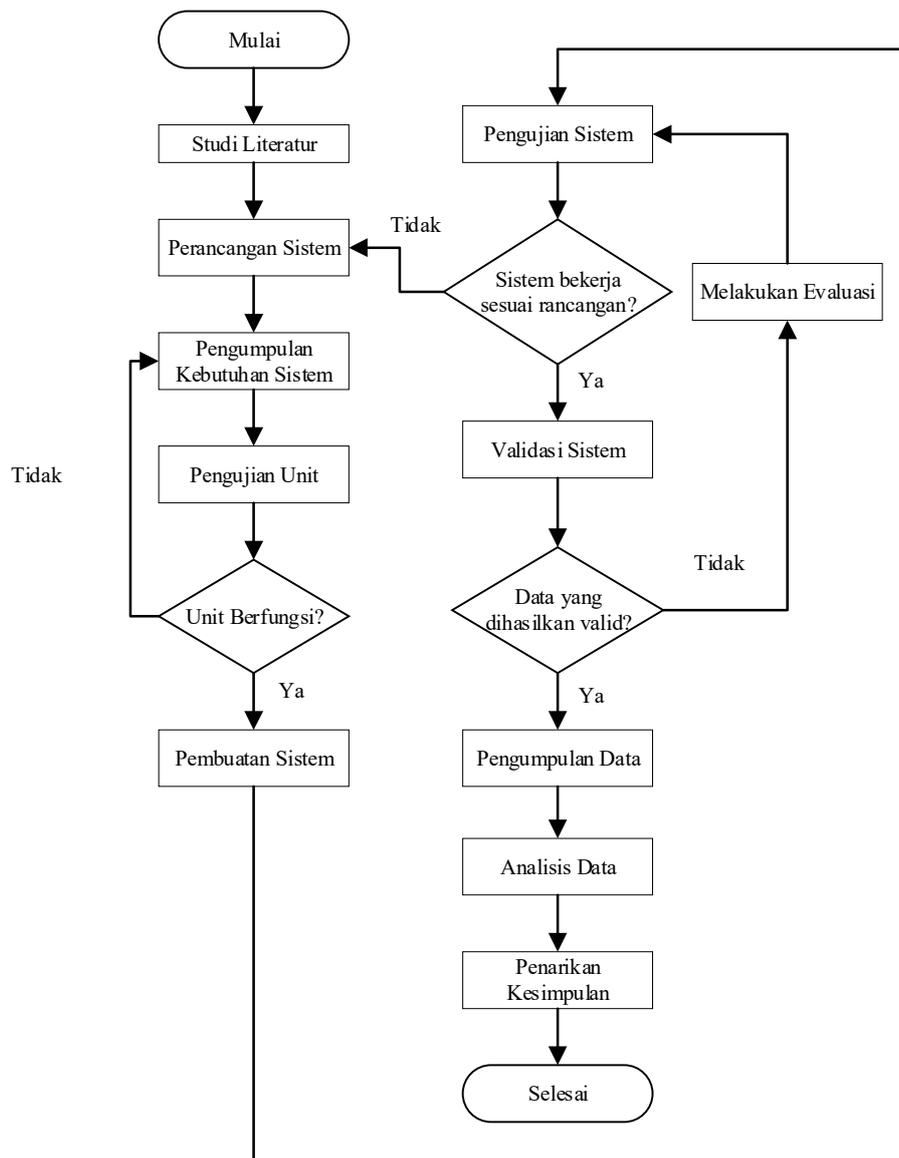


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1, Diagram alur prosedur penelitian

Berdasarkan gambar 3.1, penelitian dilakukan dalam beberapa tahap diantaranya studi literatur yang mendukung penelitian, menentukan apa yang dibutuhkan dalam penelitian, uji coba beberapa unit yang telah dikumpulkan,

pembuatan sistem jika unit yang diuji sudah berfungsi dengan baik, pengujian sistem, validasi data jika sistem sudah bekerja dengan baik, pengumpulan dan analisis data dan penarikan kesimpulan.

3.1.1 Studi Literatur

Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur dengan mengumpulkan referensi pendukung dan juga pembanding antara penelitian ini dengan penelitian yang sudah dilakukan. Referensi yang dikumpulkan ini dapat diambil baik dari artikel ilmiah berupa jurnal nasional maupun internasional atau esai pendukung. Selain itu, referensi juga diambil dari buku yang berhubungan dengan penelitian.

3.1.2 Perancangan Sistem

Setelah melakukan studi literatur, tahap selanjutnya dilakukan perancangan sistem yang akan dibuat. Tahap ini dilakukan desain gambar sistem yang akan dibuat seperti *wiring diagram* setiap komponen, perancangan *case*, dan menentukan sistem kerja alat.

3.1.3 Pengumpulan Kebutuhan Sistem

Tahap selanjutnya, yaitu pengumpulan kebutuhan-kebutuhan yang dapat mendukung suatu sistem yang sesuai dengan perancangan yang telah dibuat sebelumnya. Kebutuhan yang diperlukan untuk mendukung suatu sistem berupa komponen elektronika NIR-LED, fotodiode dan komponen filter, ESP8266, LCD TFT ST7735 dan bahan-bahan untuk *case*.

3.1.4 Pengujian Unit

Setelah komponen yang dibutuhkan terkumpul, dilakukan pengujian terhadap unit terutama unit elektronika seperti sensor ultrasonik, arduino uno, dan servo motor.

Pengujian unit yang dilakukan meliputi fungsional dari unit apakah berjalan dengan baik atau tidak.

- a. ESP8266 : Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan ESP8266 ke sumber tegangan, lalu diukur tegangan I/O pada setiap pin yang ada untuk mengetahui apakah mikrokontroler masih bisa berfungsi dengan baik atau tidak. Setelah itu jika mikrokontroler bisa digunakan, dilakukan pengujian dengan menjalankan program sederhana seperti *LED blinking* apakah berjalan dengan baik atau tidak.
- b. Sensor *PPG Detector* : Sebelum melakukan pengujian sensor, dilakukan perancangan terlebih dahulu. Sensor terdiri dari NIR-LED dengan panjang gelombang 850nm, 910nm, 980nm dan 1050nm sebagai pemancar (*transmitter*) dan fotodiode yang berfungsi sebagai penerima (*receiver*) sinar *Near Infrared* dari *transmitter* dengan rangkaian pendukung seperti rangkaian konversi arus menjadi tegangan (*transimpedance amplifier/TIA*), pasif filter orde dua jenis *high-pass filter* dan penguat.

Untuk pengujiannya sendiri, dibagi menjadi beberapa bagian. Pertama adalah pengujian transmitter. Pengujian ini dilakukan dengan memeriksa rangkaian transmitter yang terdiri dari NIR-LED sebagai komponen utamanya apakah bisa menyala atau tidak. Untuk

pemriksaanya dilakukan dengan menggunakan kamera telepon sebagai media penangkap sinar NIR (*near infrared*) pada setiap jenis NIR-LED. Kedua adalah pengujian rangkaian konversi arus menjadi tegangan (*transimpedance amplifier/TIA*). Pada pengujian ini rangkaian transimttter yang sudah diuji mentransmisikan sinar *near infrared* ke fotodiode. Fotodiode ini akan berfungsi sebagai pengonversi sinar menjadi arus listrik. Nilai arus ini akan diukur menggunakan ammeter dan *outputnya* yang berupa nilai tegangan akan diukur menggunakan voltmeter. Ketiga adalah pengujian *high-pass filter*. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberi sinyal dengan beberapa frekuensi dari 10mHz sampai 10kHz sebagai input dari filter. Setelah itu, dilakukan perbandingan nilai V_{RMS} antara sisi *input* dan *output* filter dan dibuat grafik respons frekuensi sebagai representasi dari perbandingan tersebut. Dan yang terakhir adalah pengujian rangkaian penguat (*programmable gain amplifier/PGA*). Pada pengujian ini bagian sisi *input* dan *output* rangkaian penguat akan dibandingkan juga dan dinalisa berapa perbesaran yang dihasilkan. Selain itu, rangkain yang sudah melewati tahap pengujian dasar akan dilakukan pengujian pendeteksian sinyal PPG pada jari telunjuk tangan dan dibandingkan *output* di setiap rangkian tersebut.

- c. LCD TFT ST7735 : Untuk pengujian LCD sendiri dilakukan dengan menghubungkannya dengan mikrokontroler dan diuji program sederhana untuk LCD TFT ST7735.

3.1.5 Pengujian Sistem

Pada tahap pengujian sistem, diperlukan beberapa sukarelawan yang berperan sebagai subjek untuk pengambilan data. Dalam pengambilan data dilakukan dalam 2 tahap: pertama adalah pengambilan data untuk *gold standard* dengan cara mengambil sampel darah dari sukarelawan untuk mendapatkan data. Alat yang digunakan untuk pengambilan data ini adalah glukometer yang sudah banyak dipasaran. Untuk glukometernya sendiri akan menggunakan produk dari *accu-check*. Lalu yang kedua adalah pengambilan data menggunakan alat yang sudah diuji secara unit. Dalam pengambilan datanya sendiri, sukarelawan akan menggunakan alat tersebut di ujung jari tangan, pergelangan tangan bagian bawah dan bagian atas. Data yang akan diambil adalah data yang masih mentah berupa data ADC (*analog to digital*) yang sudah dikonversi menjadi data tegangan (mV) dan data tersebut membentuk suatu sinyal yang bernama gelombang PPG (*photoplethysmogram*). Gelombang PPG ini akan dianalisis dengan beberapa metode pada tahap analisis data.

3.1.6 Validasi Data

Setelah data pada pengujian sistem sudah didapat, maka dilakukan validasi data. Untuk validasi datanya sendiri adalah dengan memeriksa data yang sudah dibaca sensor apakah data sinyal tersebut jika divisualisasikan akan membentuk gelombang PPG atau tidak. Jika data tersebut sudah valid, maka bisa dilanjutkan dengan pengumpulan data.

3.1.7 Pengumpulan Data

Pada tahap ini, hanya mengumpulkan data yang dinyatakan sudah valid dan layak dianalisis di tahap selanjutnya.

3.1.8 Analisis Data

Tahap ini akan dilakukan analisis dengan menggunakan metode yang sudah dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Untuk tahapannya sendiri, data memasuki tahap *pre-processing* di mana tahap ini data akan dilakukan *detrending* (penyisipan/penghilangan tren), *inverse data*, penurunan data (*derivative*) dan dicari titik-titik yang akan dijadikan sumber data yang akan dianalisis. Dari tahapan tersebut akan dilakukan pengolahan data yang selanjutnya seperti mencari nilai *stiffness indeks* (indeks kekakuan pembuluh arteri), nilai minimum dan nilai maksimum gelombang. Kedua metode pengolahan itu akan menjadi representasi dari nilai keluaran tegangan yang akan digunakan sebagai perbandingan pada formula hukum *Beer-Lambert* pada persamaan 2.7.

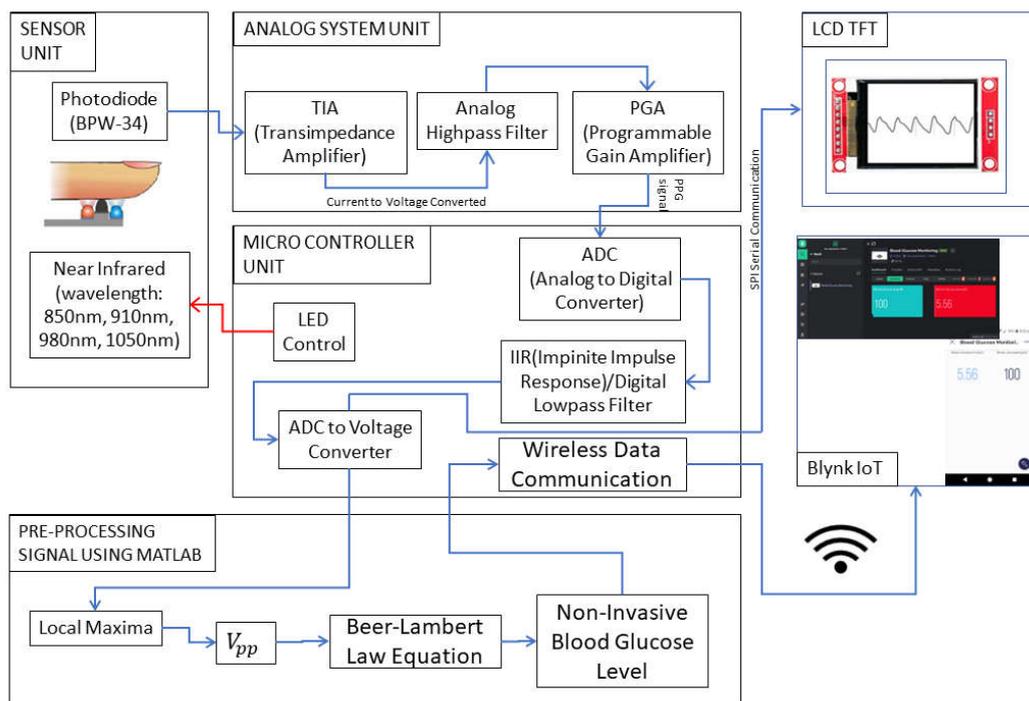
3.1.9 Penarikan Kesimpulan

Data yang sudah dikumpulkan dan dianalisis pada tahap sebelumnya akan menghasilkan kesimpulan dari penelitian ini. Selain itu, akan dijabarkan juga apa saja yang menjadi kelebihan dan kekurangan dari metode yang digunakan berdasarkan data yang sudah dianalisis.

3.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok merupakan suatu diagram proses kerja sebuah sistem yang sudah ditentukan dari awal kerja suatu sistem sampai menghasilkan *output* yang dihasilkan sistem.

Berdasarkan diagram blok pada gambar 3.2, sistem yang dirancang terdiri dari unit sensor yang mendeteksi aktivitas pembuluh darah baik di jari, pergelangan tangan bagian bawah dan pergelangan tangan bagian atas. Unit sensor sendiri terdiri dari NIR-LED dengan panjang gelombang 850nm, 910nm, 980nm dan 1050nm yang berfungsi sebagai pemancar sinar inframerah dan fotodiode BPW-34 dengan sensitivitas sinar pada rentang 400nm-110nm yang berfungsi sebagai penerima sinar dari NIR-LED yang dipantulkan. Sinar yang dipantulkan oleh NIR-LED intensitasnya berbeda beda tergantung pompa pembuluh darah sehingga membentuk sinyal PPG. Sinyal PPG ini diterima oleh fotodiode berupa *raw signal* sehingga sinyal masih memiliki *noise*.



Gambar 3.2, Diagram Blok Sistem

Setelah sinyal PPG terdeteksi, sinyal tersebut dikonversi karena masih berupa arus listrik. arus listrik itu memasuki rangkaian elektronik pengonversi arus ke tegangan dengan tujuan yang dapat diukur adalah nilai tegangannya.

Tahap selanjutnya adalah filter analog yang bertujuan untuk menghilangkan beberapa *noise* dengan frekuensi tertentu karena tidak diperlukan. Filter yang dipasang sendiri adalah *high-pass filter* yang memfilter sinyal dengan frekuensi kecil agar sinyal berfrekuensi besar dapat lolos. Setelah sinyal PPG difilter, sinyal diamplifikasi dan melakukan penguatan sinyal dengan tujuan agar sinyal PPG yang terukur menjadi lebih besar dari yang sebelum teramplifikasi.

Sinyal PPG yang telah difilter masuk ke mikrokontroler lalu dikonversi dari sinyal analog menjadi sinyal digital. Selain itu, mikrokontroler memfilter secara digital menggunakan IIR (*Infinite Impulse Response*) dengan jenis filter *low-pass filter* agar sinyal dengan frekuensi yang besar tidak lolos. Data dari hasil konversi ADC dan filter digital ini dapat ditampilkan pada LCD TFT dalam bentuk visualisasi sinyal PPG dan juga diambil untuk pengakuisisian dan penganalisisan data menggunakan aplikasi MATLAB.

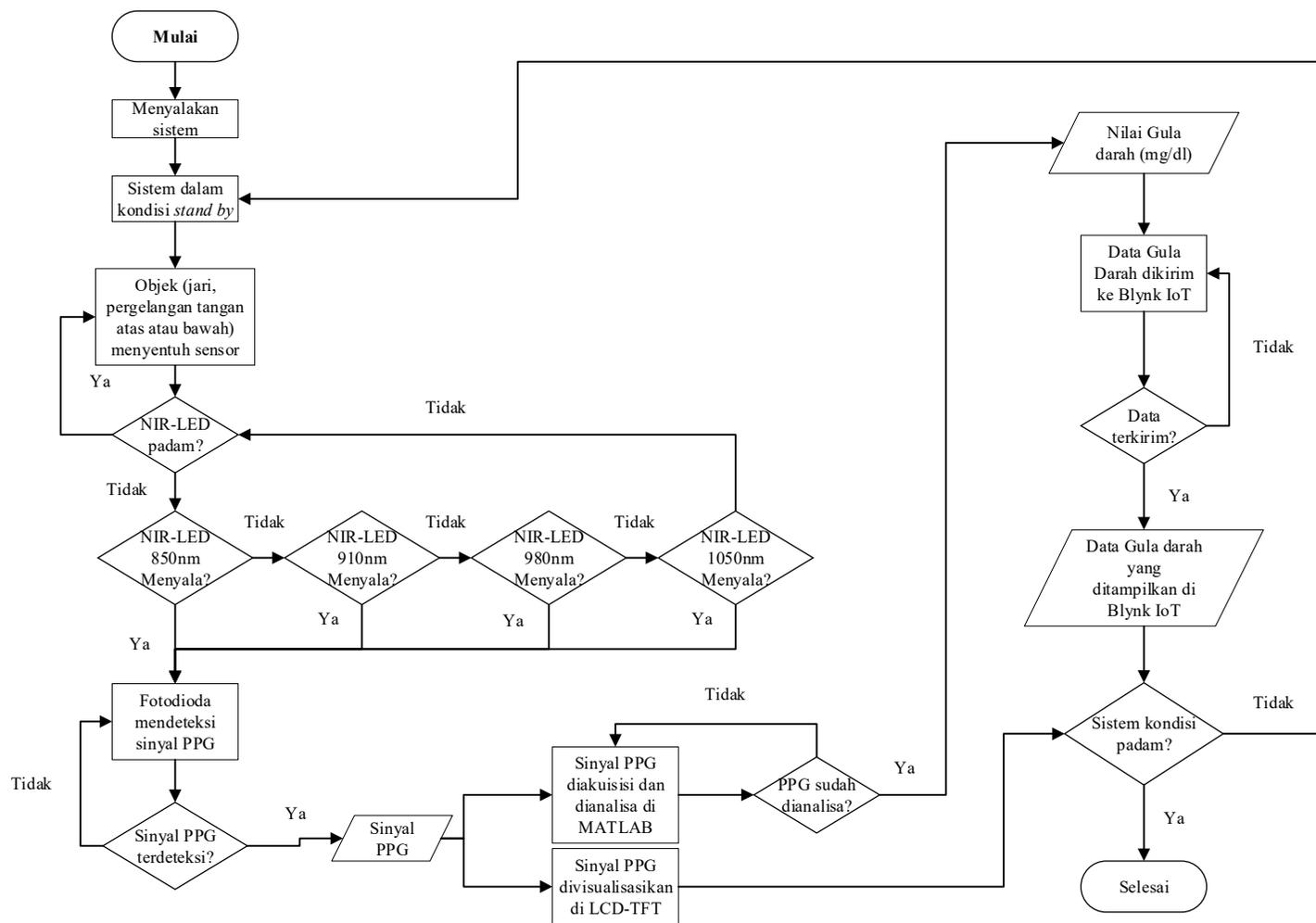
Setelah dianalisis menggunakan aplikasi MATLAB, datanya dimasukkan kembali ke mikrokontroler untuk dikirim ke secara nirkabel ke aplikasi Blynk IoT untuk ditampilkan dan memberi notifikasi jika terjadi kelebihan kadar gula darah.

Diagram blok pada gambar 3.2 secara detailnya akan dijelaskan cara kerja setiap bloknnya pada sub bab metode penelitian

3.3 Diagram Alur Sistem

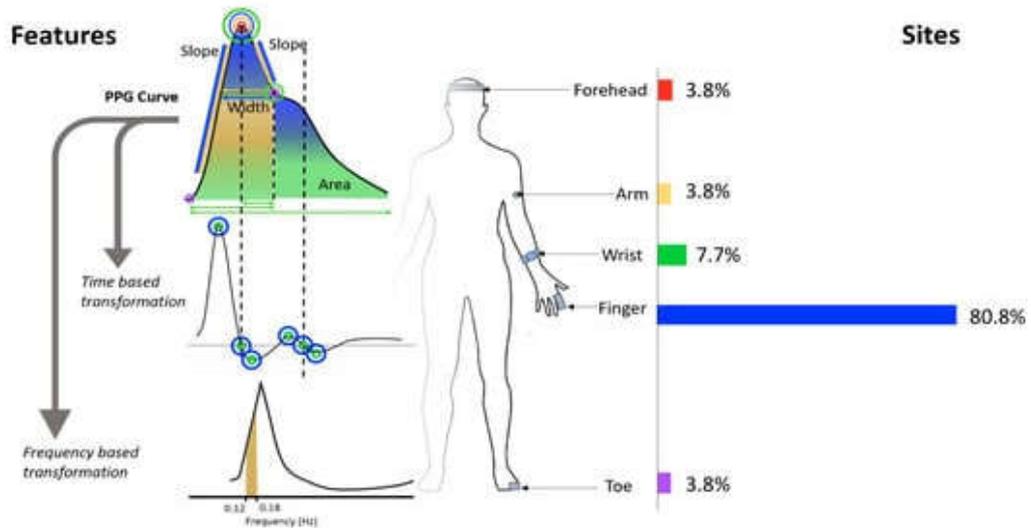
Berdasarkan alur kerja dari sistem yang dibuat berdasarkan gambar 3.3, NIR-LED yang berjumlah 4 buah dipancarkan secara bergantian dengan tujuan sinarnya dipantulkan dan dibaca oleh fotodiode. Setelah fotodiode membaca sinar, dikonversi menjadi sinyal listrik dalam bentuk gelombang sinyal PPG (*photoplethysmogram*) lalu difilter terlebih dahulu sebelum divisualisasikan di

LCD-TFT. Setelah difilter, sinyal PPG dapat divisualisasikan dan diakuisisi datanya.



Gambar 3.3, daigram alur sistem

Berdasarkan gambar 3.3 juga, data yang akan diambil untuk analisis kadar gula darah adalah data sinyal PPG dalam bentuk data ADC (*analog signal to digital signal*) yang dikonversi menjadi data tegangan (mV). Selain itu, satuan waktu pada saat data didapatkan juga diperlukan.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3.4, sinyal PPG dapat dideteksi di berbagai titik dan implementasinya (Hosanee et al., 2020).

Untuk mendapatkan data sinyal PPG, sensor akan ditempatkan pada objek ukur seperti ujung jari tangan, pergelangan tangan bagian bawah dan bagian atas seperti pada gambar 3.4 (b-d). Ketika sensor sudah ditempatkan di objek ukur, NIR-LED yang berfungsi sebagai pemancar sinar dinyalakan dan dipantulkan ke bagian dalam kulit khususnya pembuluh darah. Denyut pada pembuluh darah

akan menghasilkan pola sinyal yang disebut PPG. Perubahan denyut pada pembuluh darah tersebut diterjemahkan oleh fotodiode dengan menangkap perubahan pancaran sinar NIR (*near-infrared*) yang dipantulkan dari NIR-LED.

NIR-LED yang terpasang pada sistem berjumlah 4 buah dan memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda. NIR-LED yang digunakan diantaranya adalah LED dengan panjang gelombang (λ) 850nm, 910nm, 980nm dan 1050nm. Masing-masing NIR-LED akan menyala secara bergantian dengan tujuan untuk perbandingan satu sama lain.

Setelah fotodiode dapat menangkap sinyal PPG, dilakukan filter terlebih dahulu baik secara analog menggunakan *high-pass filter* maupun secara digital menggunakan *low-pass filter*. Sinyal PPG yang sudah difilter ini akan disajikan datanya dalam satuan mV yang sebelumnya baru berupa data konversi sinyal analog ke digital (ADC). Setelah sinyal PPG difilter, datanya akan diakusisi untuk dianalisis menggunakan aplikasi MATLAB dengan tujuan agar mendapatkan nilai kadar gula darah secara *spectroscopy*. Selain itu, sinyal PPG juga divisualisasikan pada LCD-TFT dengan tujuan untuk mengetahui apakah pada saat pengambilan data sinyal PPG sudah dapat terdeteksi atau tidak. Jika belum terdeteksi, sensor akan disesuaikan penempatannya sampai sinyal PPG terlihat.

3.4 Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah rancang bangun sensor yang akan digunakan untuk pengambilan data baik data secara unit maupun secara sistem. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan analisis hasil pengambilan data menggunakan metode kuantitatif. Data yang dianalisis adalah bagaimana data berupa sinyal PPG menjadi representasi dari kadar gula darah

dengan mengimplementasikan hukum Lambert-Beer. Analisis sinyal PPG-nya sendiri menggunakan pendekatan perbandingan nilai minimum dan nilai maksimum dari sinyal PPG sebagai representasi dari tegangan keluaran dari sensor.

3.2.1 Perancangan Perangkat, Pengujian dan Akuisisi Data

Hal pertama yang dilakukan berdasarkan metode penelitian adalah melakukan rancang bangun perangkat. Untuk cara kerja alat bisa dilihat pada diagram alur di gambar 3.5 di bawah ini.

bagian bawah dan bagian atas. Sinyal PPG mulai dideteksi dengan menyalakan NIR-LED sebagai pemancar/*transmitter* yang dipancarkan ke permukaan kulit ujung jari tangan, pergelangan tangan bagian bawah dan bagian atas. Sinar inframerah yang dipancarkan ke permukaan kulit dipantulkan dan dideteksi oleh fotodiode.

Fotodiode sendiri berfungsi sebagai penerima sinar inframerah yang dipantulkan lalu dikonversi menjadi arus. Setelah fotodiode mendeteksi sinar inframerah dan dinyatakan dalam satuan arus, sinyal arus tersebut masuk ke rangkaian *Transimpedance amplifier* (TIA) atau rangkaian pengonversi arus menjadi tegangan. Namun, sinyal PPG yang dideteksi tersebut masih ada *noise*. Jadi sinyal perlu difilter terlebih dahulu.

Setelah sinyal PPG dikonversi dari satuan arus menjadi satuan tegangan, sinyal tersebut masuk rangkaian filter analog *Highpass Filter* (HPF). Rangkaian *Highpass Filter* berfungsi sebagai pemilter sinyal yang memiliki frekuensi kurang dari *cut-off frequency*. Setelah sinyal PPG difilter sinyal yang berfrekuensi kurang dari *cut-off frequency*-nya, sinyal masih memiliki nilai kecil. Untuk memperjelas bentuk sinyal PPG, bisa diperbesar menggunakan rangkaian penguat.

Setelah sinyal PPG difilter, sinyal tersebut masuk rangkaian penguat dengan tujuan diperbesar sinyalnya agar lebih besar beberapa kali lipat dari sinyal masukannya. Sinyal yang sudah diperbesar dibaca menggunakan mikrokontroler.

Sinyal yang masuk dan dibaca mikrokontroler dikonversi dari sinyal analog menjadi sinyal digital. Sinyal yang masuk mikrokontroler sebelum digunakan sebagai implementasi kadar gula darah, perlu diolah terlebih dahulu seperti filter digital menggunakan metode *Infinite Impulse Response* (IIR). Untuk filter

digitalnya sendiri adalah *Lowpass Filter* (LPF) yang memfilter sinyal yang berfrekuensi lebih besar dari *cut-off frequency*. Setelah difilter, bentuk sinyal PPG divisualisasikan juga di LCD TFT dalam bentuk grafik.

Data yang ditampilkan di LCD TFT akan diakuisis jika data tersebut membentuk sinyal PPG. Setelah diakuisisi, data tersebut digunakan ke tahap selanjutnya untuk dianalisis terlebih dahulu agar dapat hasil gula darah.

3.2.2 Analisis Data

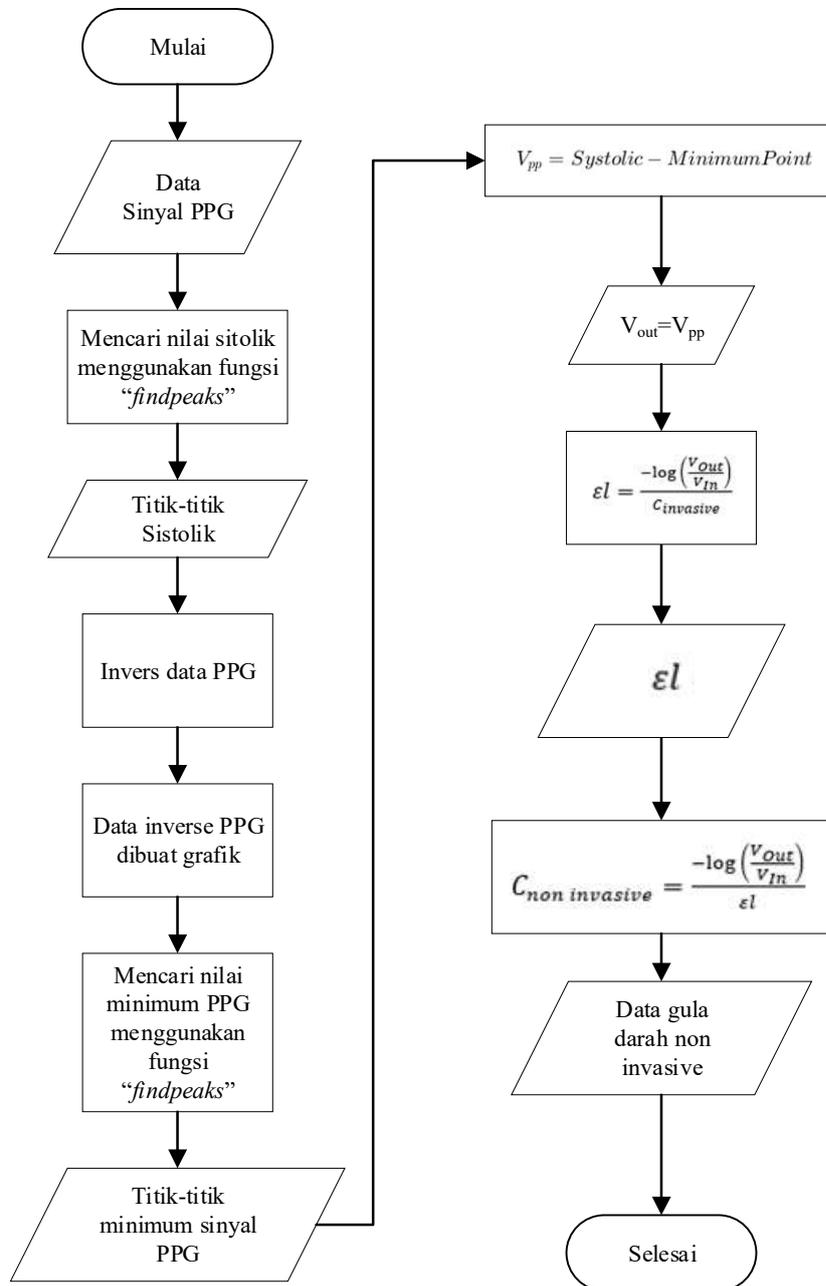
Jika perangkat yang sudah dirancang dapat bekerja dengan lancar dan dirasa dapat digunakan, perangkat tersebut dinyatakan layak untuk pengujian siste. Data yang diakuisisi pada saat pengujian sistem adalah data yang sama dengan yang ditampilakn pada LCD TFT. Data tersebut masih berupa sinyal PPG yang memiliki satuan mV.

Data yang diakuisi tersebut jika dilihat pada gambar 3.3, akan dianalisis berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya pada sub bab 2.10. Data yang dianalisisnya sendiri adalah nilai maksimum dari sinyal PPG dan alur analisisnya dapat dilihat pada gambar 3.6. Cara mencarinya sendiri bisa menggunakan aplikasi pemrograman MATLAB menggunakan fungsi *local maxima* dengan cara *findpeaks*.

Setelah data nilai maksimum didapat, langkah selanjutnya adalah mencari nilai minimumnya. Cara mencari titik tersebut sama juga dengan metode sebelumnya. Namun, yang membedakan adalah sinyal PPG tersebut dibalikkan atau *inverse* terlebih dahulu.

Setelah mengetahui nilai minimum dan nilai maksimum, dicari nilai selisihnya sebagai nilai satuan tegangan *peak-to-peak*. Nilai tegangan tersebut

menjadi representasi nilai tegangan keluaran yang akan dibandingkan nilai masukannya.



Gambar 3.6, diagram alur analisis data

Setelah mendapatkan nilai keluaran, mencari nilai ϵl dengan menjabarkan kembali hukum Lambert-Beer dengan nilai konsentrasinya menggunakan nilai konsentrasi invasive ($C_{invasive}$). Setelah nilai ϵl sudah diketahui, bisa digunakan

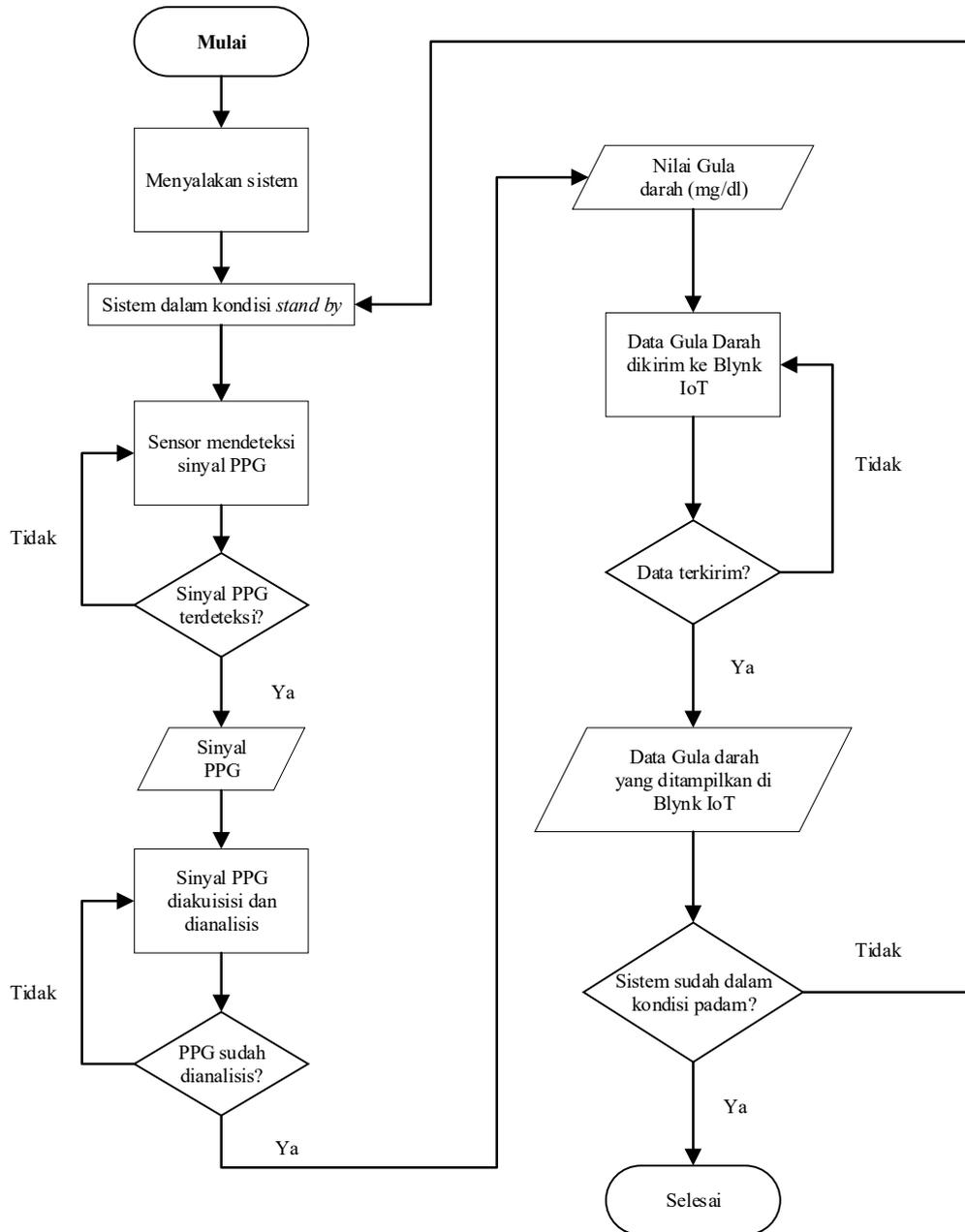
untuk analisis konsentrasi non-invasive. Nilai konsentrasi non-invasive ini dijadikan referentasi nilai kadar gula darah dari alat yang dirancang.

Selain digunakan untuk mencari nilai minimum dan nilai maksimum, penggunaan fungsi *local maxima* juga bisa digunakan untuk mencari nilai diastolik. Yang membedakannya adalah sebelum dianalisis, sinyal PPG tersebut diturunkan menggunakan turunan ke-1 sehingga menghasilkan sinyal VPG (*Velocite Photoplethysmograph*). Sinyal VPG tersebut dicari nilai puncak yang jika disandingkan dengan sinyal PPG mendekati titik diastolik. Titik puncaknya sendiri nilainya tidak lebih besar dari titik sistolik.

3.2.3 Pengiriman Data

Setelah sinyal PPG dianalisis dan menghasilkan nilai kadar gula darah, data tersebut disiapkan untuk dikirim ke *Blynk IoT* menggunakan komunikasi Wi-Fi. Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat di gambar 3.7.

Berdasarkan gambar 3.7, alat berada dalam kondisi menyala. Pada kondisi ini, alat siap mengirimkan data yang sudah dianalisis. Hal pertama yang perlu diperhatikan adalah koneksi internet apakah sudah terhubung atau belum. Jika sudah terhubung, data akan dikirim ke Blynk IoT untuk menampilkan kadar gula darah dari hasil analisis selama alat masih menyala.



Gambar 3.7 Diagram alur dari pengiriman data secara IoT.

3.3 Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Siliwangi yang bertempat di jl. Siliwangi No.24, kecamatan Tawang, kota Tasikmalaya