

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Penelitian yang dilakukan oleh Leni Y.W, Aidhia Rahmi, dan Megasyani Anaperta pada tahun 2021, yang berjudul “Rancang Bangun Alat Ukur Medan Magnet Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Efek Hall”. Penelitian ini menggunakan alat berbasis ATmega328 dengan menggunakan board mikrokontroler Arduino UNO. Alat ukur medan magnet yang telah dikembangkan akan digunakan untuk mengumpulkan data mengenai pengukuran medan magnet terhadap variasi jarak selenoida, medan magnet terhadap jumlah lilitan kawat, dan arus listrik pada selenoida. Penelitian juga melibatkan perbandingan hasil pengukuran medan magnet terhadap jumlah lilitan kawat dan arus listrik pada selenoida dengan menggunakan alat ukur acuan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin dekat jarak sensor dengan lilitan, medan magnet yang terdeteksi oleh sensor semakin besar. Pengukuran terhadap jumlah lilitan dan arus listrik menunjukkan bahwa medan magnet menjadi lebih besar seiring dengan peningkatan jumlah lilitan dan arus yang mengalir. Persentase kesalahan (% error) untuk pengukuran medan magnet terhadap jarak, jumlah lilitan, dan arus listrik berturut-turut sebesar 14,60%, 1,42%, dan 0,44%.

Penelitian yang dilakukan oleh Hanung Vernanda Putri, Yohanes Radiyono, Indra Budi Setiawan pada tahun 2022, yang berjudul “Pengembangan Alat Percobaan Induksi Magnetik Pada Kawat Melingkar Berarus dengan *Hall Effect* Sensor UGN3503”. Penelitian ini menguraikan langkah-langkah dalam pembuatan alat eksperimen Induksi Magnetik pada Kawat Melingkar Berarus. Alat tersebut dirancang untuk menggambarkan hubungan antara jari-jari lingkaran, jumlah lilitan, dan arus listrik. Proses pengukuran dilakukan dengan menggunakan sensor efek Hall UGN3503 dan sensor arus ACS712. Alat ini mampu secara otomatis menghitung besar induksi magnetik dan arus yang terjadi. Eksperimen ini merupakan modifikasi dari alat eksperimen konvensional yang fokus pada sub materi induksi magnetik di kawat melingkar berarus. Alat ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu papan utama percobaan,

rangkaian sumber arus listrik, dan rangkaian sensor efek Hall dan sensor arus. Papan utama percobaan melibatkan papan kayu dengan panjang 1 meter, lebar 40 cm, lilitan kawat dengan variasi ukuran dan jumlah yang berbeda, serta saklar komutator. Rangkaian sumber arus mencakup *power supply* dan adaptor, sedangkan rangkaian sensor mencakup sensor efek Hall UGN3503 dan sensor arus ACS712 yang ditempatkan pada pusat lilitan. Pembacaan sensor ditampilkan melalui layar LCD.

Penelitian yang dijalankan oleh Yudhistira dan Priyo Wibowo pada tahun 2019, berjudul “Pengukuran Medan Magnetik *Helmholtz Coil* Melalui Konversi Tegangan Efek Hall”. Dalam penelitian ini, penggunaan sensor efek Hall melibatkan tipe UGN3503. Sistem pengukuran medan magnetik dihasilkan melalui kumparan model *Helmholtz Coil*, terdiri dari sepasang kumparan simetris dengan jarak setengah diameter kumparan. Kedua kumparan memiliki diameter masing-masing 20 cm dan 30 cm, dengan setiap kumparan mengandung 100 lilitan kawat tembaga. Arus DC (*Direct Current*) diberikan pada kumparan dan diubah-variasikan dari 0 hingga 2 A secara bertahap, sementara posisi sensor diubah-variasikan secara aksial. Parameter yang digunakan untuk memperoleh nilai medan magnetik mencakup nilai *gradien linieritas* sensor efek Hall dan tegangan Hall (VH) yang terukur. Hasilnya, nilai medan magnetik dalam satuan mili-Tesla (mT) pada setiap titik pengukuran dihasilkan melalui konversi nilai tegangan Hall (mV). Konversi nilai ini diperoleh dengan menggabungkan persamaan medan magnetik *Helmholtz Coil* dan persamaan efek Hall, yaitu dengan nilai konversi 0,0945 Tesla per Volt untuk pasangan kumparan 20 cm dan 0,063 Tesla per Volt untuk pasangan kumparan 30 cm.

Pada penelitian yang diprakarsai oleh Irwan Syah Erlangga. Pada tahun 2018, yang berjudul “Pembuatan Alat Ukur Medan Magnet Pada Kumparan *Helmholtz* Menggunakan Sensor UGN3503 Yang Dilengkapi Dengan *Interface Digital*”. Dalam penelitian ini, telah dibuat sebuah sistem pengukuran online *real-time* yang dikhususkan untuk mengukur kekuatan medan magnet pada kumparan *Helmholtz*. Implementasi sistem ini dilakukan pada perangkat ESR dan terdiri dari berbagai komponen, seperti sensor UGN3503, pengondisi sinyal, pemroses sinyal, dan

perangkat lunak penampil data. Sensor UGN3503 berfungsi sebagai sensor medan magnet, menghasilkan sinyal keluaran berupa nilai tegangan dengan memanfaatkan prinsip *Hall Effect*. Pengondisi sinyal digunakan untuk memperkuat sinyal keluaran dari sensor UGN3503. Pemroses sinyal menggunakan mikrokontroler PIC16F873A untuk mengonversi sinyal analog menjadi sinyal digital dari pengondisi sinyal, sehingga dapat dikirim ke PC. Perangkat lunak penampil data bertanggung jawab untuk menampilkan data digital yang diterima dari mikrokontroler, dan data tersebut dapat disimpan dalam format excel untuk memudahkan analisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengukur kekuatan medan magnet secara online *real-time* dengan hasil yang baik, hampir sejajar dengan pengukuran menggunakan teslameter. Rentang pengukuran sistem ini mencakup 0 hingga 5,4 mT, dengan resolusi sebesar 0,005 mT.

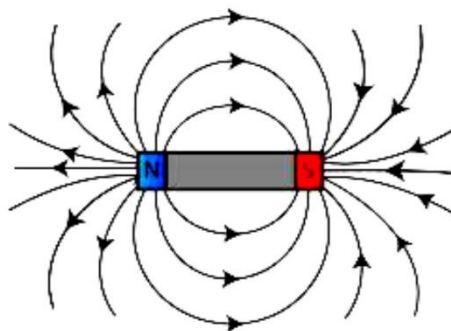
Penelitian yang dilakukan oleh Imam Sya'Roni dan Dzulkifli pada tahun 2018, yang berjudul "Rancang Bangun Kit Percobaan Pengukuran Medan Magnet Berbasis Mikrokontroler". Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah kit eksperimen pengukuran medan magnet pada *variable gap magnetic* berbasis mikrokontroler, menggunakan sensor magnet dengan metode GGL induksi. Tujuannya adalah memberikan deskripsi tentang hasil rancangan, pengujian, dan karakteristik sensor magnet dalam percobaan pengukuran medan magnet pada *variable gap magnetic*. Sensor pada kit eksperimen ini menggunakan efek Hall UGN 3503A untuk mengukur *variable gap magnetic*. Dari percobaan pengukuran kekuatan medan magnet dengan memanipulasi jarak gap magnet antara 0,3 m hingga 0,5 m, tingkat linieritas keduanya mencapai 92,9% hingga 93,7% untuk pasco dan 92,4% hingga 96,4% untuk alat buatan. Sensitivitasnya menunjukkan bahwa alat buatan memiliki kinerja yang baik dan hampir setara dengan pasco. Pada kutub negatif, alat buatan mampu mengukur -504,287 m/G, sedangkan pasco mencapai -625,5 m/G. Sementara pada kutub positif, alat buatan menghasilkan sebesar 807,5 m/G dan pasco sebesar 886,639 m/G.

Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa alat buatan layak untuk dijadikan sebagai alat pengukur medan magnet, dengan kinerja sebanding dengan *PASCO Scientific - SF9584A*.

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 Medan Magnet

Medan magnet merujuk pada wilayah di sekitar magnet yang terpengaruh oleh gaya magnet. Seperti pada gambar 2.1, magnet memiliki dua kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan, yang tergambar melalui garis-garis gaya magnet. Kuat medan magnet menjadi parameter fisik yang penting, dan untuk mengukur kuat medan magnet, kita memerlukan sensor magnetik. Pengetahuan tentang magnetisme telah dikenal oleh masyarakat sejak lama. Pembelajaran mengenai fenomena ini dimulai dari pengamatan bahwa beberapa jenis batuan, seperti magnetit, mampu menarik potongan besi kecil. Pada awalnya, pengetahuan tentang magnetisme berkembang dari penemuan bahwa batuan tertentu, seperti magnetit, dapat menarik potongan-potongan besi kecil. Fenomena ini terkait dengan daerah Magnesia di Asia Kecil, di mana batuan tersebut ditemukan sekitar 2000 tahun yang lalu [7]. Sejarah menunjukkan bahwa penggunaan magnet untuk navigasi sudah dikenal sejak lama. Pada tahun 1269, *Pierre de Maricourt* menemukan bahwa jarum kompas yang ditempatkan pada berbagai posisi pada magnet alami membentuk sebuah bola, menunjukkan bahwa magnet alami itu sendiri mirip dengan bumi [8].



**Gambar 2. 1 Medan Magnet**

### 2.2.1.1 Gaya Akibat Adanya Medan Magnet

Dapat diamati secara langsung adanya medan magnet pada suatu titik dalam ruang. Sebagai contoh, jika terdapat suatu benda berupa jarum yang ditempatkan dalam medan magnet, jarum tersebut akan mengalami gaya yang menyearhkannya sesuai dengan arah medan magnetik bumi. Jika terdapat magnet atau arus listrik di sekitarnya, jarum akan mengarah ke resultan medan magnetik yang dihasilkan oleh magnet bumi, magnet, atau arus yang terkait [9]. Dalam percobaan, telah diamati bahwa jika terdapat muatan  $q$  yang bergerak dengan kecepatan  $v$  dalam suatu medan magnetik, maka akan timbul suatu gaya magnet. Pencetusan gaya tersebut dapat dijelaskan oleh suatu persamaan.

$$F = qv \times B \quad (2.1)$$

Rumus untuk gaya yang dialami oleh suatu muatan listrik ( $q$ ) yang bergerak dengan kecepatan ( $v$ ) dalam suatu medan magnet ( $B$ ). Rumus ini muncul dari interaksi antara muatan listrik dengan medan magnet, dan gaya tersebut dikenal sebagai gaya Lorentz. Satuan SI untuk medan magnet adalah Tesla (T), sementara dalam sistem cgs, satuan medan magnet adalah Gauss (G), dengan hubungan  $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$ . Untuk memberikan pemahaman lebih lanjut tentang medan magnet, kita dapat menggambarannya sebagai berikut: jika terdapat sebuah kawat dengan panjang 1 meter yang dialiri arus listrik sebesar 1 ampere dan berada dalam pengaruh medan magnet, sehingga menghasilkan gaya sebesar 1 newton, maka besar medan magnetnya adalah 1 Tesla. Dengan kata lain, 1 Tesla setara dengan besar 1 newton/(coulomb.meter/second) dan 1 newton/(ampere.meter) [10]. Sedangkan untuk rumus persamaan medan magnet pada batang magnet permanen.

$$B = \frac{\mu_0 M}{4\pi r^3} \quad (2.2)$$

$M$  adalah momen magnet ( $\text{Am}^2$ ) sedangkan  $r$  adalah jarak dari kutub medan magnet ( $m$ ). Jarak dari sumber magnet, yaitu jarak antara titik yang ingin dihitung medan magnetnya dengan sumber magnet. Jarak dapat diukur dengan menggunakan alat yang disebut penggaris atau meteran. Jarak biasanya dinyatakan dalam satuan meter ( $m$ ). Namun, penting untuk diingat bahwa rumus ini bersifat umum dan dapat

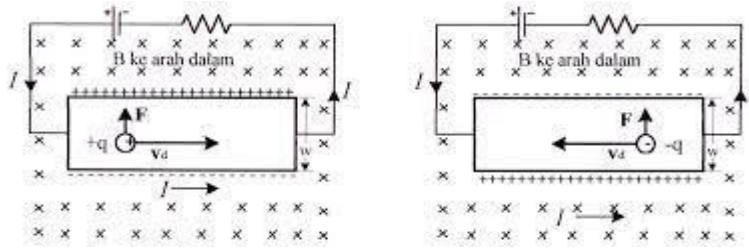
bervariasi tergantung pada karakteristik sumber medan magnet. Untuk medan magnet dari magnet permanen atau medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik, rumusnya bisa berbeda. Sebagai contoh, untuk magnet permanen, medan magnet dapat dinyatakan sebagai

$$B = \frac{u \cdot M}{4\pi \cdot r^3} \quad (2.3)$$

$B$  merupakan medan magnet, lalu  $u$  adalah permeabilitas magnetik medium,  $M$  adalah momen magnet, dan  $r$  adalah jarak dari titik pengukuran ke kutub magnet.

### **2.2.1.2 Efek Hall**

Efek Hall adalah fenomena fisika yang terjadi ketika arus listrik mengalir melalui konduktor (biasanya semikonduktor atau logam) yang ditempatkan dalam medan magnet tegak lurus terhadap arah arus tersebut. Tegangan Hall ini dapat digunakan untuk mengukur kuat medan magnet atau arus listrik. Efek Hall terjadi ketika konduktor yang membawa arus tertahan dalam medan magnet. Medan magnet memberikan gaya menyamping pada muatan-muatan yang mengalir dalam konduktor tersebut. Efek Hall ini menyebabkan terjadinya perbedaan potensial atau tegangan pada sisi konduktor yang tegak lurus terhadap arah arus dan medan magnet. Efek ini dapat digunakan dalam sensor dan perangkat elektronik untuk mengukur kuat medan magnet atau menghasilkan sinyal listrik yang bergantung pada medan magnet yang diterapkan [11]. Nama “Hall” digunakan karena efek ini dinamai sesuai dengan penemuannya, yaitu Dr. Edwin Hall. Prinsip dasar kerja Efek Hall didasarkan pada gaya *Lorentz*, yang merupakan gaya yang timbul akibat pergerakan muatan listrik dalam medan magnet ( $B$ ).



**Gambar 2. 2 Efek Hall**

Gaya magnetik pada partikel yang bermuatan akan mengarah ke atas dikarenakan arus partikel positif bergerak ke kanan, sedangkan partikel negatif bergerak ke kiri.

### 2.2.2. Sensor Magnetik

Sensor adalah suatu perangkat atau komponen elektronika yang berfungsi mengubah besaran fisika menjadi sinyal listrik, memungkinkan besaran tersebut dapat dipelajari dan dianalisis melalui rangkaian listrik. Sensor fisika adalah jenis sensor yang mendeteksi besaran-besaran yang sesuai dengan hukum-hukum fisika [12]. Salah satu contoh sensor fisika adalah sensor magnetik. Sensor magnetik adalah perangkat yang sangat responsif terhadap medan magnet dan dapat memberikan perubahan pada keluarannya. Prinsip kerja sensor magnetik adalah aktif ketika sebuah konduktor mempengaruhi medan magnet, menyebabkan magnet tersebut tertarik atau tertolak sesuai dengan pengaruh konduktor tersebut. Umumnya, sensor ini dikemas dalam wadah yang kedap debu, tahan kelembapan, asap, dan uap. Sensor magnetik banyak digunakan dalam berbagai aplikasi sehari-hari dan industri, seperti pengukuran kecepatan rotasi, posisi linear, sudut rotasi, pengukuran posisi dalam otomotif, pengukuran kuat arus, dan juga diimplementasikan pada *smartphone* [13].

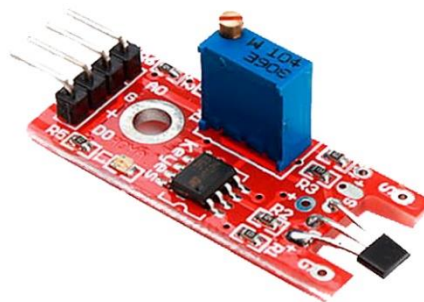
### 2.2.3 Jenis-Jenis Sensor Magnetik

Sensor magnet dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yakni *primary magnetic sensor* dan *secondary magnetic sensor*. *Primary magnetic sensor*, yang juga dikenal sebagai magnetometer, dirancang untuk mendeteksi keberadaan atau ketiadaan suatu benda logam dengan mengukur anomali magnetiknya [14]. Penggunaan magnetometer luas dalam pengukuran biologi dan geofisika untuk mengevaluasi

karakteristik objek luar angkasa dan bintang. Di samping itu, magnetometer digunakan dalam aplikasi yang memerlukan sensitivitas tinggi, seperti pada perangkat untuk diagnosis dan pengobatan penyakit manusia [15]. Contohnya, pengaplikasiannya melibatkan *Super Conducting Quantum Interface Devices* (SQUIDs) dan *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR).

### 2.2.3.1 Sensor *Hall Effect*

Pada tahun 1879, Dr. Edwin Hall menemukan Sensor *Hall Effect* sebagai transduser yang menghasilkan tegangan *output* bervariasi sebagai respons terhadap medan magnet. Struktur sensor ini terdiri dari lapisan silikon yang berfungsi sebagai penghantar arus listrik [16]. Meskipun Sensor *Hall Effect* dapat dibuat menggunakan logam atau silikon, umumnya diproduksi dari semikonduktor dengan mobilitas elektron tinggi, seperti antimonida indium. Sensor *Hall Effect* digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk deteksi medan magnet, *proximity switch*, deteksi kecepatan, serta penginderaan arus, suhu, tekanan, dan posisi. Prinsip *Hall Effect* menjadi dasar dari teknologi penginderaan yang sangat efektif [17]. Hall element, terbuat dari lembaran tipis bahan konduktif dengan koneksi *output* tegak lurus terhadap arah aliran arus, memberikan respons terhadap medan magnet dengan menghasilkan tegangan *output* sebanding dengan kekuatan medan magnet yang diterima. Meskipun tegangan *output* ini sangat kecil ( $\mu\text{V}$ ), diperlukan rangkaian elektronik tambahan untuk memperkuat sinyalnya. Sensor *Hall Effect* terbentuk saat Hall element dikombinasikan dengan rangkaian elektronik tambahan [18].



**Gambar 2. 3** Sensor *Hall Effect* 49e



Walaupun sensor *Hall Effect* awalnya dibuat untuk mendeteksi medan magnet, sensor ini juga mampu berfungsi sebagai komponen utama dalam berbagai jenis perangkat penginderaan, termasuk pengukuran arus, suhu, tekanan, dan posisi. Prinsip kerja dari *Hall Effect* adalah ketika konduktor pembawa arus ditempatkan dalam medan magnet, tegangan yang dihasilkan akan tegak lurus antara arus dan medan [19].

### **2.2.3.2 Prinsip Kerja Sensor *Hall Effect***

Sensor *Hall Effect* terbentuk dari sebuah lapisan silikon dan dua elektroda yang ditempatkan di kedua sisi silikon tersebut. Saat arus listrik mengalir melalui lapisan silikon, terjadi perbedaan tegangan *output*. Tanpa adanya medan magnet, arus akan berada di tengah lapisan, menghasilkan perbedaan tegangan *output* sebesar 0 V. Ketika medan magnet mempengaruhi sensor, arus yang mengalir akan membentuk belokan mendekati atau menjauhi sisi yang terpengaruh oleh medan magnet, menghasilkan perbedaan tegangan *output* [20]. Semakin besar medan magnet yang mempengaruhi sensor, pembelokan arus di dalam lapisan silikon juga akan semakin besar, sehingga perbedaan tegangan *output* pada sensor juga semakin besar. Arah pembelokan arus di lapisan silikon dapat dimanfaatkan untuk menentukan polaritas kutub medan pada sensor *Hall Effect*. Harus diingat bahwa fungsi sensor ini hanya terjadi jika salah satu sisi terpengaruh oleh medan magnet.

### **2.2.3.3 Kelebihan dan Kekurangan Sensor *Hall Effect***

Kelebihan

1. Dapat dioperasikan sebagai *switch*: Sensor *Hall Effect* dapat berfungsi sebagai saklar elektronik, memungkinkan aplikasi yang memerlukan fungsi saklar tanpa menggunakan komponen mekanis.
2. Dapat dioperasikan sampai 100kHz: Sensor ini memiliki kemampuan operasional yang cukup tinggi, memungkinkan penggunaan dalam aplikasi yang memerlukan respons cepat hingga frekuensi 100kHz.

3. Biaya lebih murah dari switch mekanis lainnya: Dalam banyak kasus, sensor *Hall Effect* dapat menjadi alternatif yang lebih ekonomis daripada saklar mekanis tradisional.
4. Tahan terhadap kontaminasi lingkungan: Sensor ini tidak akan terpengaruh oleh debu, kotoran, air, dan lumpur, sehingga dapat digunakan dalam kondisi lingkungan yang ekstrim.
5. Dapat digunakan sebagai posisi, perpindahan, dan sensor kedekatan: Sensor *Hall Effect* memiliki fleksibilitas dalam berbagai aplikasi, seperti pengukuran posisi, perpindahan, dan mendeteksi kedekatan benda.
6. Bertahan lama: Sensor ini dapat memiliki umur yang panjang dan tahan lama dalam penggunaan normal.

#### Kekurangan

1. *Fluks* magnet disekitar sensor dapat menurunkan akurasi pendeteksi: Pengaruh medan magnet *eksternal* dapat memengaruhi akurasi sensor, sehingga perlu perhatian terhadap kondisi lingkungan.
2. Tegangan yang dihasilkan sangat kecil. Tegangan keluaran dari sensor ini sangat kecil, sehingga memerlukan penguatan arus menggunakan amplifier sebelum dihubungkan ke rangkaian listrik untuk aplikasi yang memerlukan sinyal yang lebih kuat.

### 2.2.3 NodeMCU ESP8266

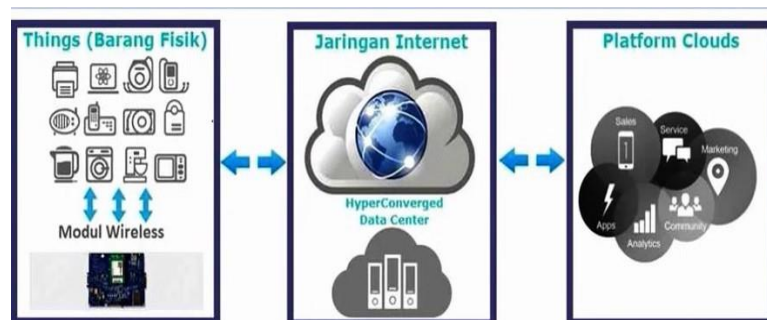
*Platform Internet of Things (IoT)* yang *open-source*, NodeMCU, didasarkan pada *System On Chip* ESP8266 yang dikembangkan oleh *Expressif System*. Sebagai papan Arduino yang terhubung dengan ESP8266, NodeMCU menggabungkan ESP8266 ke dalam sebuah papan yang telah terintegrasi dengan berbagai fitur mikrokontroler, dan memiliki kemampuan Wi-Fi serta *chip* komunikasi USB to *serial*. Dalam proses pemrograman, hanya diperlukan kabel data USB.



**Gambar 2. 4 Nodemcu ESP8266**

#### **2.2.4 Internet Of Things (IoT)**

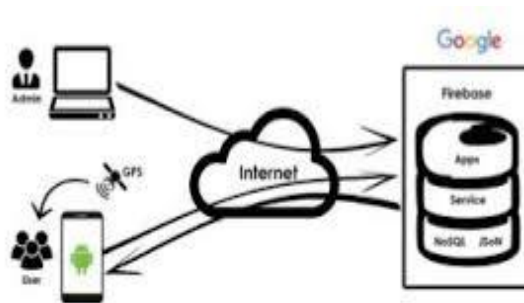
*Internet of Things* (IoT) merupakan konsep di mana objek dapat saling berkomunikasi sebagai bagian dari sistem terpadu melalui jaringan internet. Contohnya, CCTV yang terpasang di sepanjang jalan dapat terhubung ke internet dan dikendalikan dari ruang kontrol yang berjarak puluhan kilometer. Rumah pintar juga merupakan contoh dimana perangkat-perangkatnya dapat dikelola melalui *smartphone* melalui koneksi internet. Perangkat IoT umumnya terdiri dari sensor sebagai pengumpul data, koneksi internet sebagai saluran komunikasi, dan server sebagai pusat pengumpulan dan analisis informasi dari sensor. *Internet of Things* beroperasi dengan memanfaatkan pemrograman yang memungkinkan perintah-perintahnya menghasilkan interaksi antar mesin secara otomatis tanpa campur tangan manusia, dan ini dapat dilakukan dalam jarak berapa pun. Manusia berperan sebagai pengatur dan pengawas langsung terhadap perangkat tersebut, sementara internet menjadi media penghubung di antara interaksi mesin tersebut.



**Gambar 2. 5 Konsep IoT**

### 2.2.5 Google Firebase

*Firebase*, sebagai *platform* untuk aplikasi *realtime*, memungkinkan pembaruan data secara langsung melalui setiap perangkat, baik itu web atau *mobile*, saat ada perubahan data. Dilengkapi dengan *library* komprehensif untuk sebagian besar *platform* web dan *mobile*, *Firebase* dapat diintegrasikan dengan berbagai *framework* seperti *node*, *Java*, *JavaScript*, *AngularJS*, dan lainnya. Penggunaan *Application Programming Interface* (API) *Firebase* memungkinkan penyimpanan dan penyinkronan data dalam bentuk JSON pada *cloud*, yang kemudian disinkronkan secara *realtime* di *Firebase*. *Firebase* juga menyediakan layanan seperti autentikasi pengguna, pengaturan keamanan, dan *hosting*. Perubahan data pada satu *client* secara otomatis akan disinkronkan pada semua *client* yang terdaftar ke data tersebut. *Firebase* memiliki keunggulan dapat menangani data dari 1 juta perangkat secara bersamaan, dan dapat digunakan untuk menyimpan data serta menyediakan berbagai fungsi lainnya. *Platform* penyimpanan *cloud* ini juga memungkinkan *middleware* untuk terintegrasi dengan antarmuka aplikasi pihak ketiga, memberikan kemungkinan bagi pengembang untuk menciptakan aplikasi *mobile* dan web yang menghasilkan data secara *realtime*.



**Gambar 2. 6** Arsitektur *Firebase*

### 2.2.6 Motor Servo

Motor servo adalah aktuator putar yang didesain menggunakan sistem kontrol *feedback loop* tertutup (*closed loop*) untuk memastikan penentuan posisi sudut poros *output* motor. Motor servo memiliki daya yang bervariasi mulai dari beberapa watt hingga ratusan watt, menjadikannya sesuai untuk berbagai aplikasi seperti sistem

pelacakan dan peralatan mesin. Terdapat dua jenis motor servo, yaitu motor servo AC dan DC. Motor servo DC lebih cocok untuk aplikasi yang lebih kecil, sementara motor servo AC lebih sesuai untuk mesin industri karena dapat menangani arus yang lebih tinggi atau beban yang lebih berat. Motor servo AC dibagi menjadi dua tipe, yaitu 2 *phase* untuk aplikasi berdaya rendah dan 3 *phase* untuk aplikasi berdaya tinggi. Dengan konstruksi yang presisi dan akurat, motor servo memberikan pengguna kebebasan dalam pengaturan, menjadikannya sangat terkontrol.



**Gambar 2. 7 Motor Servo**