listrik, sedangkan saat tanah kering atau kekurangan air maka resistansi akan besar karena tidak mudah untuk menghantarkan arus listrik. Berikut ini gambar sensor *soil moisture* (YL-69) [21]. Pada penelitian ini sensor *soil moisture* (YL-69) digunakan untuk mengetahui kelembaban tanah pada sistem. Berikut ini tampilan fisik dari sensor *soil moisture* (YL-69) yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Sensor soil moisture (YL-69).

2.3. Tinjauan Komponen Penelitian Software

2.3.1. Website

Website merupakan sebuah kumpulan halaman yang dapat menampilkan informasi berupa data gambar, teks, suara, video, animasi, serta data gabungan, baik bersifat statis maupun dinamis sehingga dapat membentuk satu rangkaian yang saling terkait. Dimana masing-masing halaman terhubung satu sama lain sehingga dapat diakses secara luas melalui *homepage* menggunakan *browser* atau URL *website* [22]. *Website* ini adalah salah satu dari sistem yang dibangun pada penelitian ini. *Website* pada penelitian ini digunakan untuk dapat me-*monitoring* data berupa data kelembaban tanah, kemiringan tanah, pergeseran tanah, dan kecepatan pergeseran tanah secara *realtime* yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta mampu mengirimkan notifikasi ke *handphone* apabila terdapat kondisi yang melebihi batas parameter. *Website* ini dibangun supaya memudahkan pengguna dalam me-*monitoring* tanah longsor di suatu daerah tertentu.

2.3.2. PHP

PHP (*Hypertext Preprocessor*) merupakan bahasa pemrograman yang dipakai dalam membangun sebuah *website*. PHP adalah bahasa pemrograman pada sisi *server* yang mengizinkan programmer untuk menyisipkan perintah-perintah perangkat lunak *web server* seperti *Apache*, *IIS*, ataupun yang lainnya sehingga dapat diolah sebelum perintah itu dikirim oleh halaman ke *browser* yang me-

request-nya. Pada awalnya PHP hanya digunakan dalam membangun sebuah *web* yang mampu menghasilkan halaman yang dinamis akan tetapi PHP telah dijadikan sebagai bahasa *scripting* untuk keperluan umum. Oleh karena itu kode PHP diinterpretasikan oleh server web dengan modul PHP prosesor dan tertanam dalam dokumen sumber HTML sehingga menghasilkan dokumen halaman *web*. Pada umumnya *website* dibentuk dari gabungan beberapa halaman *web* yang saling berhubungan yang biasanya disebut sebagai *hyperlink*, sedangkan untuk teks penghubung dinamakan *hypertext*. Pada sebuah *website* biasanya terdapat MySQL yang digunakan untuk membuat dan mengelola *database*. *Database* tersebut dirancang menggunakan bahasa pemrograman PHP (*Hypertext Preprocessor*) [23]. Penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman PHP karena mudah untuk dipahami, bersifat *open source*, dokumentasinya lengkap, serta memiliki dukungan komunitas yang besar.

2.3.3. *My Structured Query Language (MySQL)*

MySQL merupakan sebuah DBMS (*Database Management System*) yang biasa digunakan dalam membuat sebuah *website*. MySQL menggunakan bahasa SQL (*Structured Query Language*) yang berfungsi untuk membuat dan mengelola *database* pada sisi server yang memuat berbagai macam informasi. MySQL menggunakan antarmuka *phpMyAdmin* yang berfungsi untuk menghubungkan pemrograman PHP dengan *database*. Selain itu MySQL juga bersifat *open source* sehingga mampu diakses oleh siapa saja dan kapan saja. Dalam proses pengambilan data MySQL menggunakan metode *relational database* yang termasuk dalam RDBMS (*Relational Database Management System*) [24]. Pada penelitian ini MySQL digunakan untuk tempat menyimpan data berupa data kelembaban tanah, kemiringan tanah, pergeseran tanah, dan kecepatan pergeseran tanah sebelum data tersebut ditampilkan pada *website monitoring*.

2.3.4. XAMPP

XAMPP adalah *tools* yang sudah terdapat paket perangkat lunak di dalamnya yang membentuk satu buah paket. Dalam satu paket XAMPP tersebut sudah terdapat *web server* (Apache), MySQL (*database*), PHP (*server side scripting*), Perl, FTP server,

phpMyAdmin dan berbagai pustaka bantu lainnya. XAMPP berfungsi sebagai server yang mampu berdiri sendiri atau biasa disebut sebagai *localhost* [25]. Pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak XAMPP dalam membangun sebuah *website monitoring* karena di dalam XAMPP apabila telah mengunduh dan mengaktifkan XAMPP maka *web server* Apache, PHP dan MySQL sudah tersedia secara otomatis dan tidak perlu menginstalnya secara manual. Sehingga hal tersebut mempermudah dalam membangun sebuah *website*.

2.3.5. Bootstrap

Bootstrap merupakan *front-end framework* yang baik. Untuk mempercepat dan mempermudah pengembangan *website*, *bootstrap* mengedapankan tampilan *mobile device* seperti Hp, *smartphone*, dan lain-lain. Pada *bootstrap* tersedia HTML, CSS, serta *Javascript* yang dapat digunakan secara langsung dan mudah untuk dikembangkan. Dalam membangun desain *website* secara responsif, dinamis, serta statis dapat menggunakan *bootstrap*. Tampilan *website* yang dibuat dengan *bootstrap* dapat menyesuaikan dimensi layar dari *browser* yang digunakan pada desktop, tablet, ataupun *mobile device*. Kelebihan yang dimiliki oleh *bootstrap* yaitu dapat membangun kerangka menggunakan Less, suatu teknologi CSS yang simpel serta mudah dalam penggunaannya. Less juga menawarkan lebih banyak kekuatan serta fleksibilitas dari CSS pada biasanya. Dalam pengembangan suatu *website* menggunakan Less dapat mempermudah mengakses informasi dan fungsi warna, variabel, serta operasi pemakaian [26]. Pada penelitian ini *bootstrap* digunakan untuk mempermudah dalam mendesain sebuah *website*. *Bootstrap* yang digunakan pada penelitian ini adalah *bootstrap* versi 4 dimana *bootstrap* versi 4 ini memiliki kelebihan dari *bootstrap-bootstrap* versi sebelumnya seperti perubahan tampilan *styling*, warna, *fonts*, dan lain sebagainya.