

BAB III

METODOLOGI TUGAS AKHIR

3.1. Jalur Tugas Akhir

Dalam pelaksanaannya, tugas akhir ini dibagi menjadi tiga tahap. Tahap pertama merupakan tahap perancangan, meliputi: pengukuran kebutuhan ukuran *caps* pada sel baterai *lead acid* dan perancangan model *caps lead acid* pada *software* 3D disesuaikan dengan sensor level yang akan menyertainya. Tahap kedua merupakan tahap pembuatan, meliputi: pencetakan *caps lead acid* dan pembuatan rangkaian *electric current level sensor*. Tahap ketiga merupakan tahap pengujian yang terdiri dari: eksperimen efektifitas sensor level, eksperimen akurasi dan presisi sensor level, dan percobaan keberhasilan alat pengisian air aki otomatis. Ketiga tahap tersebut dapat lebih mudah dimengerti melalui gambar 3.1 berikut.

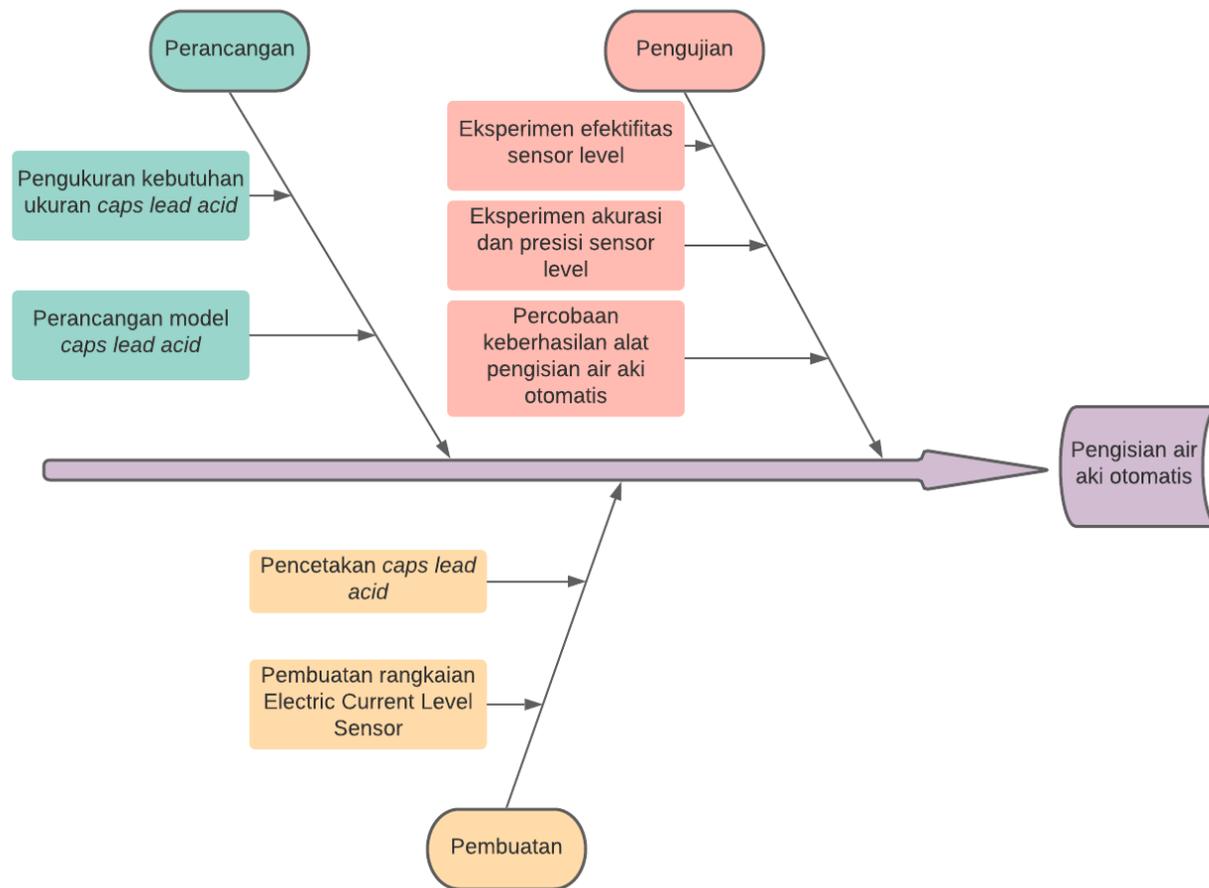


Diagram 3.1. Alur Metode Tugas Akhir

3.2. Tahap Perancangan

3.2.1. Pengukuran Kebutuhan Ukuran Caps

Setiap baterai *lead acid* (aki basah) memiliki tutup yang dapat dibuka guna melakukan pengisian air aki. Dimensi dari penutup aki tersebut akan diukur dan diamati bentuk geometrinya. Ukuran dari tutup tersebut akan menjadi data peneliti dalam merancang bentuk geometri *caps lead acid*. Selanjutnya, jarak dari lubang yang terdapat pada sel baterai *lead acid* hingga menuju batas penuh air aki juga akan diukur dan dicatat. Kemudian, diameter dari selang dan dimensi sensor level yang akan diterapkan pada *caps* tersebut juga akan diukur. Dengan demikian, seluruh data yang dimiliki dapat menjadi acuan dalam perancangan *caps lead acid* pada langkah selanjutnya.



Gambar 3.1. Baterai *Lead Acid* dan Pengukuran Dimensi *Caps*

3.2.2. Perancangan Model *Caps Lead Acid*

Dalam melakukan perancangan, digunakan *software* Adobe Inventor Pro 2021 *student version*, yaitu merupakan salah satu jenis *software* untuk merancang bangun 3D. Perancangan model *caps* ini bergantung pada nilai acuan yang diperoleh dari pengukuran dimensi pada langkah sebelumnya serta inovasi dalam menempatkan sensor level pada model *caps* tersebut.

Metode yang diterapkan adalah *trial and error*, artinya kebutuhan dimensi *caps* yang telah diukur akan digunakan untuk merancang pada *software* 3D, dilanjutkan dengan melakukan pencetakan dan pemasangan sensor level serta mencoba menerapkan langsung pada sel baterai *lead acid*. Setelah diterapkan, model *caps* diamati dan kesalahan perancangan dan kekurangan dari model *caps* yang dibuat sebelumnya dapat ditemukan. Kemudian akan dilakukan pengukuran kebutuhan *caps* kembali untuk memastikan kesalahan data yang diperoleh, merancang kembali dengan perubahan yang diperlukan, mencetak, memasang sensor level dan menerapkan langsung kepada sel baterai. Hal ini akan terus menerus dilakukan hingga memperoleh hasil *caps* dengan ukuran dan model yang memenuhi kebutuhan.

Metode ini dipilih dikarenakan sulitnya mengetahui dimensi sebenarnya atau dimensi *real* dari baterai *lead acid* bagian dalam. Pengukuran dimensi akhirnya hanya terbatas pada pengukuran baterai *lead acid* bagian luar. Pengukuran dimensi *real* baterai bagian dalam mungkin dilakukan dengan syarat harus membuka paksa atau merusak komponen dari baterai *lead acid* itu

sendiri. Mengingat harga baterai *lead acid* yang tidaklah murah, memilih metode *trial and error* nampaknya merupakan pilihan yang lebih rasional.

3.3. Tahap Pembuatan

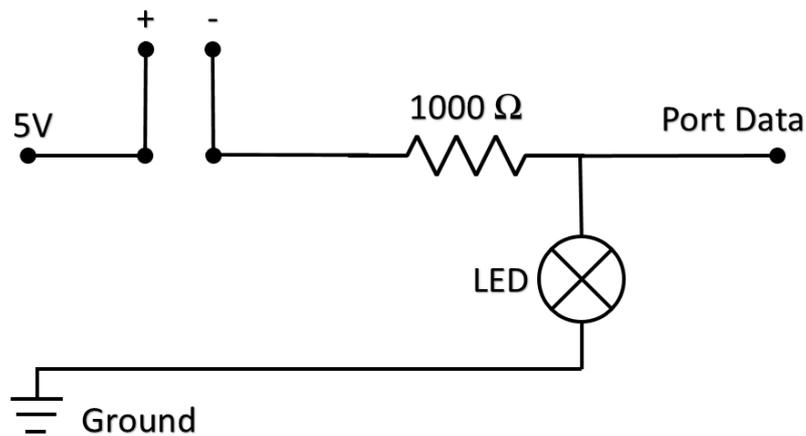
3.3.1. Pencetakan *Caps Lead Acid*

Model *caps* yang sudah dipastikan melalui metode *trial and error* pada tahap sebelumnya dicetak menggunakan mesin printer 3D. Bahan filamen printer 3D menggunakan polimer PETG. PETG adalah *Polyethylene Terephthalate* (PET) versi modifikasi glikol yang biasa digunakan untuk membuat botol air. Bahan ini bersifat semi kaku dengan ketahanan terhadap benturan yang baik, tetapi memiliki permukaan yang sedikit lebih lembut yang membuatnya mudah aus. Bahan ini juga memiliki manfaat dari karakteristik termal yang baik, memungkinkan plastik menjadi dingin secara efisien dengan kelengkungan yang hampir dapat diabaikan. Alasan PETG cocok menjadi bahan pembuatan *caps lead acid* ini adalah kelebihanannya yaitu *chemical resistant* atau tahan terhadap zat kimia dan juga tahan air (*water resistant*)^[28]. Pencetakan *caps lead acid* ini dilakukan sebanyak 6 kali untuk masing-masing model guna mencukupi kebutuhan *caps* dari 1 pak baterai *lead acid*.

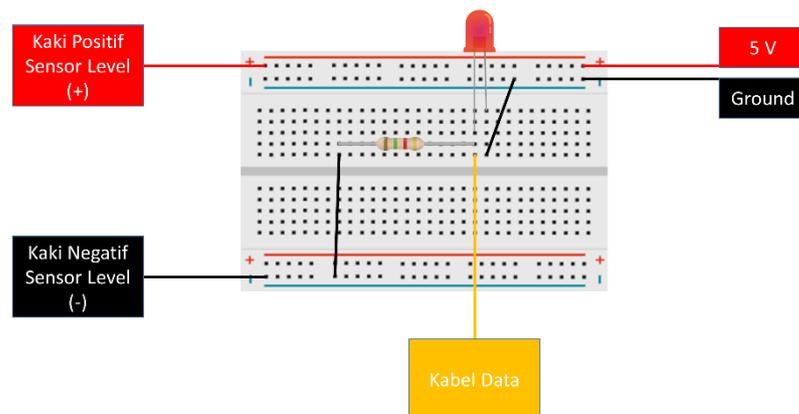
3.3.2. Pembuatan Rangkaian *Electric Current Level Sensor*

Electric Current Level Sensor memanfaatkan konsep rangkaian tertutup (*close loop*) dan rangkaian terbuka (*open loop*) dengan menjadikan air aki

sebagai salah satu komponennya. Seperti yang kita ketahui, air aki mengandung asam sulfat (H_2SO_4) dan juga air murni (H_2O). Kedua zat ini terbukti pada berbagai penelitian dan percobaan sebagai zat yang mampu menghantarkan listrik ^[36-39]. Berangkat dari konsep tersebut, gambar 3.2 dan gambar 3.3 memberikan ilustrasi rangkaian *Electric Current Level Sensor*.



Gambar 3.2. Rangkaian Listrik *Electric Current Level Sensor*



Gambar 3.3. Ilustrasi Rangkaian *Electric Current Level Sensor* pada *BreadBoard*

Daya dari rangkaian ini berasal langsung dari mikrokontroler dengan tegangan sebesar 5 Volt. Tarikan kabel dari sumber daya akan langsung menjadi kaki positif dari *electric current level sensor*, sedangkan kaki negatif akan dihubungkan dengan resistor 1000 Ω dan LED yang berakhir pada port ground mikrokontroler. Kabel data akan menuju kepada port mikrokontroler untuk dilakukan pembacaan tegangan yang ada pada LED.

3.4. Tahap Pengujian

3.4.1. Eksperimen Efektifitas Sensor level

Efektifitas sensor level dapat dengan mudah dilihat melalui keberhasilan sensor dalam mengirimkan sinyal kepada mikrokontroler. Eksperimen terbagi menjadi tiga sensor level, sebagai berikut :

1. *Optical Liquid Level Sensor*

Pengujian efektifitas *optical liquid level sensor* adalah dengan mencelupkan *cone* langsung ke air aki. Pada dasarnya *optical liquid level sensor* mampu mengirimkan data digital kepada mikrokontroler. Sebelum *cone* tercelup, mikrokontroler akan membaca kondisi sensor level dengan nilai 1. Jika *cone* tercelup, mikrokontroler akan membaca adanya perubahan data menjadi bernilai 0.

Kemudian, data digital ini dicoba untuk diubah menjadi data analog. Dengan metode percobaan berulang, ditemukan bahwa batas perubahan *state* dari *optical liquid sensor level* berada pada 100 bit.

Dengan kata lain, mikrokontroler akan membaca kondisi sensor level dengan nilai diatas 100 bit sebelum *cone* tercelup. Oleh sebab itu, eksperimen ini dinyatakan berhasil jika *cone* tercelup dan mikrokontroler mampu membaca adanya penurunan hasil data mencapai dibawah 100 bit.

2. *Float Switch Level Sensor*

Pengujian efektifitas *float switch level sensor* adalah dengan mencelupkan sensor langsung ke air aki hingga pelampung terangkat. Serupa dengan *optical liquid level sensor*, pada dasarnya *float switch level sensor* mampu mengirimkan data digital kepada mikrokontroler. Mikrokontroler akan membaca *float switch level sensor* pada kondisi *low* atau bernilai 0 ketika pelampung tidak tercelup atau tidak terangkat. Sebaliknya, mikrokontroler akan membaca *float switch level sensor* pada kondisi *high* atau bernilai 1 ketika pelampung tercelup atau terangkat.

Kemudian, data digital ini dicoba untuk diubah menjadi data analog. Dengan metode percobaan berulang, ditemukan bahwa batas perubahan *state* dari *float switch sensor level* berada pada 200 bit. Dengan kata lain, mikrokontroler akan membaca kondisi sensor level dengan nilai dibawah 200 bit sebelum pelampung tercelup. Oleh karena itu, jika pelampung tercelup dan terangkat serta

mikrokontroler membaca adanya kenaikan data diatas 200 bit, maka eksperimen ini dinyatakan berhasil.

3. *Electric Current Level Sensor*

Pengujian efektifitas *electric current level sensor* dapat dilakukan dengan mencelupkan kedua kaki positif dan kaki negatif sensor ke dalam air aki. Berbeda dengan kedua sensor level lainnya, *electric current level sensor* pada dasarnya memiliki sinyal analog. Sehingga tidak diperlukan adanya perubahan dari sinyal digital dalam eksperimen ini.

Dengan metode percobaan berulang, ditemukan bahwa batas perubahan *state* dari *float switch sensor level* berada pada 350 bit. Dengan kata lain, sebelum kedua kaki sensor level tercelup, mikrokontroler akan membaca kondisi sensor level dengan data dibawah 350 bit. Oleh karena itu, jika kedua kaki sensor level dicelupkan dan mikrokontroler mampu membaca adanya kenaikan data mencapai diatas 350 bit serta LED pada rangkaian menyala, maka eksperimen ini dinyatakan berhasil.

Air aki yang digunakan pada eksperimen ini adalah air aki zuur (air aki merah). Setiap eksperimen untuk masing-masing sensor level akan dilakukan sebanyak 50 kali. Hasil data efektifitas sensor level ini dapat dinyatakan sebagai presentase efektifitas sensor level. Waktu tunda (*delay time*) tidak

menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan dalam eksperimen ini dikarenakan waktu tunda dapat diatur melalui coding program yang diterapkan, sedangkan waktu tunda yang terjadi akibat waktu pengiriman sinyal dari sensor level menuju mikrokontroler tidak mencapai 1 sekon sehingga sulit untuk diamati.

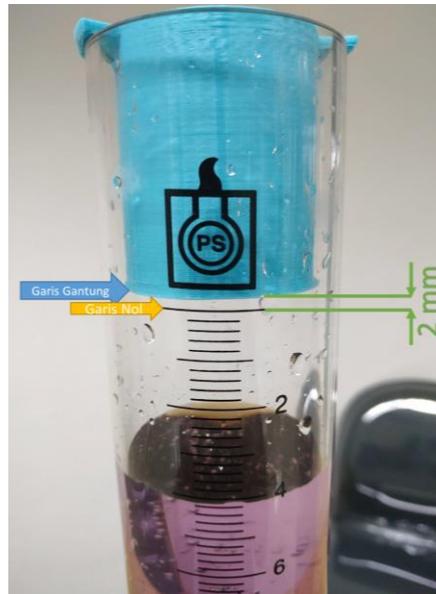
3.4.2. Eksperimen Akurasi dan Presisi Sensor Level

Akurasi dan presisi sensor level dapat dilihat dari kedalaman air aki dalam suatu wadah yang dibutuhkan untuk membuat sensor level mengirimkan sinyal penuh kepada mikrokontroler. Digunakan wadah berupa tabung ukur dengan dimensi kedalaman maksimal 600 mm pada skala dan diameter 50 mm sesuai dengan gambar berikut.



Gambar 3.4. Tabung Ukur sebagai Wadah Uji

Untuk memudahkan eksperimen, air aki akan diberi pewarna terlebih dahulu agar mudah diamati. Sensor level digantung pada ketinggian 2 mm diatas garis 0 dari skala gelas ukur sesuai dengan gambar 3.5. Kemudian, air aki berwarna akan dialirkan dengan debit yang konstan ke dalam tabung ukur. Pengaliran air aki dihentikan ketika mikrokontroler menerima sinyal penuh dari sensor level dan memerintahkan injektor untuk berhenti. Kedalaman air aki yang ada dalam tabung ukur akan diamati dan dicatat.



Gambar 3.5. Skala Tabung Ukur dan Jarak Awal Pengukuran

Ekspirimen ini akan dilakukan sebanyak 20 kali untuk masing-masing level sensor. Dalam proses pengisian air aki pada umumnya digunakan aquades (air aki biru) sebagai penambah volume dari air aki yang sudah ada dalam sel [10-12]. Hal ini dikarenakan tidak lagi diperlukan adanya penambahan H_2SO_4 ke dalam sel tersebut untuk menjaga berat jenis air aki dalam sel tidak berlebih serta tidak mengurangi usia pakai dari baterai *lead acid* [40-41]. Pada percobaan ini menggunakan air sebagai pengganti aquades. Substitusi ini mungkin untuk dilakukan tanpa memiliki dampak terhadap hasil eksperimen karena pada dasarnya aquades merupakan air biasa yang telah disuling atau dimurnikan sehingga tidak adanya lagi zat-zat mineral dalam air tersebut (murni H_2O), sedangkan zat-zat mineral dalam air itu sendiri tidak berhubungan ataupun mempengaruhi kinerja dari masing-masing sensor level sehingga air yang

mengandung mineral maupun tidak mengandung mineral tetap dapat digunakan dalam eksperimen ini.

Stabilitas data kedalaman air aki pada wadah yang dihasilkan dari eksperimen ini akan berlaku sebagai presentase presisi dan nilai presisi. Sedangkan, presentase akurasi akan diperoleh dengan membandingkan data kedalaman air aki dengan acuan nilai teoritis dari rancangan model *caps* yaitu 46 mm (berasal dari 48 mm kedalaman rancangan dikurang 2 mm jarak awal posisi penggantungan *caps* dari titik 0 pada tabung ukur).

3.4.3. Percobaan Keberhasilan Alat Pengisian Air Aki Otomatis

Caps akan dipasang ketika sel baterai *lead acid* telah dikondisikan belum penuh. Kemudian sistem akan dijalankan. Air aki akan mengalir ke dalam sel hingga sensor level menginisiasi mikrokontroler untuk menghentikan pengisian.

Percobaan ini dibagi menjadi 3 sistem :

1. Sistem Pengisian Air Aki Otomatis tipe OL

Sistem pengisian air aki otomatis tipe OL menggunakan *optical liquid level sensor* dan model *caps* yang telah disesuaikan dengan sensor tersebut. Diagram 3.2 merupakan *flowchart* dari sistem pengisian air aki otomatis tipe OL.

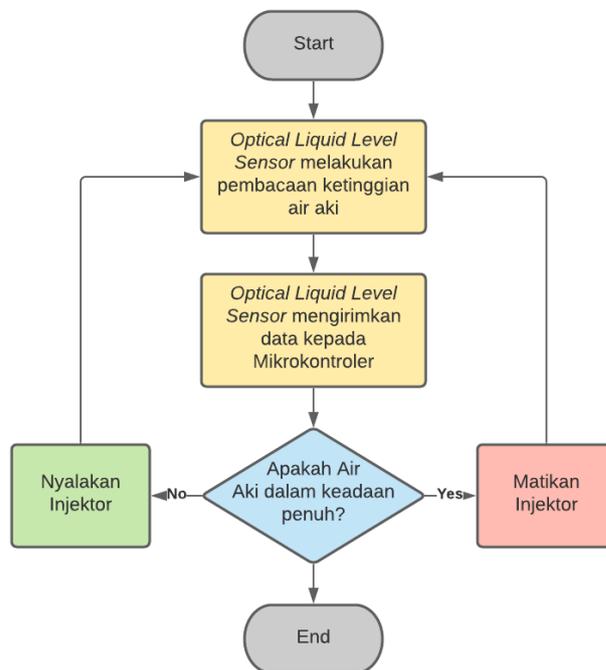


Diagram 3.2. Sistem Pengisian Air Aki Otomatis Tipe OL

2. Sistem Pengisian Air Aki Otomatis Tipe FS

Sistem pengisian air aki otomatis tipe FS menggunakan *float switch level sensor* dan model *caps* yang telah disesuaikan dengan sensor tersebut. Diagram 3.3 merupakan *flowchart* dari sistem pengisian air aki otomatis tipe FS.

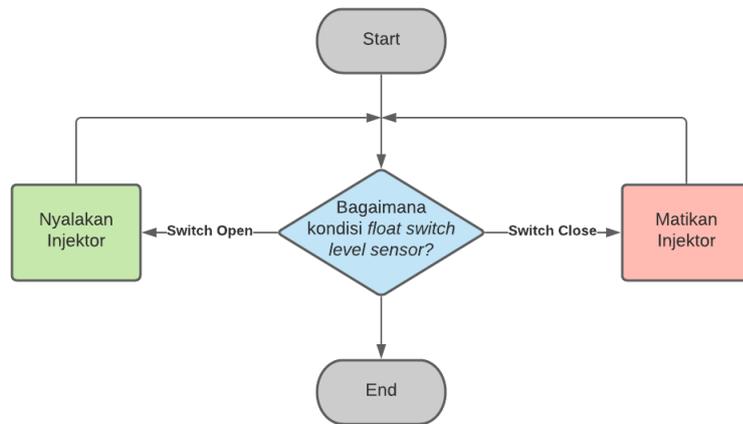


Diagram 3.3. Sistem Pengisian Air Aki Otomatis Tipe FS

3. Sistem Pengisian Air Aki Otomatis Tipe EC

Sistem pengisian air aki otomatis tipe EC *menggunakan electrical current level sensor* dan model *caps* yang telah disesuaikan dengan sensor tersebut. Diagram 3.4 merupakan *flowchart* dari sistem pengisian air aki otomatis tipe EC.

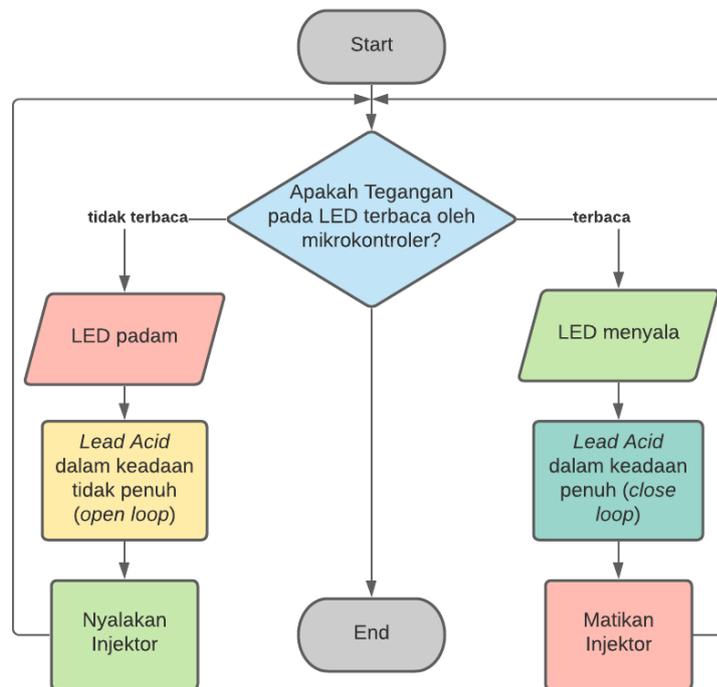


Diagram 3.4. Sistem Pengisian Air Aki Otomatis Tipe EC