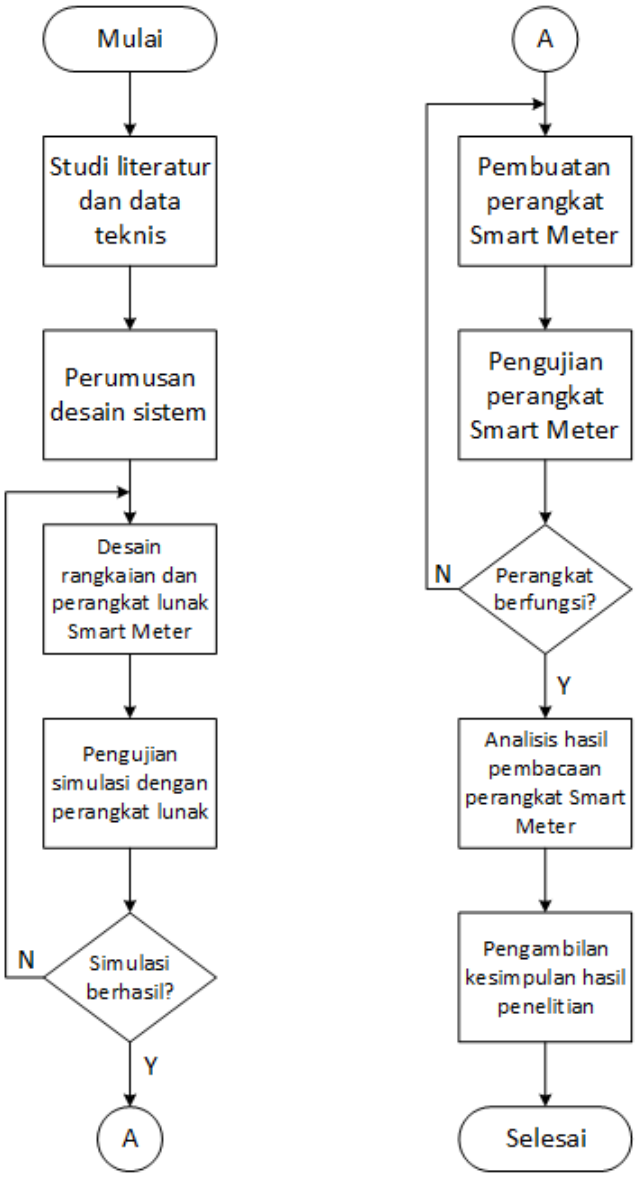
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan studi literatur dan *datasheet* perangkat, lalu dilanjutkan dengan pembuatan algoritma proses dan alur data serta percobaan penerapannya pada perangkat hingga ditemukan hasil yang memuaskan berdasarkan pengujian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang alat ukur energi pintar dengan kemampuan membaca penggunaan daya, tegangan sistem, arus, faktor daya serta mampu menghitung biaya yang dibebankan pada konsumen pada populasi beban yang berbeda. Penelitian dimulai dengan studi literatur tentang tujuan umum *Smart Grid*, prinsip kerja energi meter, mikrokontroler dan protokol komunikasi MQTT. Hasil studi yang didapat dijadikan sebagai basis penulis untuk merancang energi meter sesuai dengan tujuan penelitian. Rancangan energi meter selanjutnya diterapkan dan dimodifikasi melalui uji coba simulasi dengan perangkat lunak. Hasil akhir dari rancangan energi meter lalu diuji coba dengan perangkat nyata sebagai produk akhir penelitian. Produk alat ukur energi lalu dibandingkan dengan alat ukur komersial yang ada untuk menguji kemampuan kerjanya dan disusun sebagai laporan akhir penelitian.

Untuk mempermudah dalam memahami langkah-langkah penelitian ini, maka disajikan diagram alur penelitian sebagai berikut:

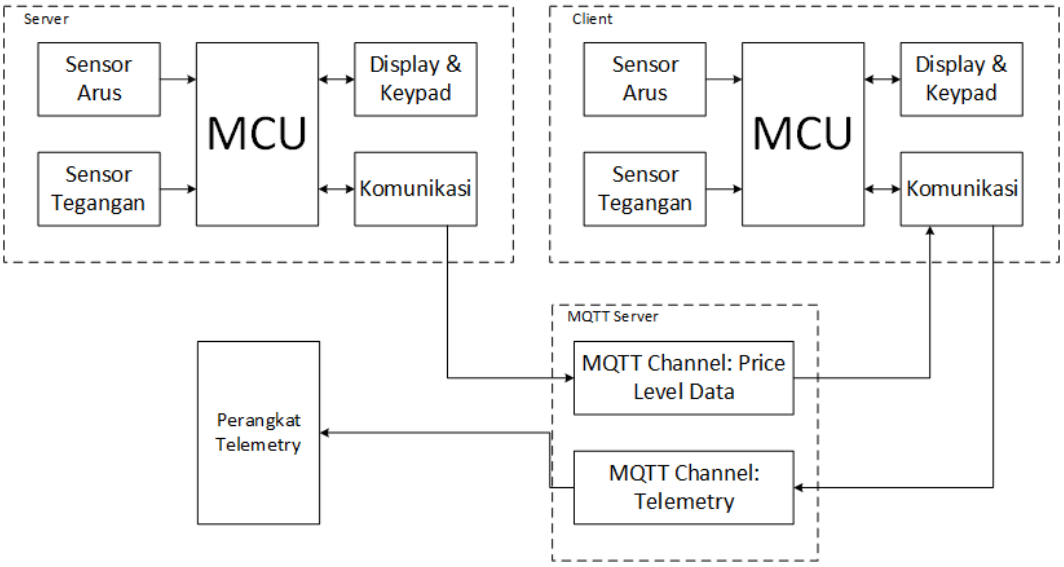


Gambar III-1 Diagram alur penelitian

3.2 Desain Smart Energi Meter

Berdasarkan informasi yang didapat dari studi literatur, penulis merancang sebuah perangkat pengukuran penggunaan energi yang mengintegrasikan berbagai komponen untuk dapat mendeteksi tegangan dan arus pada sebuah instalasi kelistrikan untuk mengukur penggunaan energi, mendeteksi nilai rata-rata kuadrat

tegangan dan arus, mendeteksi faktor daya pembebanan, dan menghitung harga variabel berdasarkan populasi beban sistem.



Gambar III-2 Alur kerja sistem

Sistem yang dirancang dibagi kedalam empat blok fungsi yang bekerja bersama, sebagaimana ditunjukan pada Gambar III-2. Blok server dan klien merupakan blok yang berisikan perangkat meter yang diletakan pada bagian sumber dan beban. Blok server yang diletakan pada sisi sumber berfungsi untuk membuat nilai level harga dengan melakukan pembacaan dan kalkulasi pada sensor yang terhubung, lalu mengirimkannya ke blok MQTT server. Blok klien merupakan perangkat meter utama yang berfungsi mengukur penggunaan beban listrik yang terhubung dan melakukan kalkulasi harga berdasarkan energi yang dipakai dan level harga yang diterima dari blok MQTT server. Blok klien juga berfungsi mengirim data hasil pembacaan ke blok MQTT server untuk fungsi telemetri. Blok MQTT server berfungsi sebagai jalur utama komunikasi sistem yang merupakan layanan server dari PubNub. Perangkat telemetri berfungsi untuk menampilkan hasil pembacaan sensor dari blok klien secara jarak jauh dan dapat

dikonfigurasikan untuk bekerja pada berbagai media seperti *smartphone* atau komputer pribadi.

3.2.1 Desain perangkat keras sensorik

Perangkat keras sensorik merupakan bagian paling dasar pada desain *smart meter*. Perangkat keras sensorik terdiri dari sensor arus dan sensor tegangan. Karena target keluaran yang sama yaitu pada bagian ADC Arduino, proses perancangan sensor arus dan tegangan melalui tahap yang sama.

Perancangan perangkat sensorik dilakukan dengan studi literatur mengenai jenis-jenis sensor yang mungkin digunakan dan kesesuaian atau kemudahan penyesuaian antar-muka sensor dengan perangkat MCU yang membutuhkan tegangan input analog 0-5V. Setelah ditentukan perangkat yang akan digunakan, dilakukan pengumpulan data teknis dari perangkat sensor dan antar muka yang dibutuhkan perangkat. Kemudian dilakukan perancangan antar muka sensor dan perhitungan ukuran komponen. Rancangan yang telah dibuat kemudian diterapkan pada program simulasi pada perangkat lunak sebagai referensi perbaikan desain. Setelah simulasi dinyatakan berhasil, rancangan dirangakai secara riil, dan diuji kerja untuk mengetahui range keluaran sensor. Perancangan desain dinyatakan selesai apabila range keluaran sensor ada dalam batas tegangan masukan MCU dan memiliki kemampuan deteksi yang cukup luas.

3.2.2 Desain perangkat keras perifer

Perangkat perifer adalah perangkat tambahan yang berfungsi sebagai perangkat masukan atau keluaran pada komputer. Pada rancangan perangkat berbasis MCU, perangkat perifer yang terlibat biasanya terbatas pada perangkat *display* dan *keypad* atau *keyboard*. Pada perancangan perangkat perifer dilakukan penentuan kebutuhan periferal yang akan diterapkan pada alat ukur energi. Kemudian dilakukan pemilihan perangkat untuk memenuhi kebutuhan periferal yang dibutuhkan. Perancangan perangkat perifer dinyatakan selesai apabila

perangkat perifer yang dipilih dapat bekerja sesuai kebutuhan periferal alat ukur energi.

3.2.3 Desain perangkat komunikasi

Perancangan perangkat komunikasi dilakukan berdasarkan kebutuhan perangkat *Smart Meter* untuk melakukan *remote monitoring* dan penerapan *variable pricing* pada pembebanan biaya penggunaan energi. Perancangan perangkat komunikasi dilakukan dengan pemilihan metode komunikasi yang dapat bekerja bersama MCU dan memungkinkan untuk melakukan tugas yang dibutuhkan. Kemudian dipilih perangkat yang bekerja berdasarkan metode komunikasi yang dipilih. Setelah ditentukan perangkat yang akan digunakan, dilakukan simulasi komunikasi untuk menguji kemampuan perangkat dalam mengirim dan menerima data melalui metode komunikasi yang telah dipilih. Perancangan perangkat komunikasi dinyatakan selesai bila perangkat komunikasi mampu mengirim dan/atau menerima data dengan format data yang bisa diolah dengan perangkat MCU.

3.2.4 Desain perangkat lunak MCU

Perangkat lunak pada MCU ditujukan sebagai serangkaian perintah untuk mengolah data dan mengatur alur kerja perangkat-perangkat yang terhubung pada MCU. Perancangan perangkat lunak MCU dilakukan dengan pengumpulan data teknis mengenai perangkat-perangkat yang terhubung. Data teknis dari perangkat-perangkat ini menjadi basis penulisan program dengan bahasa C/C++ termodifikasi untuk MCU Arduino. Program yang ditulis terdiri dari program untuk mengkonversi data mesin dari perangkat sensor ke bentuk data yang bisa dipahami manusia, program untuk mengatur keluaran data pada perangkat perifer, dan program untuk mengatur alur komunikasi data yang dikerjakan perangkat komunikasi. Perancangan perangkat lunak pada MCU dinyatakan selesai apabila MCU dapat menangani pembacaan sensor, melakukan *display* data pada

perangkat perifer, dan dapat mengatur pertukaran data pada perangkat komunikasi serta mengolahnya.

3.3 Pengujian Smart Energi Meter

Sebagai patokan keberhasilan perancangan perangkat *Smart Energy Meter*, dilakukan beberapa pengujian perangkat dengan beberapa kondisi yang diuji. Pengujian ini mencakup pengujian fungsi kerja dasar, spesifikasi, dan ketepatan alat. Pengujian fungsi kerja dan spesifikasi dilakukan dengan menguji kemampuan alat membaca sensor, menampilkan hasil pembacaan dan kalkulasi pada perangkat perifer, aplikasi *remote monitoring*, serta tingkat pengambilan sampel. Pengujian ketepatan alat dilakukan dengan menguji hasil pembacaan pada perangkat *smart meter* dan membandingkannya dengan alat ukur lain yang sudah digunakan secara komersial, lalu dilakukan perhitungan error untuk mendapatkan nilai kesalahan mutlak dan relatifnya. Rancangan perangkat *smart meter* yang dirancang dianggap selesai jika fungsi kerja dasar yang disebutkan pada perancangan awal perangkat dapat terpenuhi. Berikut adalah *check-list* daftar fungsi kerja yang harus dipenuhi perangkat smart meter yang dirancang:

Tabel III-1 Check-list fungsi kerja alat ukur yang dirancang

No	Requirement	Completion
1	Perangkat smart meter mampu membaca dan menunjukan hasil pembacaan tegangan, arus, daya, faktor daya, dan frekuensi.	
2	Perangkat server mampu memproses penggunaan energi pada jaringannya menjadi variabel harga sebagai dasar proses *dynamic pricing* dan mengirimkan datanya ke perangkat client.	
3	Perangkat client mampu menerima data variabel harga dari perangkat server, mengolahnya menjadi harga penggunaan	

	energi yang baru dan menghitung penggunaan energi berdasarkan proses *dynamic pricing* tersebut.	
4	Perangkat client memungkinkan dilakukannya telemetri atau *remote monitoring* dari perangkat lain yang berada pada jarak jauh.	

3.4 Perangkat Lunak Pendukung

Beberapa jenis perangkat lunak pendukung digunakan untuk berjalannya penelitian ini. Perangkat lunak yang dimaksud diantaranya adalah Microsoft Word yang digunakan untuk menyusun laporan penelitian dan skripsi, Microsoft Visio digunakan sebagai media desain diagram alur, Arduino IDE dan Notepad++ digunakan untuk menulis *code* program pada perangkat MCU Arduino Uno R3 dan perangkat komunikasi ESP8266 dengan Arduino IDE sebagai *Compiler* dan *Uploader* yang digunakan, ISIS Proteus 8 dan PSIM digunakan sebagai perangkat lunak utama dalam uji simulasi perangkat, Autodesk Eagle Cad digunakan untuk membuat skematik rangkaian perangkat *Smart Energy Meter*, Mozilla Firefox digunakan sebagai browser web yang digunakan untuk mengakses *dashboard admin* layanan broker MQTT PubNub, serta aplikasi MQTT Dash digunakan untuk menguji fungsi telemetry perangkat *Smart Energy Meter*.