

BAB II

KERANGKA TEORITIS, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS PENELITIAN

2.1 Kerangka Teoritis

2.1.1 Prototype dan Instalasi Penerangan

Prototype adalah sebuah tiruan dari sesuatu yang dibuat dengan skala diperkecil yang menggambarkan benda sesungguhnya sebelum benda tersebut dibuat dalam ukuran aslinya. Sehingga prototype dibuat seperti benda aslinya, namun ukurannya saja yang lebih kecil.

Instalasi Penerangan adalah Seluruh instalasi listrik yang digunakan untuk memberikan daya listrik pada lampu sebagai sumber cahaya.

2.1.2 LED

Light Emitting diode atau dioda pemancar cahaya yang lebih dikenal dengan kependekkannya yaitu LED, menghasilkan cahaya ketika arus mengalir melewatinya. LED adalah salah satu jenis diode yang dibuat dari bahan dasar *Gallium arsenide (Ga As)* atau *Gallium Arsenide phosphide (Ga As P)* atau *Gallium Phospide (Ga P)*.

Bahan dasar ini akan mempengaruhi jenis cahaya yang akan dipancarkan. *Gallium arsenide (Ga As)* akan memancarkan cahaya infra merah, *Gallium Arsenide phosphide (Ga As P)* akan memancarkan cahaya merah atau kuning, sedangkan

Gallium Phospide (Ga P) akan memancarkan cahaya merah atau hijau. Namun sekarang warna jingga, kuning, hijau, biru dan putih juga tersedia dipasaran.

Sebuah LED yang umumnya memiliki kemasan berbentuk kubah yang terbuat dari bahan plastik, dengan pinggiran yang menonjol (*rim*) pada bagian bawah kubah. Cara untuk membedakan kaki katoda adalah kaki katoda berbentuk seperti Lembah berbentuk mangkuk dan anoda berbentuk seperti garis lurus, untuk lebih jelasnya ditunjukkan pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 *Light Emitting Diode*

Sebuah LED membutuhkan arus sekitar 20 mA untuk memancarkan cahaya dengan kecerahan maksimum, meskipun dengan arus sekecil 5 mA pun masih dapat menghasilkan cahaya yang jelas tampak. Jatuh tegangan Maju sebuah LED rata-rata adalah 1,5 V, sehingga pasokan 2 V dapat menyalakan sebagian besar LED pada kecerahan Maksimum.¹

¹ Owen Bishop, *Dasar-Dasar Elektronika*, Terj. Irzam Harmeim, S.T. (Jakarta: Erlangga, 2004), hlm. 60

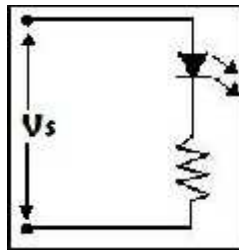
Pada Level-level tegangan yang lebih tinggi, LED dapat terbakar apabila tegangan maju yang diberikan melebihi 2 V. oleh karena itu, kita perlu memasang resistor sebagai pembatas arus yang dihubungkan secara seri ke LED. Nilai tahanan yang sesuai untuk resistor pembatas arus dapat dihitung dengan cara berikut. Tegangan sumber yang diberikan adalah V_s Volt. Arus di LED yang diinginkan adalah i A. asumsikan bahwa jatuh tegangan maju yang akan dihasilkan adalah 3 V. Jatuh tegangan pada resistor adalah $V_s - 3$. Menurut Hukum Ohm, nilai jatuh tegangan ini harus sama dengan iR^2 . Sehingga menghasilkan persamaan :

$$V_s - 3 = IR$$

Melalui persamaan diatas, untuk mendapatkan nilai R adalah :

$$I = \frac{V_s - 3}{R}$$

Berikut adalah gambar rangkaian listrik yang menggunakan beban 1 buah LED :

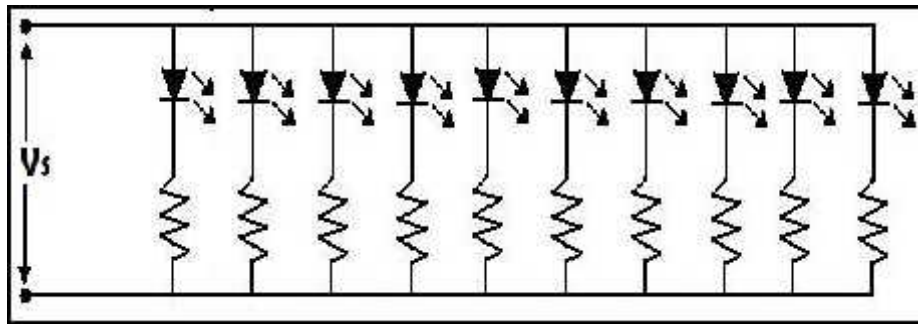


Gambar 2.2 Rangkaian dengan 1 buah LED

² .Ibid.

Gambar 2.2 adalah skematik dari rangkaian 1 buah LED. Jika V_{led} yang diasumsikan adalah 3 Volt dan tegangan sumbernya adalah 12 Volt, maka nilai dari tahanannya adalah 480 Ohm.

Dengan hambatan sebesar itu maka arus yang mengalir dalam rangkaian tersebut adalah 18 mA. Untuk pemakaian LED yang lebih dari 1, maka seluruh LED dihubungkan secara paralel. Pada gambar 2.3 berikut akan ditunjukkan gambar rangkaian dari 10 buah LED yang dihubungkan paralel :



Gambar 2.3 Skematik dari rangkaian dengan 10 buah LED

Setiap sumber cahaya tentu memiliki daya/kuat cahaya. Daya dari sumber cahaya disebut dengan Intensitas Iluminasi (I). satuan dari sebuah titik sumber yang memancarkan energi cahaya ke semua arah adalah Kandela (Cd). Cahaya yang jatuh pada sebuah permukaan disebut dengan Iluminasi (E)³. satuan dari iluminasi adalah Lux. dan jarak alat pengukur lux adalah d . maka rumus Intensitas iluminasi adalah :

³ Michael Neidle, *Teknologi Instalasi Listrik*, Terj. Ir. Sahat Pakpahan (Jakarta: Erlangga, 1991), hlm. 250

$$E = \frac{I}{d^2} \text{ lux}$$

2.1.3 Sumber Listrik

Dalam kehidupan sehari-hari ada 2 jenis sumber listrik yang kita ketahui, yaitu sumber arus listrik searah atau DC (*Direct Current*) dan arus bolak-balik atau AC (*Alternating Current*).

a. Listrik arus bolak-balik (AC)

Listrik arus bolak-balik adalah arus listrik yang besarnya dan arahnya berubah-ubah secara bolak-balik. Bentuk gelombang dari listrik arus bolak-balik biasanya berbentuk gelombang sinusoida, memungkinkan pengaliran energi yang paling efisien. Namun, dalam aplikasi-aplikasi spesifik yang lain, bentuk gelombang lain pun dapat digunakan, misalnya bentuk gelombang (*Triangular wave*) atau gelombang segi empat (*Square wave*).⁴

Secara umum, listrik arus bolak-balik berarti penyaluran listrik dari sumbernya (misalnya PLN) ke kantor-kantor atau rumah-rumah penduduk. Namun, ada pula contoh lain seperti sinyal-sinyal radio atau audio yang disalurkan melalui kabel, yang juga merupakan listrik arus bolak-balik. Hampir sebagian besar peralatan

⁴ Prihono, S.T, M.T,dkk. *Jago Elektronika secara Otodidak*,(Jakarta: Kawan Pustaka,2009) hlm.4

elektronik menggunakan arus listrik AC dengan sumber daya listrik 220 Volt/50 Hz dari PLN. Di dalam aplikasi-aplikasi ini, tujuan utama yang paling penting adalah pengambilan informasi yang termodulasi atau terkode di dalam sinyal arus bolak-balik tersebut.

b. Listrik arus Searah (DC)

Listrik arus searah adalah aliran arus listrik yang konstan dari potensial tinggi ke potensial rendah. Pada umumnya ini terjadi pada sebuah konduktor (seperti kabel), tetapi bisa juga terjadi dalam semikonduktor, isolator atau juga vakum (seperti halnya pancaran elektron atau pancaran ion). Sumber listrik searah yang biasa kita kenal dengan baterai.⁵

Sebuah Baterai mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik.⁶ Konversi ini memungkinkan adanya penyimpanan daya. Sebuah sel kimia (sel galvanik) yang terdiri dari dua elektroda yang terbuat dari tipe-tipe berbeda dari logam atau campuran logam dan sebuah elektrolit yang mampu untuk mengalirkan arus listrik.

Sebuah contoh sel galvanik adalah elektroda yang mengandung seng (*zinc*) dan tembaga (*copper*). Elektroda seng mengandung atom bermuatan negatif yang sangat banyak, dan elektroda tembaga mengandung atom bermuatan positif. Ketika elektroda-elektroda ini dicelupkan ke elektrolit terjadi reaksi kimia.

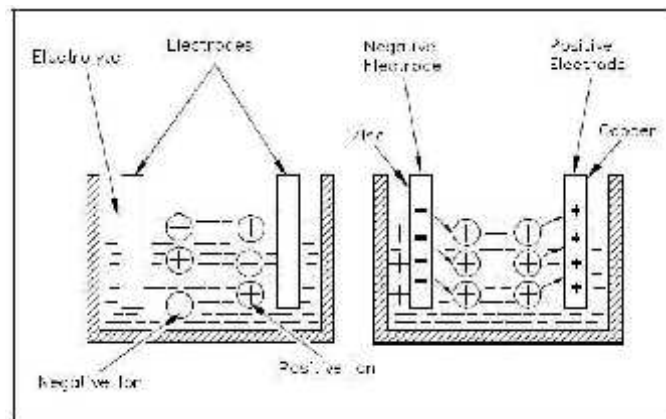
⁵ *Ibid.* hlm.1.

⁶ U.S Department of Energy. *Doe Fundamentals Handbook*. (Washington, D.C., 1992) h.4.

Seng akan mengakumulasi muatan negatif yang lebih besar karena larut ke dalam elektrolit. Atom yang meninggalkan elektroda seng akan bermuatan positif dan tertarik oleh ion bermuatan negatif pada elektrolit.

Atom akan meninggalkan elektroda Zinc dan akan bermuatan positif tertarik oleh ion yang bermuatan negatif pada elektrolit. Atom akan menolak ion yang bermuatan positif pada elektrolit yang menuju ke elektroda tembaga.⁷

Hal ini akan dijelaskan pada Gambar 2.4 :

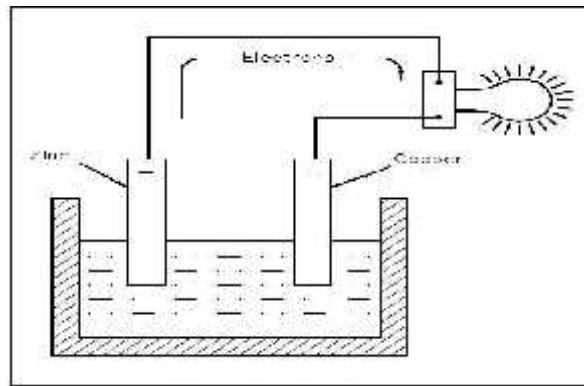


Gambar 2.4 Dasar Produksi Kimia pada Daya Listrik Baterai

Peristiwa ini menyebabkan elektron bergeser dari elektroda tembaga, meninggalkannya dan membuat elektroda tembaga kelebihan muatan positif. Jika beban dihubungkan kepada kedua elektroda. Akan gaya tarik-menarik dan Tolakan akan menyebabkan elektron bebas pada elektroda seng bergerak melalui beban dan jalur yang terhubung, dan menuju Elektroda Tembaga.

⁷ *Ibid.*

Perbedaan potensial menghasilkan sel yang berfungsi sebagai Sumber tegangan yang diaplikasikan (*Source of applied Voltage*). Hal ini akan dijelaskan pada gambar 2.5 berikut :

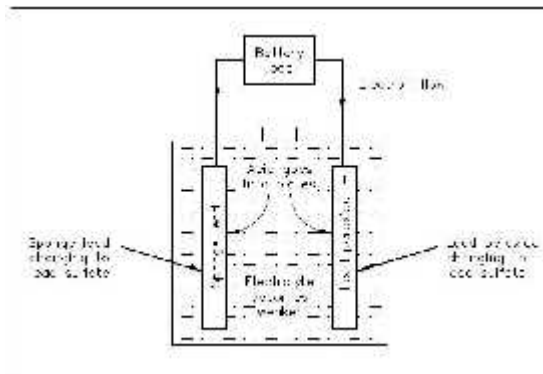


Gambar 2.5 Aliran elektron yang melewati baterai

Berikut adalah beberapa hal penting mengenai baterai :

1. Pelepasan Muatan (*Discharge*) dan Pengisian muatan (*Charging*)

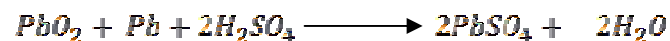
Pada sebuah baterai *Lead-acid* (asam belerang/timbel), ada dua tipe timbel yang bereaksi secara elektrokimia (Electro-Chemically) oleh sebuah elektrolit yang mengandung asam sulfur (H_2SO_4) yang diencerkan. Lempeng positif akan dilapisi oleh timbel peroksid (PbO_2) dan lempeng negatif oleh timbel *Sponge* (PB). Hal ini akan dijelaskan pada gambar 2.6 berikut :



Gambar 2.6 Proses Kimia dalam Proses Pelepasan muatan

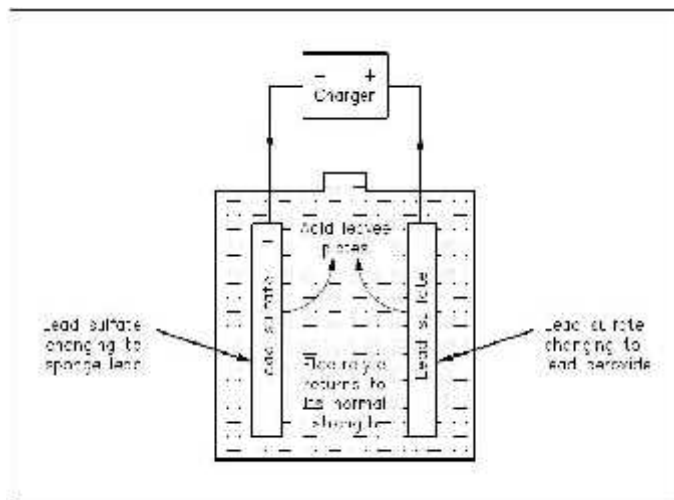
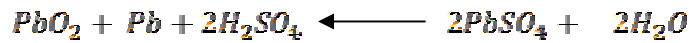
Ketika baterai *Lead-acid* dalam melakukan pelepasan muatan, Elektrolit akan terbagi menjadi H_2 dan SO_4 . H_2 akan berkombinasi dengan oksigen yang terbentuk pada lempengan tembaga dan menghasilkan air (H_2O) dan kemudian mengurangi jumlah asam pada elektrolit.

Dan sulfat (SO_4) akan berkombinasi dengan asam (Pb) pada kedua lempengan, menghasilkan asam sulfat ($PbSO_4$) yang ditunjukkan pada persamaan berikut :



Baterai *Lead-acid* pada saat diisi muatan dilakukan pada arah yang sebaliknya, proses yang terjadi pada saat Pelepasan adalah proses yang sebaliknya. Asam Sulfat ($PbSO_4$) keluar dan kembali kedalam bentuk elektrolit (H_2SO_4). Pengembalian timbel pada elektrolit akan mengurangi sulfat pada lempengan dan berkembang hingga pemberatan spesifik (*Specific Gravity*).

Hal ini akan berkelanjutan hingga semua timbel pindah dari lempengan dan kembali ke elektrolit, seperti persamaan dan gambar 2.7 berikut :

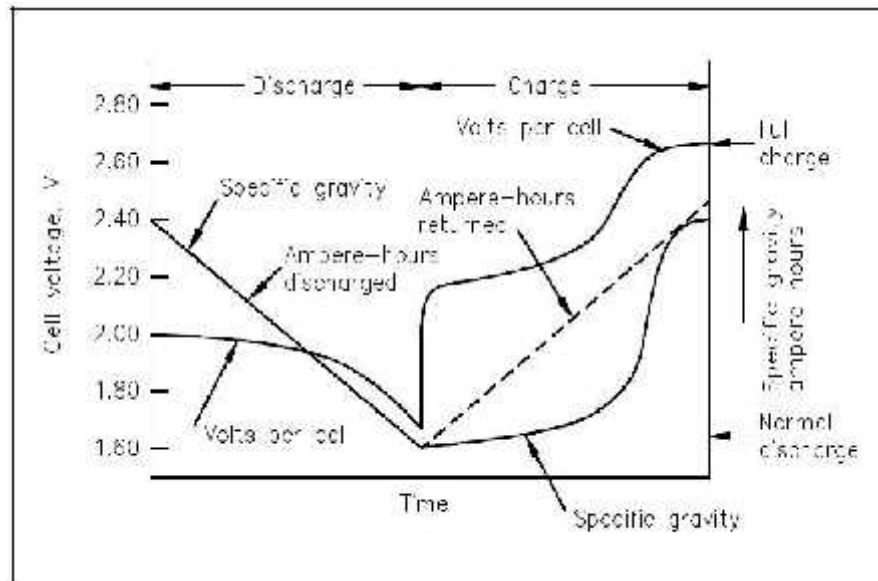


Gambar 2.7 proses kimia selama Pengisian muatan (*Charging*)

Ketika baterai *Lead-acid* diisi, gas hidrogen (H_2O) terlepas pada lempeng negatif dan gas Oksigen (O_2) dilepaskan pada lempeng positif. Hal ini terjadi saat arus pengisian yang biasanya lebih besar dari arus yang diperlukan untuk mengurangi jumlah sisa asam sulfat pada lempengan. Arus lebih akan mengionisasi air (H_2O) pada elektrolit. Hidrogen adalah bahan yang berdaya ledak tinggi, oleh karena itu diperlukan ruang yang cukup kepada baterai ketika dilakukan pengisian ulang dalam proses. Beberapa hal yang penting tentu adalah tidak boleh merokok, menyalakan api, membuat percikan api di dekat tempat pengisian baterai.

Penurunan *Specific Gravity* pada pelepasan muatan sebanding dengan pelepasan muatan Amper per jam (Amper-Hour). ketika pengisian baterai *Lead-acid*,

kenaikan *Specific Gravity* tidak stabil atau tidak sebanding dengan jumlah pengisian *Amper-hours*. hal ini akan dijelaskan pada gambar 2.8 berikut :



Gambar 2.8 Tegangan dan Spesific Gravity selama *Charging* dan *Discharge*

Elektrolit pada baterai *Lead-acid* memiliki peran penting dalam reaksi kimia. Penurunan *Spesific Gravity* pada pelepasan muatan dan kenaikannya hingga batas normal. perbandingan *Spesific Gravity* yang menurun selama proses pelepasan muatan, nilai dari *Spesific Gravity* pada setiap saat adalah sebuah indikasi singkatatan pada kondisi baterai.

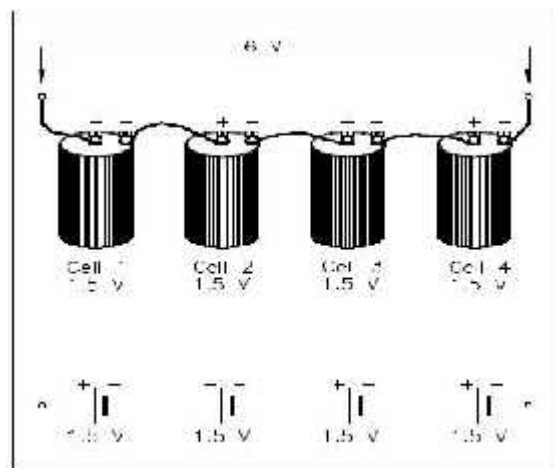
Untuk menentukan keadaan muatan, dan membandingkannya dengan *Spesific Gravity*, menggunakan alat yang disebut Hidrometer, dengan nilai yang sesuai dengan *Spesific Gravity drop* oleh publikasi manufaktur, dimana dibandingkan dengan penurunan dari dalam keadaan *Full* (penuh) ke nilai muatan nominal.

2. Pengoperasian Baterai

a. Sel yang dihubung Seri

Ketika beberapa sel dihubungkan secara seri, maka total tegangan keluar adalah sama dengan penjumlahan total sel masing-masingnya. jika ada empat buah sel yang dihubung seri, maka total tegangan outputnya adalah 6 Volt.

Ketika baterai dihubungkan secara seri, terminal positif dari sel yang satu dihubungkan dengan terminal negatif sel berikutnya. Aliran arus yang melewati baterai yang dihubungkan secara seri sama dengan arus dalam satu sel baterai.⁸ Hal ini akan dijelaskan pada gambar 2.9 berikut :



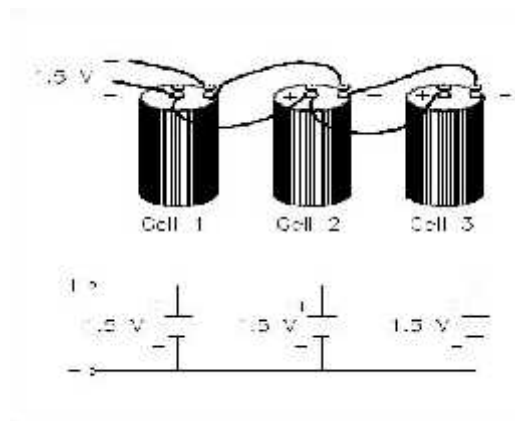
Gambar 2.9 Sel-sel yang dihubung secara Seri

b. Sel yang dihubung Paralel

⁸ *Ibid.* hlm.10

Sel-sel yang dihubungkan secara paralel, memberikan baterai dengan kapasitas arus yang lebih besar. Ketika sel-sel baterai dihubungkan secara paralel, semua terminal positif dihubungkan bersama-sama, dan semua terminal negatif juga dihubungkan bersama-sama. Total tegangan output dari baterai yang dihubungkan secara paralel adalah sama dengan tegangan dalam satu sel.

Sel-sel yang dihubungkan secara paralel memiliki efek yang sama seperti kenaikan ukuran elektrolit dan elektroda dalam sebuah sel tunggal. Keuntungan dari menghubungkan sel secara paralel akan menaikkan kapabilitas arus pada baterai.⁹ Hal ini akan dijelaskan pada Gambar 2.10 berikut :



Gambar 2.10 Sel-sel yang dihubungkan secara paralel

3. Sel Primer

Sel primer adalah Sel-sel yang tidak dapat dikembalikan ke kondisi sebelumnya, tidak dapat diisi ulang setelah tegangan outputnya dipakai hingga

⁹ *Ibid.* hlm.11.

tegangan yang tidak bisa digunakan. Beberapa contohnya adalah Sel-sel kering yang digunakan dalam *Flashlight* dan Transistor Radio.

4. Sel Sekunder

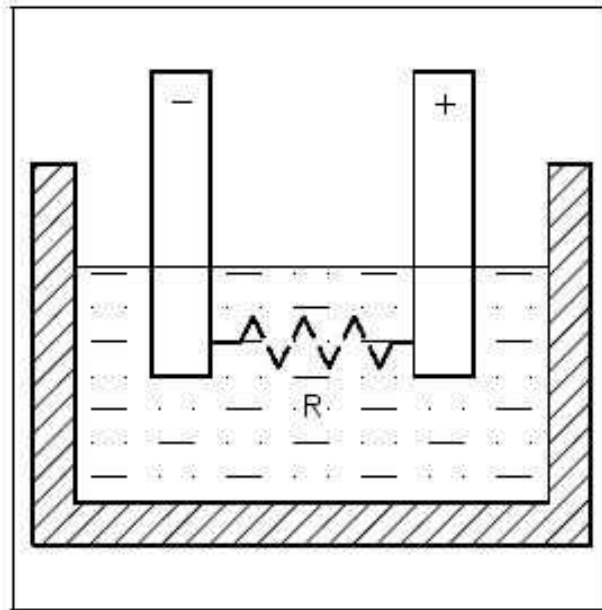
Sel sekunder adalah sel yang dapat diisi ulang ke kondisi yang mendekati nilai aslinya (*Original Condition*). Contoh dari sel-sel sekunder yang digunakan adalah batu baterai yang dapat di isi ulang, Baterai *Lead-acid* yang digunakan pada *automobile* (akumulator pada kendaraan) dan sel *Nickel-Cadmium*.

5. Kapasitas Baterai

Kapasitas yang tersimpan pada baterai menentukan berapa lama baterai yang menyimpan kapasitas itu akan beroperasi pada saat pelepasan muatan yang yang diukur dalam satuan amper per jam (*ampere-hour*). sebuah baterai *Lead-acid* yang memiliki kapasitas 120 Amper harus diisi muatannya dengan ukuran arus 10 amper selama 12 jam.

6. Resistansi internal (*Internal Resistance*)

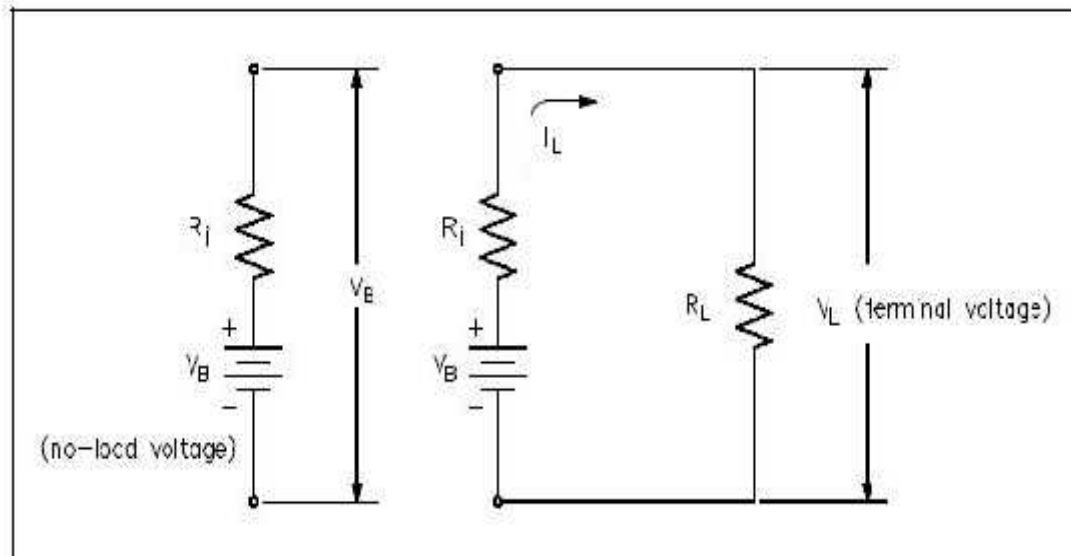
Resistansi internal dalam sebuah sel kimia terjadi dalam resistansi pada elektrolit diantara elektroda. Hal ini akan dijelaskan pada gambar 2.11 berikut :



Gambar 2.11 Resistansi internal pada sebuah sel kimia

Setiap arus yang mengalir pada sebuah baterai mengalir melalui resistansi internal. Resistansi internal terhubung secara seri dengan tegangan baterai, yang menyebabkan sebuah tegangan jatuh internal (*Internal voltage drop*). Ketika tidak ada aliran listrik, maka tegangan jatuhnya adalah Nol; dengan demikian, tegangan baterai dalam keadaan penuh disebut dengan terminal output (V_B).

Jika sebuah beban ditempatkan pada sebuah baterai, resistansi beban (R_L) dipasang secara seri dengan resistansi internal (R_i). pada tegangan baterai Hal ini akan dijelaskan pada gambar 2.12 berikut :



Gambar 2.12 Tegangan Jatuh Internal

Ketika arus melewati rangkaian (I_L), tegangan jatuh internal ($I_L R_i$) jatuh pada terminal tegangan baterai yang dijelaskan pada persamaan berikut : $V_L =$

$$V_L = V_B - I_L R_i$$

7. Tipe-tipe Baterai

a. Sel Basah dan Sel Kering

Sel basah dan sel kering diklasifikasikan oleh tipe dari elektrolit pada penggunaan baterai . elektrolit pada sebuah sel bisa berbentuk cairan atau pasta. Jika elektrolit yang digunakan adalah sebuah pasta, maka sel tersebut akan menunjukkan sel kering . jika menggunakan elektrolit maka sel tersebut adalah Sel basah. Berikut akan dijelaskan pada Gambar 2.13 dan 2.14 :



Gambar 2.13 Contoh dari aki basah



Gambar 2.14 Contoh dari aki kering

b. Sel *Carbon-Zinc*

Sel *Carbon-Zinc* adalah salah satu tipe sel kering yang paling tua dan paling sering dipakai. Karbon pada baterai adalah dalam bentuk batang di tengah sel yang bertindak sebagai terminal positif. Pembungkusnya terbuat dari seng yang menjadi terminal negatif. Elektrolit pada tipe sel ini adalah sebuah campuran kimia seperti pasta yang dibungkus antara elektroda karbon dan pembungkus dengan bahan seng. Kemudian sel tersebut disegel untuk menjaga setiap cairan di dalam pasta ini

mengalami evaporasi.Keuntungan Dari Sel *Carbon-Zinc* tahan lama dan tidak terlalu mahal, tegangan sel untuk tipe ini sekitar 1,5 Volt.

c. Sel *Alkaline*

Sel ini disebut sel alkalin ini memiliki elektrolit alkalin dari potasium hidroksid (*Pottasium Hydroxide*). Elektroda Negatif terbuat dari seng, dan elektroda positifnya terbuat dari dioksida mangan (*Manganese Dioxide*). umumnya sel alkalin menghasilkan tegangan 1,5 Volt. keuntungan dari sel alkalin ini adalah sebuah umur yang lebih panjang disbanding sel *Carbon-Zinc* pada ukuran yang sama, namun biasanya harganya lebih mahal.

d. Sel *Nickel-Cadmium (Ni-Cd)*

Sel *Nickel-Cadmium* adalah sebuah sel sekunder (*Secondary Cell*) dan elektrolitnya adalah potassium hidroksid (*Pottasium Hydroxide*). Elektroda negatifnya terbuat dari bahan Nikel Hidroksid (*Nickel Hydroxide*), dan elektroda positifnya terbuat dari bahan Cadmium Hidroksid (*Cadmium Hydroxide*).

Nominal dari tegangan sebuah sel *Nickel-Cadmium* adalah sekitar 1,25 Volt.keuntungan dari baterai *Nickel-Cadmium* adalah sebagai sel kering yang memiliki penyimpanan yang tahan lama dan memiliki reaksi kimia yang dapat dibalik (dapat diisi ulang).

baterai *Nickel-Cadmium* adalah baterai yang lebih kuat dan sangat memiliki ketahanan. Baterai jenis ini dapat bertahan pada kondisi suhu yang ekstrim, dari goncangan dan kejutan-kejutan tertentu. Karena ketahanannya, baterai jenis ini sangat

ideal dipasang dan digunakan pada peralatan komunikasi yang dapat dibawa kemanapun (*Portable Communication Equipment*).

e. Sel Nickel Metal Hydride dan Lithium Ion

Sel *Nickel metal Hydride* dan *Lithium Ion* adalah pengganti lebih diperbaharui untuk Sel *Nickel-Cadmium* (Ni-Cd). Sel *Nickel metal Hydride* dan *Lithium Ion* ini berukuran lebih kecil dan memiliki nilai kapasitas arus yang lebih besar dibanding Sel *Nickel-Cadmium* (Ni-Cd).

f. Sel Edison

Pada Sel *Edison*, lempeng positif terdiri dari bahan nikel dan nikel hidrat, dan lempeng negatif terbuat dari bahan besi. Elektrolitnya terbuat dari bahan alkalin. Tegangan output umumnya sekitar 1,4 Volt, dan harus diisi muatan jika tegangannya turun hingga 1 Volt. Keuntungan dari Sel *Edison* adalah dapat menjadi alat penerang dan menjadi sel sekunder lebih memiliki ketahanan dibanding baterai *Lead-acid*.

g. Sel Silver-Oxide

Sel *Silver-Oxide* memiliki kapasitas yang bernilai lebih tinggi dibanding *Carbon-Zinc* atau baterai alkalin. Tipe ini adalah tipe Sel primer, yang memiliki nilai tegangan 1,55 Volt, lebih stabil dari *Carbon-Zinc* atau baterai alkalin.

Dalam alirannya, tegangan yang diproduksi oleh sel tidak berkurang dengan cepat seperti tipe sel kering yang lainnya. Baterai tipe ini biasa digunakan pada

plikasi yang membutuhkan arus yang besar, sebagai *Shutter* pada kamera dan *remote controller*.¹⁰

h. Sel Zync-Air

Sel *Zync-Air* memiliki nilai kapasitas arus yang lebih signifikan dibanding ukuran yang sama. Sebuah sel *zync-Air* berinteraksi dengan oksigen di udara, menggunakan oksigen sebagai elektrolit positif.

Hasilnya, Baterai ini memiliki berat yang lebih ringan dibanding baterai pada ukuran yang sama dan harus dijaga tetap disegel hingga saat digunakan. Kombinasi dengan kapasitasnya yang besar dengan ukuran yang kecil membuat baterai ini menjadi pilihan yang terbaik yang digunakan pada Pager dan alat bantu dengar.¹¹

i. Sel Lithium

Sel lithium adalah komponen yang relative kecil yang mengandung tegangan sel primer sebesar 3 Volt tergantung dari elektrolitnya. Tipe baterai ini banyak digunakan pada aplikasi yang membutuhkan arus yang besar dan memiliki umur pemakaian yang sangat lama. Sebuah Sel lithium memiliki energi sepuluh kali lipat dari sel *Carbon-Zync*¹².

¹⁰ Robert T.Paynter dan B.J. Toby Boydell.*Elektronics Technology Fundamentals*.(Third Edition) hlm.62.

¹¹ *Ibid*.

¹² Bernard Grob.*Basic Electronics*.(First Metric Edition) h.237

8. Bahaya-bahaya Dari Baterai (*Battery Hazards*)

a. Shorted Cell (sel yang terhubung singkat/*Short*)

Rangkaian Sel yang terhubung singkat disebabkan karena beberapa kondisi, yang terjadi didalamnya adalah kegagalan pembatas, partikel timbel atau logam lain yang membentuk sebuah rangkaian antara lempeng positif dan negatif, lempeng yang terkait satu sama lain, atau kelebihan sedimen pada bagian bawah dari wadah elektrolit.

Penyebab yang paling pokok dari beberapa peristiwa ini adalah kelebihan pengisian muatan dan kelebihan pelepasan muatan pada baterai, yang menyebabkan sedimen meningkat karena mengelupasnya bahan aktif dan terkait dengan lempeng sel pada baterai.

kelebihan pengisian muatan dan kelebihan pelepasan muatan pada baterai harus dihindari pada setiap baterai. Rangkaian yang terhubung singkat menyebabkan reduksi yang sangat besar pada kapasitas baterai. dengan sel yang terhubung singkat, kapasitas baterai akan berkurang dengan persentasi yang sama pada setiap jumlah sel.

b. Pembangkitan Gas (*Gas Generation*)

Baterai *Lead-acid* tidak dapat menyerap semua energi dari sumber pengisi muatan ketika pengisian baterai hampir selesai. Kelebihan energi ini tidak memisahkan air dengan cara elektrolisa menjadi hidrogen dan oksigen.

Oksigen akan diproduksi pada lempeng positif dan hidrogen diproduksi pada lempeng negatif. Proses ini disebut dengan proses *Gassing*.

Gassing pertama kali dinyatakan ketika sel tegangan mencapai 2,30-2,35 volt per sel dan meningkat pada proses pengisian muatan. Pada saat baterai telah penuh, jumlah hidrogen yang diproduksi adalah sekitar satu kaki kubik per sel (*one cubic foot per cell*) untuk setiap 63 amper input. Jika *Gassing* terjadi dan gas tersebut mengumpul, sebuah campuran yang memiliki daya ledak dari hidrogen dan oksigen dapat tercipta. Oleh karena itu, sangat penting untuk meyakinkan bahwa area penyimpanan baterai memiliki ventilasi yang baik dan tidak adanya api yang menyala dan peralatan yang menghasilkan percikan api.

Sepanjang tegangan sel masih lebih besar dari 2,30 volt per sel, maka *Gassing* akan terjadi dan tidak bisa dijaga seutuhnya. Untuk mengurangi jumlah *Gassing*, pengisian muatan dengan tegangan diatas 2,30 volt harus di minimalisir.

c. Temperatur Baterai

Temperatur pengoperasian pada baterai lebih baik dijaga pada nominal suhu 60⁰-80⁰ Farenheit. Ketika baterai sedang diisi muatannya, arus yang mengalir melewati baterai akan menyebabkan panas yang dibangkitkan oleh elektrolisa dari air. arus yang mengalir melewati baterai (I) akan menyebabkan panas yang dibangkitkan (P) selama pengisian muatan dan pelepasan muatan dan melewati resistansi internal (R_i) yang di gambarkan melalui persamaan berikut :

$$P= I^2R_i$$

Temperatur yang lebih tinggi akan memberikan beberapa kapasitas arus tambahan, tetapi akan secara tiba-tiba mengurangi umur pemakaian dari baterai. Pada temperatur yang sangat tinggi, 125⁰F atau yang lebih tinggi lagi, bisa merusak baterai dan menyebabkan kegagalan lebih awal.

Temperatur-temperatur rendah akan membuat kapasitas baterai menjadi lebih rendah tetapi dapat memperpanjang usia baterai dibawah pengoperasian atau penyimpanan batas ambang (misalnya dalam pengisi muatan dengan nilai amper yang rendah / *Slightly Charging*).

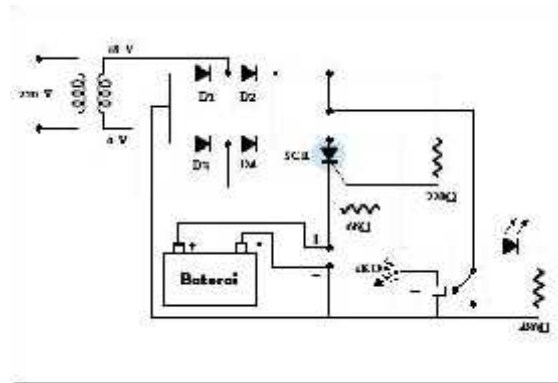
temperatur yang sangat rendah bisa membuat elektrolit menjadi beku, tetapi hanya jika baterai memiliki *Specific Gravity* yang rendah.¹³

2.1.4 Alat Pengisi Muatan (*Charger*)

Charger atau alat pengisi muatan adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengisi muatan pada sebuah baterai. Prinsip dasarnya adalah dengan menghubungkan *Charger* dengan baterai dengan dihubungkan secara paralel.

sebuah baterai perlu diisi muatannya ketika Tegangan dari baterai tersebut mengalami penurunan dan penurunan tegangan tersebut akan berdampak pada nilai arus beban. Berikut adalah skema Gambar sebuah rangkaian pengisi muatan yang dapat digunakan untuk mengisi baterai:

¹³ U.S Department of Energy, Op.Cit.,hlm.18.



Gambar 2.15 Pengisi muatan baterai

Pada gambar 2.15, prinsip kerja dari rangkaian ini adalah mengisi tegangan pada baterai yang mengalami drop tegangan dan perlu dilakukan pengisian muatan hingga memiliki tegangan yang memiliki nominal tegangan kurang lebih 12 Volt . rangkaian ini berawal dari Transformator yang memberikan tegangan arus bolak-balik dari jala-jala PLN dan disearahkan dengan 4 dioda yang disebut juga diode jembatan .

Ketika Baterai dalam keadaan yang memiliki nilai tegangan yang terlalu rendah rendah, maka relai akan off . pada saat itu terjadi pengisian pada baterai yang mengalirkan arus listrik dengan tegangan lebih dari 12 volt melalui SCR₁ yang telah disulut oleh resistor dan sebuah dioda.

Pada saat SCR₁ pada kondisi on, maka baterai akan secara langsung diisi muatannya hingga mencapai tegangan tertentu. Setelah tegangan mulai bertambah, maka tegangan yang cukup akan mengalir melalui kapasitor C1 dipasang untuk mencegah transien tegangan yang secara tiba-tiba ketika menyalakan relai.

ketika relai dalam kondisi on maka akan terjadi pemindahan kontak pada relai dan menyalakan lampu indikator yang berwarna hijau .ketika hal ini terjadi , maka baterai telah diisi muatannya hingga *Full* dan rangkaian terbuka pada SCR₁ akan memutus arus pengisian muatan pada baterai.

2.1.5 Relai

Relai adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relai merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi(solenoid) di dekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup.

Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka. Relai biasanya digunakan untuk menggerakkan arus/tegangan yang besar (misalnya peralatan listrik 4 ampere AC 220 V) dengan memakai arus/tegangan yang kecil (misalnya 0.1 ampere 12 Volt DC). Relai yang paling sederhana ialah relai elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik.

Secara sederhana relai elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut :

- a. Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup (atau membuka) kontak saklar.
- b. Saklar yang digerakkan (secara mekanis) oleh daya/energi listrik.

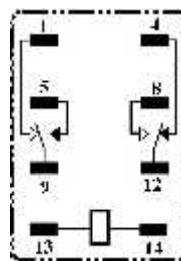
Dalam pemakaiannya biasanya relai yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang di-paralel dengan lilitannya dan dipasang

terbalik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat relai berganti posisi dari on ke off agar tidak merusak komponen di sekitarnya. Konfigurasi dari kontak-kontak relai ada tiga jenis, yaitu:

1. Normally Open (NO), apabila kontak-kontak tertutup saat relai dicatu.
2. Normally Closed (NC), apabila kontak-kontak terbuka saat relai dicatu.
3. Change Over (CO), relai mempunyai kontak tengah yang normal tertutup, tetapi ketika relai dicatu kontak tengah tersebut akan membuat hubungan dengan kontak-kontak yang lain. Ada beberapa vendor dari relai yang umum dipasaran seperti hella, bosch, omron dll.

Hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan relai tentu adalah jenis relai tersebut, karena setiap relai memiliki rating arus yang berbeda.

Relai yang umum digunakan adalah relai 5 kaki dan 8 kaki. Pada relai 5 kaki, 2 kontak dipakai untuk mendapat suplai beban dan 3 kontak lainnya digunakan untuk Kontak NO dan NC. Sedangkan bila menggunakan 8 kaki, kita memiliki 2 kutub yang bisa dijadikan kutub pusat untuk dilakukan kontak dengan kontak yang lain. Hal ini dijelaskan pada gambar 2.16 berikut :



Gambar 2.16 Kontak-kontak pada sebuah relai 2 kutub

Penggunaan relai perlu memperhatikan tegangan pengontrolnya serta kekuatan relai men-switch arus/tegangan. Biasanya ukurannya tertera pada *body* relai. Misalnya relai 12VDC/4 A 220V, artinya tegangan yang diperlukan sebagai pengontrolnya adalah 12Volt DC dan mampu men-switch arus listrik (maksimal) sebesar 4 ampere pada tegangan 220 Volt. Sebaiknya relai difungsikan 80% saja dari kemampuan maksimalnya agar aman, lebih rendah lagi lebih aman.¹⁴

Relai jenis lain ada yang namanya reedswitch atau relai lidi. Relai jenis ini berupa batang kontak terbuat dari besi pada tabung kaca kecil yang dililitin kawat. Pada saat lilitan kawat dialiri arus, kontak besi tersebut akan menjadi magnet dan saling menempel sehingga menjadi saklar yang *on*. Ketika arus pada lilitan dihentikan medan magnet hilang dan kontak kembali terbuka (*off*). Gambar 2.17 adalah contoh gambar Relai yang ada dipasaran :



Gambar 2.17 Relai

¹⁴ Dikutip dari <http://meriwardana.blogspot.com/2011/11/prinsip-kerja-relay.html> diakses tanggal 20 April

2.1.5.1 Prinsip Kerja Relai

Relai terdiri dari Koil dan Kontak. Koil adalah gulungan kawat yang mendapat arus listrik, sedang kontak adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik dicoil. Secara sederhana berikut ini prinsip kerja dari relai : ketika Coil mendapat energi listrik (*energized*), akan timbul gaya elektromagnet yang akan menarik armature yang berpegas, dan contact akan menutup. Sehingga kontak- kontak tadi berubah yang semula NO menjadi tersambung dan ketika awal sebelum dicatu kontak tersebut NC maka akan membuka.

2.1.6 Kerangka Berpikir

Dalam hal ini peneliti akan mengkombinasikan komponen-komponen maupun prinsip-prinsip kerja yang telah diketahui untuk bisa membuat sebuah solusi tentang perancangan sebuah sistem instalasi yang digunakan untuk menggantikan fungsi lilin sebagai Penerangan yang digunakan ketika terjadi pemadaman listrik.

Hal ini menjadi begitu penting mengingat hal-hal yang telah menjadi dasar penulis membuat judul ini yang didorong oleh beberapa masalah yang terjadi yang diakibatkan oleh lilin yang menyebabkan kebakaran.

Komponen tersebut adalah akumulator sebagai sumber tegangan DC untuk semua rangkaian LED yang digunakan pada rangkaian ini .setiap rangkaian pun

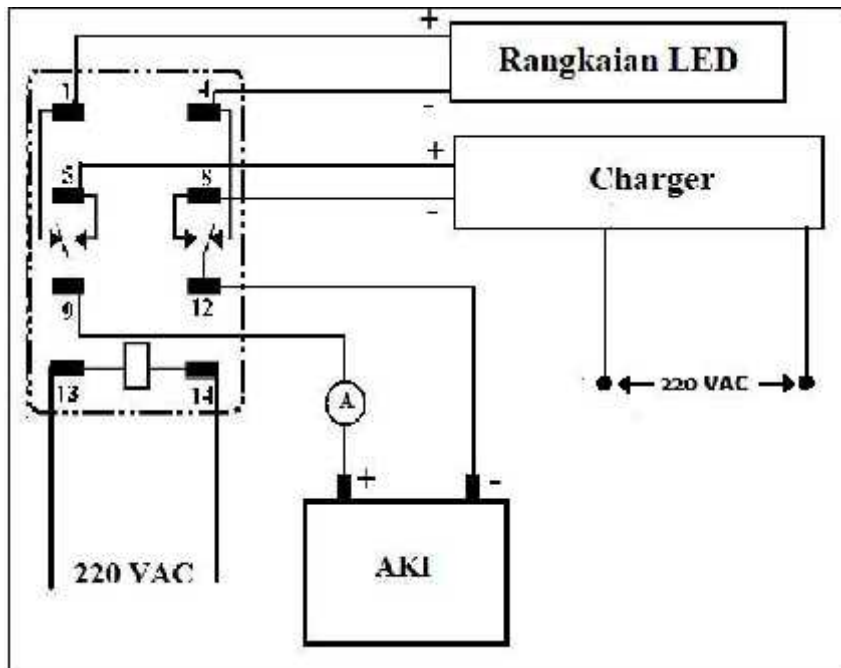
perlu dihitung dengan cermat sesuai dengan nilai tegangan jatuh yang terjadi akibat pembebanan sebelumnya. Hal ini terjadi karena setiap baterai (Sumber DC) memiliki resistansi internal ketika terjadi pembebanan maka tegangan keluar akan mengalami penurunan yang cukup besar.

Kemudian tegangan drop tersebut dihambat dengan Resistor pada blok rangkaian LED agar mencegah kerusakan pada LED dan mencapai nilai arus yang diinginkan. Kemudian rangkaian tersebut dihubungkan langsung dengan LED yang telah dirancang menjadi sebuah rangkaian yang di susun secara Paralel.

Setiap ukuran resistor pada 1 buah blok LED juga disesuaikan dengan tegangan yang ada Melalui perhitungan rumus yang ada sehingga kita bisa mendapat hasilnya berkisar antara 0.15-0.25 amper untuk 10 LED paralel tergantung pada kebutuhan yang ada pada setiap ruangan yang akan diterangi oleh rangkaian LED tersebut.

Ketika Belum terjadi Pemadaman maka peneliti telah merancang juga Sebuah rangkaian sebagai pengisi muatan aki agar dapat terjaga selalu dalam keadaan muatan yang penuh.

Disamping itu juga aki akan dihubung langsung dengan sebuah relai AC yang bekerja dengan Tegangan 220 V. Sehingga ketika terjadi pemadaman maka relai tersebut akan berada dalam posisi *Off* dan mensaklar aki sehingga fasa akan mengalirkan arus dari aki ke setiap rangkaian LED yang telah dirancang. Dari semua penjelasan tadi akan terangkum dalam gambar 2.18 berikut :



Gambar 2.18 Skema Rangkaian Instalasi penerangan darurat

2.1.7 Hipotesis Penelitian.

Berdasarkan Kerangka berpikir yang melandasi Penelitian ini, maka Sistem instalasi ini akan aktif ketika terjadi Pemadaman pada Jala-Jala PLN. Karena sistem ini dirancang sebagai Sebuah Sistem instalasi Darurat yang akan bekerja ketika terjadi pemadaman Pada Jala-jala PLN dan secara otomatis akan menyalakan Setiap rangkaian Led yang terhubung langsung dengan Aki. Pemasangan rangaian LED juga di desain sesuai dengan tegangan yang ada, hal ini dikarenakan tegangan mengalami *Drop* ketika di bebani oleh sebuah rangkaian LED. Penurunan tegangan ini dipengaruhi oleh besarnya arus yang telah terpakai.