

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Terdahulu

Menurut (Sancipto et al., 2020) pada judulnya yang membahas tentang “Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Rumah Tangga dengan Kapasitor Bank Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT)”. Pada penelitian ini penulis merancang perbaikan faktor daya dengan kapasitor bank otomatis berbasis IoT. Pembacaan nilai oleh sensor PZEM-004T untuk membaca faktor daya sebelum dan sesudah diperbaiki dengan relai terhubung kapasitor. Arduino Uno dan Modul WiFi ESP 8266 mendukung sistem *Internet of Things* (IoT) yang digunakan untuk monitoring besaran listrik, faktor daya dan pengontrolan kapasitor melalui *smartphone*. Alat ini dapat menaikkan/memperbaiki faktor daya dengan beban lampu TL sebelum perbaikan nilai rata-rata $\cos \phi = 0,39$ dan setelah diperbaiki nilai rata-rata $\cos \phi = 0,93$.

Menurut (Sancipto et al., 2020) pada judulnya yang membahas tentang “Rancang Bangun Kapasitor Bank Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega 328P Untuk Perbaikan Faktor Daya”. Pada penelitian ini penulis merancang perbaikan faktor daya pada beban induktif menggunakan Mikrokontroler ATmega 328P dengan memasang kapasitor secara parallel atau seri sesuai nilai yang dibutuhkan. Metode perancangan ada dua yaitu, pertama *hardware* terdiri dari perancangan rangkaian catu daya, rangkaian driver relay, rangkaian LCD, rangkaian sistem minimum ATmega 328P, rangkaian kapasitor bank, rangkaian sensor arus dan rangkaian sensor tegangan. Sensor arus pada penelitian ini menggunakan tipe non-invasive SCT013-010 dan sensor tegangan menggunakan transformator tipe nol 500 mA. Kedua perancangan *software* berupa program alat menggunakan Arduino IDE. LCD menampilkan nilai pembacaan input tegangan, arus beban, daya aktif, daya semu, daya reaktif dan faktor daya. Mikrokontroler ATmega 328P mengolah data dan menentukan relai yang bekerja sehingga nilai faktor daya dengan $\cos \phi \geq 0,85$ tercapai sesuai standar PLN.

Menurut (Hartono, 2014) pada judulnya yang membahas tentang “Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Beban Rumah Tangga dengan Menggunakan *Switching* Kapasitor dan Induktor Otomatis”. Pada penelitian ini penulis merancang perbaikan faktor daya rumah tangga dengan kompensator daya reaktif berupa komponen kapasitor dengan 14 variasi nilai kapasitansi dan komponen induktor dengan 4 variasi nilai induktansi yang terhubung paralel. Mikrokontroler AT Mega16 mengontrol relay pada rangkaian kapasitor dan induktor. Didapatkan koreksi faktor daya tertinggi 1 dari faktor daya awal 0,47, dan koreksi faktor daya terkecil 0,93 dari faktor daya awal 0,81.

Menurut (Pratap et al., 2015) pada judulnya yang membahas tentang “*Automatic Power Factor Control Using Arduino Uno*”. Pada penelitian ini penulis merancang perbaikan faktor daya satu fasa dengan pengendali mikro Arduino Uno, Implementasi dengan menggunakan papan Arduino Uno yang menggunakan ATmega328 sebagai Mikrokontroler, desain secara efisien dan dengan menggunakan prosedur yang tepat kapasitor yang cukup dihidupkan untuk mengkompensasi daya reaktif, sehingga menarik faktor daya dengan efisiensi yang lebih tinggi dan kualitas keluaran AC yang lebih baik.

Menurut (Mane et al., 2020) pada judulnya yang membahas tentang “*Microcontroller Based Automatic Power Factor Correction System*”. Pada penelitian ini penulis membahas tentang desain dan konstruksi sistem koreksi faktor daya menggunakan *solid state kapasitor switch* yang dikendalikan oleh Arduino UNO untuk mengurangi kerugian daya reaktif. Faktor dari beban diukur dengan menggunakan rangkaian zero crossing dan detektor pergeseran fasa, lalu hitung faktor daya sesuai program dan LCD akan digunakan untuk tampilan. Arduino untuk menentukan jeda waktu antara arus dan tegangan, dan mengontrol faktor daya ke dapatkan poin target oleh program sesuai dengan beban. Desain dan konstruksi akan dilakukan dengan menggunakan LM 358, CD4070BC, MOC 3052, BTA 41 IC, Arduino UNO Mikrokontroler dan layar LCD.

Perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian di atas adalah dengan penambahan keypad dan ESP 32 (IoT) dengan pengontrolan secara tombol dan IoT dengan otomatis dan manual dalam memperbaiki setiap nilai cos

ϕ yg tidak bagus dengan menambahkan kebutuhan kapasitor yang diperlukan, serta penambahan indikator kapasitor pada LCD display dan aplikasi android, dan penggunaan *switch* kapasitor menggunakan *Solid State Relay*, dan juga menggunakan mikrokontroller Arduino Nano serial ESP 32.

Persamaan dari penelitian di atas yaitu sama-sama sebagai alat perbaikan faktor daya guna meningkatkan nilai $\cos \phi$ pada pembebanan.

Tabel 2. 1 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti dan Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
1.	(Sancipto et al., 2020) Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Rumah Tangga Kapasitor Bank Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT)	Penelitian ini kapasitor bank otomatis berbasis IoT Pembacaan nilai oleh sensor PZEM-004T kemudian membaca faktor daya sebelum dan sesudah diperbaiki dengan relai yang terhubung kapasitor. Arduino Uno dan Modul WiFi ESP 8266 mendukung sistem <i>Internet of Things</i> (IoT).	Alat perbaikan faktor daya dapat menaikan /memperbaiki faktor daya dengan beban lampu TL sebelum perbaikan nilai rata-rata $\cos\phi = 0,39$ dan setelah diperbaiki nilai rata-rata $\cos\phi = 0,93$.
2.	(Angga Juliantara et al., 2018) Rancang Bangun Kapasitor Bank Otomatis Berbasis Mikrokontroller Atmega 328P	Penelitian ini merancang perbaikan faktor daya pada beban induktif menggunakan Mikrokontroller ATmega 328P dengan memasang kapasitor sesuai nilai yang	Mikrokontroller ATmega 328P mengolah data dan menentukan relai yang bekerja sehingga tujuan nilai faktor daya dengan $\cos \phi \geq 0,85$

Tabel 2.1 (Lanjutan)

No	Nama Peneliti dan Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
	Untuk Perbaikan Faktor Daya	dibutuhkan dengan cara paralel atau seri. Metode perancangan ada dua yaitu, (hardware) dan (software).	tercapai sesuai standar PLN diparalel dengan beban induktif satu fasa.
3.	(Hartono, 2014) Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Rumah Tangga Menggunakan <i>Switching</i> Kapasitor dan Induktor Otomatis	Pada penelitian ini penulis merancang perbaikan faktor daya rumah tangga dengan kompensator daya reaktif berupa komponen kapasitor dengan 14 variasi nilai kapasitansi dan komponen induktor dengan 4 variasi nilai induktansi yang terhubung paralel. Mikrokontroler AT Mega16 digunakan mengontrol relai.	Didapatkan koreksi faktor daya tertinggi 1 dari faktor daya awal 0,47, dan koreksi faktor daya terkecil 0,93 dari faktor daya awal 0,81.
4.	(Pratap et al., 2015) <i>Automatic Power Factor Control Using Arduino Uno</i>	Pada penelitian ini penulis merancang perbaikan faktor daya satu fasa dengan pengendali Arduino Uno, Implementasi dengan menggunakan papan Arduino Uno yang menggunakan ATmega328 sebagai Mikrokontroler.	Kapasitor yang cukup dihidupkan untuk mengkompensasi daya reaktif, sehingga menarik faktor daya dengan efisiensi yang lebih tinggi dan kualitas keluaran AC yang lebih baik.

Tabel 2.1 (Lanjutan)

No	Nama Peneliti dan Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
5.	(Mane et al., 2020) <i>Microcontroller Based Automatic Power Factor Correction System</i>	Pada penelitian ini membahas tentang desain dan konstruksi sistem koreksi faktor daya menggunakan <i>solid state kapasitor switch</i> yang dikendalikan oleh Arduino UNO mengurangi daya reaktif. Faktor dari beban diukur dengan menggunakan rangkaian zero crossing dan detektor pergeseran fasa, lalu hitung faktor daya sesuai program dan LCD akan digunakan untuk tampilan.	Arduino untuk menentukan jeda waktu antara arus dan tegangan, dan mengontrol faktor daya ke dapatkan poin target oleh program sesuai dengan beban. Desain dan konstruksi akan dilakukan dengan menggunakan LM 358, CD4070BC, MOC 3052, BTA 41 IC, Arduino UNO Mikrokontroler dan layar LCD

B. Landasan Teori

1. Daya Listrik

Menurut (Al Bahar, 2017) Daya Listrik adalah jumlah energi yang dihasilkan dalam rangkaian. Sumber energi seperti tegangan akan menghasilkan daya sedangkan beban yang terhubung akan menyerap daya listrik tersebut.

a. Daya Aktif (P)

Daya aktif merupakan daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah Watt. Adapun persamaan dalam daya aktif :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots(1)$$

b. Daya Reaktif (Q)

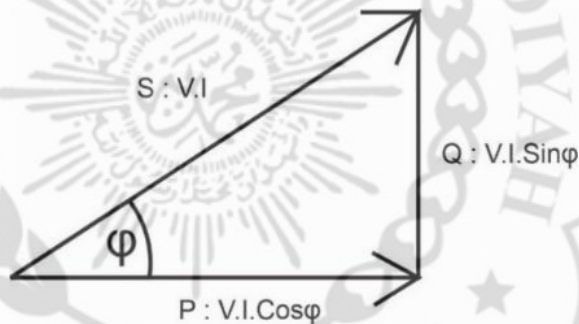
Daya reaktif merupakan jumlah daya yang diperlukan dalam pembentukan medan magnet sehingga terbentuk fluks medan magnet, Satuan daya reaktif adalah Var.

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots(2)$$

c. Daya Semu (S)

Daya Semu merupakan perkalian antara tegangan dan arus. Beban yang bersifat daya semu adalah beban yang bersifat resistansi (R), Satuan daya semu adalah VA.

$$S = V \cdot I \dots\dots\dots(3)$$



Gambar 2. 1 Trigonometri Daya Aktif, Reaktif dan Semu

Sumber : (Al Bahar, 2017)

2. Faktor Daya

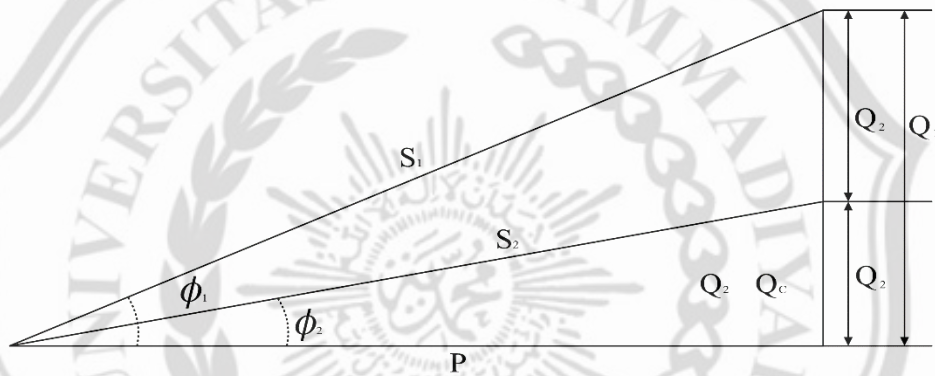
Menurut (Fahmi Hakim, 2017) Faktor daya atau *power factor* (pf) merupakan rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya nyata (VA). Faktor daya mempunyai nilai range antara 0 – 1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen.

$$\begin{aligned} \text{Faktor Daya} &= \text{Daya Aktif (P) / Daya Nyata (S)} \\ &= \text{kW/kVA} \\ &= V.I \cos \varphi / V.I \end{aligned}$$

$$= \cos \phi \dots\dots\dots(4)$$

3. Perbaikan Faktor Daya

Menurut (Angga Juliantara et al., 2018) Perbaikan faktor daya bertujuan untuk menaikkan $\cos \phi$ yang rendah sampai tercapainya standar $\cos \phi$ sebesar 0,85. Perbaikan faktor daya dilakukan dengan memasang nilai kapasitor yang dibutuhkan. Prinsip perbaikan faktor daya dapat ditunjukkan pada Gambar 2. 2 :



Gambar 2. 3 Prinsip Perbaikan Faktor Daya

Sumber : (Angga Juliantara et al., 2018)

Perbaikan faktor daya dapat dihitung menurut referensi buku *Lesson In Circuit Volume II - AC* dibagi menjadi tiga tahap meliputi perhitungan faktor daya tanpa menggunakan kapasitor, perhitungan kapasitor yang dibutuhkan untuk perbaikan faktor daya dan perhitungan faktor daya menggunakan kapasitor.

Persamaan dari 5 sampai dengan 7 adalah perhitungan faktor daya tanpa menggunakan kapasitor :

$$P = V_{in} \cdot I \cdot \cos \phi \dots\dots\dots(5)$$

$$S_1 = V_{in} \cdot I \dots\dots\dots(6)$$

$$PF_1 = \frac{P}{S_1} \dots\dots\dots(7)$$

Persamaan dari 8 sampai dengan 10 adalah perhitungan kapasitor yang dibutuhkan untuk perbaikan faktor daya :

$$Q_1 = \sqrt{S^2 + P^2} \dots\dots\dots(8)$$

$$X_c = \frac{v_{in}^2}{Q_1}$$

$$\dots\dots\dots(9)$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_c} \dots\dots\dots(10)$$

Persamaan dari 11 sampai dengan 16 adalah perhitungan faktor daya menggunakan kapasitor :

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$\dots\dots\dots(11)$$

$$I_2 = \frac{v_{in}}{X_c} \dots\dots\dots(12)$$

$$Q_{\text{capasitif}} = \frac{v_{in}^2}{X_c}$$

$$\dots\dots\dots(13)$$

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{induktif}} - Q_{\text{capasitif}}$$

$$\dots\dots\dots(14)$$

$$S_2 = \sqrt{Q_{\text{total}}^2 + P^2}$$

$$\dots\dots\dots(15)$$

$$PF_2 = \frac{P}{S_2} \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan :

P adalah Daya Nyata (W)

V_{in} adalah Tegangan Input (V)

S₁ adalah Daya Semu Lama (VA)

S₂ adalah Daya Semu Baru (VA)

Q₁ adalah Daya Reaktif Lama (VAR)

Q_c adalah Daya Reaktif kapasitor (VAR)

Q_{total} adalah Total Daya Reaktif (VAR)

PF_1 adalah Power Factor Lama

PF_2 adalah Power Factor Baru

C adalah Kapasitor (μF)

I_2 adalah Arus baru (A)

f adalah Frekuensi (Hz)

ϕ adalah Sudut Fasa ($^\circ$)

π adalah 3,14

4. Kapasitor Bank

Menurut (Darusman, 2011) Kapasitor bank terdiri sekumpulan kapasitor dirangkai secara paralel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu. Besaran parameter yang dipakai adalah kVAr (Kilo Volt Ampere Reaktif) walaupun pada kapasitor tercantum besaran kapasitansi yaitu farad. Kapasitor mempunyai sifat listrik yang kapasitif (*leading*) sehingga mampu mengurangi/menghilangkan sifat induktif (*lagging*).

5. Power Supply (Catu Daya)

Menurut (Alamsyah et al., 2015) Catu daya atau *power supply* merupakan sumber listrik dari rangkaian elektronika. Terdapat dua buah tegangan yaitu *direct current* (dc) dan *alternating current* (ac). Maka diperlukan *power supply* untuk mengubah sumber tegangan ac 220V menjadi dc 5V.

6. Mikrokontroler

Menurut (Chamim, 2010) Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip* IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer*. Mikrokontroler merupakan system computer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik. Elemen mikrokontroler tersebut diantaranya :

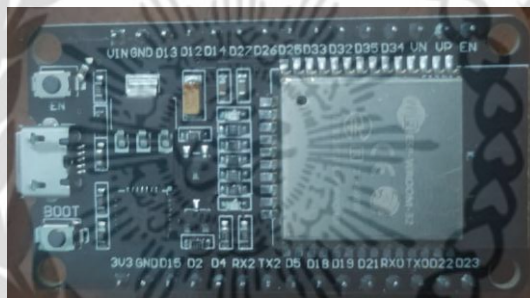
- 1) Pemroses (*processor*)
- 2) *Memory*
- 3) *Input dan output*.

a. Arduino Nano

Arduino Nano adalah papan pengembangan (*development board*) mikrokontroler yang berbasis *chip* ATmega328P. Dilengkapi pula dengan Universal Serial Bus.

b. ESP 32

Menurut (Mahendra & Zarkasi, 2020) ESP32 merupakan Mikrokontroler memiliki kemampuan untuk terhubung dengan internet melalui jaringan *wireless* karena tersedia modul Wi-Fi dalam *chip* sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet Of Things*. ESP32 juga berdaya rendah dengan modul WiFi terintegrasi serta memiliki bluetooth dengan mode ganda dan fitur hemat daya menjadikannya lebih *fleksibel*.

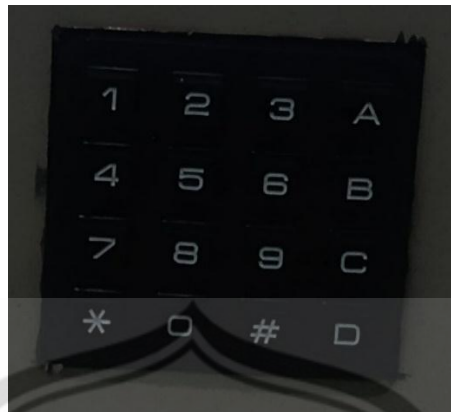


Gambar 2. 4 Mikrokontroler ESP 32

Sumber : Dokumen Pribadi

7. Keypad

Keypad merupakan tombol-tombol yang dirangkai dengan menghubungkan satu tombol dengan tombol yang lain dengan teknik matriks yang memiliki kolom dan baris lebih dari satu. Keypad 4x4 merupakan dengan susunan 4 baris dan 4 kolom.



Gambar 2. 5 Keypad 4x4

Sumber : Dokumen Pribadi

8. *Solid state relay* (SSR Relay)

Menurut (Zaini et al., 2020) *Solid state relay* (SSR Relay) adalah relai mekanis yang memiliki kontak bergerak. Relai ini menggunakan teknologi *switching* semikonduktor, seperti thyristor, triac, dioda dan transistor.

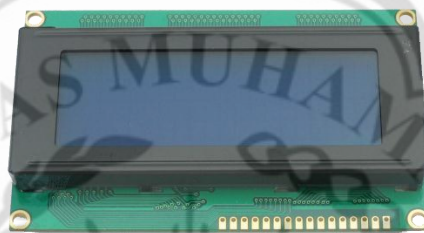


Gambar 2. 6 *Solid State Relay*

Sumber : (Zaini et al., 2020)

9. *Liquid Crystal Display* (LCD) 20x4

Menurut (Soebagia et al., 2015) LCD 20x4 ini merupakan modul LCD dengan tampilan 20x4 baris yang terdiri dari dua bagian. Bagian pertama merupakan bagian panel LCD sebagai media penampil informasi berbentuk huruf maupun angka. Bagian kedua merupakan sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler, yang ditempelkan di balik panel LCD. Bagian ini berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi LCD dengan mikrokontroler.



Gambar 2. 7 *Liquid Crystal Display* 20x4

Sumber : (Soebagia et al., 2015)

10. RTC (*Real Time Clock*) DS3231

Menurut (Hakim et al., 2019) RTC (*Real Time Clock*) DS3231 adalah IC yang digunakan sebagai pengatur waktu yang meliputi detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun. Pengaksesan data dilakukan dengan sistem serial sehingga hanya membutuhkan dua jalur untuk berkomunikasi yaitu jalur clock untuk membawa informasi data clock dan jalur data yang membawa data disebut dengan I2C (*Inter-integrated Circuit*).



Gambar 2. 8 RTC DS3231

Sumber : Dokumen Pribadi

11. Modul SD Card

SD Modul adalah solusi guna mengirim data ke SD *card* sehingga untuk menambah kapasitas tempat penyimpanan data dan pencatatan data. Komunikasi yang digunakan adalah SPI (*Serial Peripheral Interface*).



Gambar 2. 9 Modul SD Card

Sumber : Dokumen Pribadi

12. Sensor

Menurut (B. S. Putra et al., 2013) Sensor adalah alat yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. Sensor merupakan bagian dari transducer yang merasakan adanya perubahan energi eksternal yang akan masuk ke bagian input dari transducer, sehingga perubahan kapasitas energi yang ditangkap dan dirubah menjadi sinyal listrik.

a) Sensor PZEM 004-T

Menurut (R. P. W. Putra et al., 2019) PZEM 004-T adalah sebuah modul sensor multifungsi untuk mengukur daya, tegangan, arus dan energi yang terdapat pada sebuah aliran listrik. Modul ini dilengkapi sensor tegangan dan sensor arus (CT) yang sudah terintegrasi.

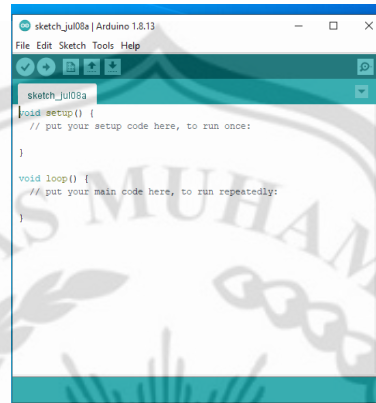


Gambar 2. 10 PZEM 004-T

Sumber : (R. P. W. Putra et al., 2019)

13. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi seperti menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory mikrokontroler* (Weldi,2020). Pada penelitian ini arduino IDE 1.8.13 digunakan untuk menulis kode program yang akan ditanamkan ke ESP32 dan Arduino Nano.



Gambar 2. 11 Aplikasi Arduino 1.8.13

Sumber : Dokumen Pribadi

14. Firebase

Menurut (Weldi,2020) Firebase Realtime Database adalah database yang di-host di cloud. Data disimpan sebagai JSON dan disinkronkan secara realtime ke setiap klien yang terhubung. Ketika developer membuat aplikasi lintas platform dengan SDK Android, iOS, dan JavaScript, semua klien akan berbagi sebuah instance Realtime Database dan menerima update data terbaru secara otomatis. Ketika koneksi perangkat pulih kembali, Realtime Database akan menyinkronkan perubahan data lokal dengan update jarak jauh yang terjadi selama klien offline, sehingga setiap perbedaan akan otomatis digabungkan. Pada penelitian ini firebase digunakan sebagai server untuk menyimpan database.



Gambar 2. 12 *Firebase*

Sumber : <https://firebase.google.com/>

15. MIT APP

MIT APP adalah aplikasi inovatif yang untuk mengenalkan dan mengembangkan pemrograman android dengan mentransformasikan bahasa pemrograman yang kompleks berbasis teks menjadi berbasis visual (*drag and drop*) berbentuk blok-blok. Terdapat beberapa menu yang memiliki kegunaan untuk mendesain tampilan awal pada sebuah aplikasi android agar memiliki tampilan yang menarik dan melakukan pemrograman dengan cara yang sederhana.



Gambar 2. 13 Aplikasi MIT APP Inventor

Sumber : <https://appinventor.mit.edu/>