

SKRIPSI

**ANALISIS SISTEM KELISTRIKAN RUNWAY LIGHTING
DI BANDAR UDARA HASANUDDIN**



OLEH

**MUSYAFAK
10582106712**

**ANDIK EKA DESMINA RAHARJO
1058299712**

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2018

**ANALISIS SISTEM KELISTRIKAN RUNWAY LIGHTING
DI BANDAR UDARA HASANUDDIN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar sarjana
Program studi Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik**

Disusun dan diajukan oleh

**MUSYAFAK
10582106712**

**ANDIK EKA DESMINA RAHARJO
1058299712**

PADA

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

MAKASSAR

2018



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. III

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, email : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana teknik (ST) Progra Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Judul Skripsi : **ANALISIS SISTEM KELISTRIKAN RUNWAY DI BANDARA UDARA
HASANUDDIN**

NAMA : 1. MUSYAFAK
2. ANDIK EKA DESMINA RAHARJO

STAMBUK : 1. 105 82 1067 12
2. 105 82 997 12

Telah Diperiksa dan Disetujui

Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Jr. Zahir Zainuddin, M.Sc


Rizal Ahdiyati Duyo, ST.,MT

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


Dr. Umar Katu, ST., MT

NBM : 990 410



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. III

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, email : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **MUSYAFAK** dengan nomor induk Mahasiswa 10582106712 dan **ANDIK EKA DESMINA RAHARJO** dengan nomor induk Mahasiswa 1058299712, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0004/SK-Y/20201/091004/2018,, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis tanggal 24 Mei 2018.

Makassar, 6 Ramadhan 1439 H
24 Mei 2018 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT

2. Penguji

a. Ketua : Dr.H.Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

b. Sekertaris : Adriani, ST., MT

3. Anggota : 1. Dr.Ir.Hj. Hafsah Nirwana, MT

2. Dr. Umar Katu, ST.,MT

3. Anugrah, ST., MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Rizal Ahdiyati Duyo, ST., MT

Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.
NBM : 855 500

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah :
“Analisis Sistem Kelistrikan Runway Lighting Di Bandar Udara Hasanuddin”

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulis maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Hamzah Al Imran, ST, MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Umar Katu, ST, MT., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Bapak. DR. Ir Zahir Zainuddin, M.S, selaku Pembimbing I dan Bapak Rizal Ahdiyot Duyo, S.T., M.T, selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada fakultas teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2012 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Makassar, 10 Januari 2018

Penulis

Musyafak¹ , Andik eka desmina raharjo²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : musyafakteknik12@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : andikeka30@gmail.com

ABSTRAK

CCR sebagai komponen penting dari runway light yang berfungsi untuk mengatur arus tetap konstan pada setiap beban lampu dengan tingkat pencahayaan yang dibagi dalam lima tingkatan, Sistem kelistrikan pada runway light merupakan salah satu pengaplikasian dari ilmu kelistrikan yang menggunakan dasar komponen CCR yang dapat menghasilkan arus konstan, sistem kelistrikan runway light ini dirangkai dengan menggunakan dua rangkaian akhir yang dipasang secara seri dengan maksud apabila salah satu rangkaian padam maka sistem yang lain masih dapat berfungsi, Sistem kelistrikan pada runway light merupakan salah satu pengaplikasian dari ilmu kelistrikan yang menggunakan dasar komponen CCR yang dapat menghasilkan arus konstan, sistem kelistrikan runway light ini dirangkai dengan menggunakan dua rangkaian akhir yang dipasang secara seri dengan maksud apabila salah satu rangkaian padam maka sistem yang lain masih dapat berfungsi, Sistem Kelistrikan dari runway light dirancang dan direncanakan dengan penggunaan intensitas cahaya yang dapat dilihat dari semua sudut dengan ketinggian secukupnya, sehingga dapat memberi petunjuk kepada penerbang pada saat landing atau take-off, dan intensitas cahaya yang digunakan, rapat arus untuk kabel biasanya maksimum digunakan adalah 20 A/mm², dan luas penampang kabel yang digunakan adalah 1x6 mm² dengan arus yang melewati rangkaian adalah 6.6 Ampere, sehingga didapatkan rapat arus sebesar 1.1 A/mm².

Kata kunci : Runway light, Sistem kelistrikan, *Constant Current Regulator*

Musyafak¹ , Andik eka desmina raharjo²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : musyafakteknik12@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : andikeka30@gmail.com

ABSTRACT

CCR as an essential element of the light runway which serves to keep a constant current on each lamp with the level of illumination divided into five levels, Electrical systems on the runway is one application of electrical science using the basic CCR components that can produce constant current, the system runway light electricity is coupled by using two sets of concepts that one with another. the electrical system on runway light is one application of electrical science using the basic CCR component that can produce constant current, runway light electrical system is coupled by using two final circuit installed in a way that can completely extinguished other systems still can work, Electrical system of the runway light and with the use of things that can be seen from all angles with sufficient altitude, so that it can give direction to the pilot during landing or take-off, and light used, current density for cable is usually maximum use is $20 \text{ A} / \text{mm}^2$, and the cable cross-section area used is $1 \times 6 \text{ mm}^2$ with the current through the frame is 6.6 Ampere, resulting in a current density of $1.1 / \text{mm}^2$.

Kata kunci : *Constant Current Regulator*, Electricity System, Runway light,

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penulisan	2
D. Manfaat penelitian.....	3
E. Batasan Masalah	3
F. Metode Pengumpulan data	3
G. Sistematika Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Airport Lighting	6
B. Runway Lighting	7

1. CCR	8
2. Runway Marking	9
3. Runway Edge Lighting System	12
4. Runway Centre line Lighting System	13
5. Turning Area Lighting System	14
6. Klasifikasi Runway	15
7. Runway Threshold Lighting System	16
C. Peralatan Yang dipergunakan	18
1. Transformator	18
a) Trafo Tenaga	18
b) Isolating Transformer	19
2. Intensitas Cahaya	20
3. Arrester.....	21
4. Relay Proteksi	21
5. Kontaktor	22
6. Resistor	22
7. Lampu Pijar	23
8. Selector Switch (Saklar Pilih)	23
9. Cahaya	24
10. Kesilauan Cahaya	25
11. Kabel Tanah	25
12. Penentuan Penampang Penghantar	27
1.3. Penentuan KHA Penghantar	27

1.4. Armatur Pelampuan Bandar Udara	28
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	30
A. Waktu dan Tempat	30
B. Langkah-langkah Penelitian	30
C. Metode Penelitian.....	35
BAB IV. ANALISA SISTEM KELISTRIKAN RUNWAY LIGHTING	34
A. Prinsip Kerja CCR	34
B. Kondisi Catu Daya Runway Light	36
C. Sistem Pengoperasian Dan Pengaturannya	37
D. Menghitung Kapasitas Beban terpasang	38
E. Menghitung Besar Daya Untuk Setiap Step	42
F. Menghitung Intensitas Cahaya dan Kuat Penerangan	45
G. Sistem Rangkaian	48
H. Perhitungan Kapasitas Pengaman	48
I. Perhitungan rapat arus dan KHA	50
BAB V. PENUTUP.....	51
A. Kesimpulan	51
B. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram Line Runway Lighting System	7
Gambar 2.2. Series Circuit Yang Dilengkapi 2 CCR	8
Gambar 2.3. Gambar CCR Siemens 6SF 402	9
Gambar 2.4. Runway Threshold Light Precision I, II dan III	17
Gambar 2.5. Runway Threshold Light Pada Bandar Udara Hasanuddin	18
Gambar 2.6. Isolating Transformer	20
Gambar 2.7. Sistem pemasangan isolating transformer	20
Gambar 2.8. Konstruksi Lampu Pijar	23
Gambar 2.9. Grafik Kepekaan Mata Manusia	25
Gambar 2;10. Konstruksi NYY	27
Gambar 2.11. Konstruksi FLYCY	28
Gambar 2.12. Armaturn Ambang Utama	30
Gambar 2.13. Armaturn Sisi Landasan Dan Landas Hubung	31
Gambar 3.1. Diagram Line Runway Lighting System.....	33
Gambar 3.2 Flowchart penelitian	35
Gambar 4.1 Blok diagram CCR Siemens 6SF 402	37
Gambar 4.2 Hasil pengukuran pada isolating transformer.....	41
Gambar 4.3 impedansi pada tiap titik beban.....	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Karakter TDZ - Marking.....	10
Tabel 4.1 Intensitas Cahaya Dan Kuat Penerangan Pada Runway	48
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Kapasitas Pengaman Lebur (Fuse)	5

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem transportasi udara di Indonesia semakin berperan dalam perkembangan perekonomian dan merupakan konsekuensi logis, dituntut pula untuk dapat melayani seluruh wilayah nusantara utamanya dalam kaitannya dengan percepatan arus informasi, barang, penumpang dan lain sebagainya. Kondisi tersebut sudah menjadi kewajiban bagi PT (Persero) Angkasa Pura sebagai salah satu BUMN yang dipercaya pemerintah dalam mengembangkan sektor penyediaan sarana kebandarudaraan dan keselamatan penumpang.

Hal-hal tersebut di atas, menjadi tolak ukur, perlunya suatu kajian/studi dalam memacu peningkatan aktivitas bandar udara menyeluruh yaitu dengan mengutamakan keselamatan penerbangan dan kenyamanan kepada pemakai jasa bandar udara serta adanya kecenderungan baru yang merupakan dampak globalisasi dalam pengelolaan bandar udara masa depan bahwa "Airport As A Bussiness".

Dengan mengutamakan keselamatan dan kenyamanan kepada pemakai jasa bandar udara maka sejak awal penerbangan, penerbang telah menggunakan tanda-tanda sebagai alat bantu navigasi ketika mendekati suatu bandar udara, yaitu suatu alat bantu yang dapat digunakan baik dalam cuaca baik maupun dalam cuaca buruk, pada siang hari maupun malam hari.

Pada siang hari terdapat penerangan yang cukup dari matahari, sehingga penerangan buatan biasanya tidak dibutuhkan. Landasan pacu bagi pesawat konvensional selalu tampak sebagai jalur sempit yang panjang dengan tepi yang lurus dan bebas dari rintangan. Oleh karenanya ia dengan mudah dapat dikenali dari jauh, atau dengan terbang di atasnya. Pandangan perspektif dari landasan pacu dan tanda-tanda lainnya digunakan penerbang sebagai alat bantu visual untuk orientasi ketika mendekati bandar udara guna melakukan pendaratan.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana mengetahui prinsip kerja dari seluruh rangkaian instalasi pada *Runway Lighting*?
2. Bagaimana cara menghitung kapasitas beban terpasang, Intensitas cahaya dan kuat penerangan?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari pada penulisan tugas akhir ini adalah untuk :

1. Mengetahui sistem kelistrikan pada instalasi *Runway Lighting*, sehingga usaha pembuatan, perbaikan ataupun pengembangan dari rancangan ini dapat dilakukan.
2. Menghitung kapasitas beban terpasang, Intensitas cahaya dan kuat penerangan, menghitung daya lampu pada setiap step.

D. Manfaat penelitian

Adapun manfaat terhadap penelitian tugas akhir ini adalah dengan adanya penelitian ini penulis dapat mengetahui bagaimana prinsip kerja instalasi kelistrikan dan bagaimana menghitung kapasitas beban dan intensitas Cahaya Runway Lighting Di Bandar Udara Hasanuddin!

E. Batasan Masalah

Agar tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan ini dapat terarah maka penulis merasa perlu untuk mengemukakan batasan-batasan masalah yang akan dibahas. batasan masalah tersebut sebagai berikut :

1. Hanya membahas tentang prinsip kerja dari rangkaian dan peralatan kontrol.
2. Hanya membahas tentang Sistem operasi dan pengaturan.
3. Cara menghitung kapasitas beban terpasang, intensitas cahaya dan kuat penerangan, besar daya untuk setiap step, kapasitas pengauian, rapat arus dan KHA.

F. Metode Pengumpulan Data

Dalam penulisan tugas akhir ini, maka penulis menggunakan metode-metode sebagai berikut :

1. Observasi.

Yaitu mengadakan studi lapangan, khususnya di Bandar Udara Hasanuddin.

2. Literatur.

Penulis dalam penyusunan ini, mengadakan studi kepustakaan sehubungan dengan masalah yang akan diteliti.

3. Diskusi.

Yaitu suatu cara pengumpulan data yang berupa wawancara dan konsultasi dengan beberapa sumber yang dapat membantu dalam membahas hal ini.

G. Sistematika Penulisan

Penulisan ini disusun secara sistematika yang terdiri dari empat bab, dalam kerangka bab per bab dengan susunan sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan, yang isinya merupakan pengantar dan petunjuk, serta gambaran secara garis besar tentang masalah yang akan dibahas dalam penulisan, ini. Bab ini meliputi : Latar belakang masalah, alasan memilih judul, tujuan penulisan, batasan masalah, metode pengumpulan data dan sistematika penulisan.

BAB II : Teori dasar, yang isinya merupakan prinsip dasar yang terdiri dari persyaratan umum, deskripsi dan yang meliputi gambar single line, block diagram CCR serta penjelasan umum tentang peralatan yang akan digunakan.

BAB III : Metodologi penelitian, yang didalamnya terdiri dari waktu dan tempat penelitian, langkah-langkah penelitian serta blok rangkaian penelitian

BAB IV : Memuat tentang hasil penelitian dan pembahasan, analisa prinsip kerja dari peralatan kontrol, sistem operasi dan pengaturannya serta menghitung kapasitas beban terpasang, besar daya pada setiap step, intensitas cahaya dan kuat penerangan, kapasitas pengaman, rapat arus dan KHA.

BAB V : Sebagai bab penutup yang memuat kesimpulan dan saran-saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Airport Lighting

Visual aid adalah peralatan-peralatan bercahaya yang dapat memberikan informasi dan tuntutan visual kepada pilot atau penerbang pada saat pesawat mendekati bandar udara, melakukan pendaratan atau lepas landas dan sebagainya.

Sedangkan menurut ANNEX-14, Aerodrome adalah suatu daerah yang dipergunakan untuk melakukan pendaratan atau lepas landas atau pergerakan lainnya dari suatu pesawat udara (bandar udara).

Airport lighting yang merupakan bagian dari visual aid adalah peralatan-peralatan bercahaya yang dapat memberikan informasi dan tuntutan visual kepada penerbang pada saat pesawat udara mendekati bandar udara, melakukan pendaratan (landing), lepas landas (take-off) dan sebagainya.

Syarat-syarat airport Lighting :

1. Harus mempunyai kehandalan tinggi.
2. Intensitas cahaya disetiap lampu sama.
3. Cahaya semua lampu harus konstan.
4. Tingkat keamanan tinggi. Fungsi airport lighting adalah :
 - a) Untuk menuntun/membantu penerbang melakukan pendaratan atau tinggal landas, terutama pada malam hari atau cuaca buruk.

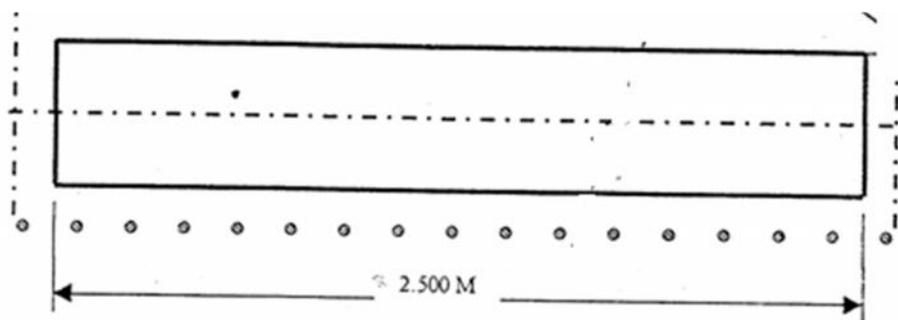
b) Untuk menghilangkan kesalahan akibat lingkungan bandar udara karena adanya penerangan, misalnya lampu penduduk yang berada disekitar bandar udara.

Cara pemasangan airport lighting yaitu dengan :

- a) Rangkaian paralel (parallel circuit).
- b) Rangkaian seri (series circuit).

B. Runway Lighting

Runway adalah suatu bidang persegi panjang pada suatu Aerodrome yang dipergunakan untuk melakukan pendaratan dan tinggal landas pesawat udara, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa Runway merupakan bagian yang penting dari sebuah bandar udara.



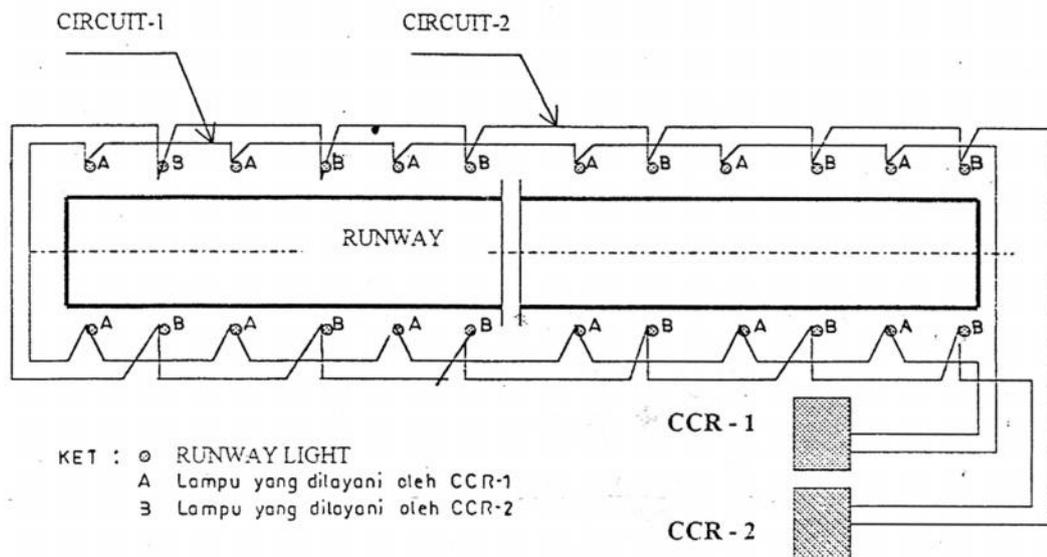
Gambar 2.1 Diagram Line Runway Lighting System

Fungsi dari Runway Lighting adalah sebagai alat bantu visual untuk memberikan tanda/isyarat pada penerbang yang akan melakukan pendaratan/landing, lepas landas/take off dan sebagainya.

1. CCR (*Constan Current Regulator*)

Untuk mendapatkan tingkat kehandalan yang tinggi, maka pada runway lighting dicatu dan dirangkai suatu sistem dengan dua sistem seri secara terpisah atau dengan kata lain dirangkai dengan menggunakan dua rangkaian akhir, dengan maksud apabila salah satu sistem atau rangkaian padam maka sistem yang lain masih dapat berfungsi. Cara pemasangan pada CCR ini dipasang secara seri karena memiliki keuntungan sebagai berikut :

- a. Intensitas cahaya disetiap lampu sama.
- b. Penampang kabel tidak perlu besar..



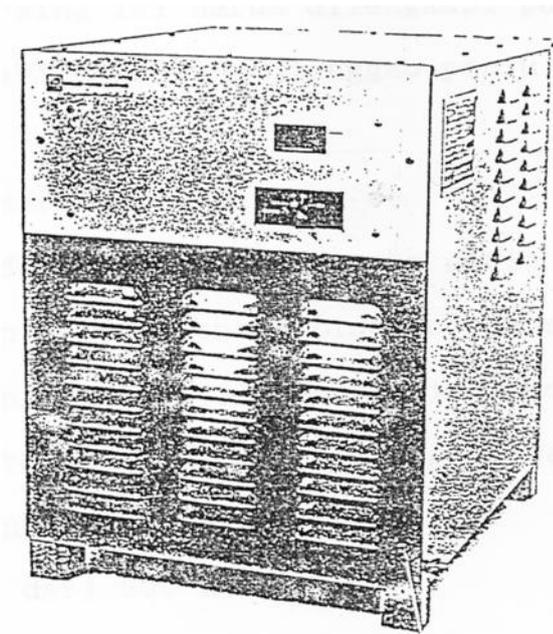
Gambar 2.2 Series Circuit Yang Dilengkapi 2 CCR

Sedangkan fungsi dari CCR adalah sebuah alat yang dapat menghasilkan arus konstan. Syarat-syarat CCR adalah :

- a. Harus mempunyai kehandalan tinggi dan memberikan arus konstan.
- b. Harus dapat dioperasikan secara remote (jarak jauh/dari menara pengawas) dan secara lokal.

c. Harus dilengkapi dengan sistem pengamanan :

- 1) Open Circuit : Segera memberi indikasi (lampu atau alarm) apabila terjadi open circuit.
- 2) Eart Leakage : Segera memberi indikasi (lampu atau alarm) apabila terjadi kegagalan isolasi (hubungan singkat dengan tanah).
- 3) Over Load Relay



Gambar 2.3 Gambar CCR Siemens 6SF 402

2. Runway Marking

a. Runway Stripe Marking.

Runway Stripe Marking adalah garis putih tidak terputus pada sisi kiri dan sisi kanan Runway. Fungsinya untuk menentukan batas pinggir (*Edge Side*) Runway dengan batas yang jelas (kontras). Ukuran dengan lebar 0,9

m untuk Runway yang lebarnya lebih dari 30 m, dan 0,45 m untuk kurang dari 30 m.

b. Touch Down Zone Marking

Touch Down, Zone (TDZ) Marking adalah garis putih berpasangan yaitu pada kiri dan kanan *Runway Centre Line*. TDZ - Marking ini harus dilengkapi pada non instrumen runway apabila hal itu dianggap perlu oleh yang berwenang.

Karakter dari TDZ - Marking :

Terdiri dari pasangan beberapa garis rectangular yang dipisahkan oleh Centre Line secara symetris di sisi kiri/kanan dengan jumlah garis pada masing-masing pasangan tergantung dari panjang Runway.

Tabel 2.1 Karakter TDZ - Marking

Panjang Runway	Jumlah Garis 1
- Kurang dari 900 m	1
- 900 m s/d di bawah 1.200 m	2
- 1.200 m s/d kurang dari 1.500 m	3
- 1.500 m s/d kurang dari 2.100 m	4
- 2.100 m ke atas	5

c. Fixed Distance Marking (FDM)

FDM adalah garis kuning yang dibuat pada kedua ujung Runway. Maka ini dibuat mulai pada jarak 300 meter dari Threshold. Letak dari FDM

yaitu pada Centre Line Marking yang berupa dua pasangan garis di sebelah kiri/kanan Centre Line Marking.

Ukuran dari FDM :

- 1) Panjang : 45 - 60 m
- 2) Lebar : 5 - 10 m
- 3) Jarak celah kedua pasang garis antara 18 - 22,5 m.

d. Runway Centre Line Marking (RCLM)

RCLM adalah garis putih terputus-putus yang dibuat di Centre Line Runway yaitu di antara kedua runway designation marking.

Ukuran dari RCLM :

- 1) Panjang garis + gap (Celah antara garis) = 50 s/d 70m
- 2) Panjang "garisnya tidak boleh kurang atau sama dengan panjang gap, atau sama dengan 30 meter.
- 3) Lebar garis sesuai kategori runway, sebagai berikut :
 - a) Precision Approach Runway cat II dan III = 0,090 m
 - b) Precision Approach Runway cat I = 0,45 m
 - c) Non Instrumen Runway = 0,30 m e.

e. Runway Designation Marking (RDM)

RDM adalah nomor yang terdiri atas dua angka yang menunjukkan koordinat arah pendaratan pesawat (dari arah berapa derajat dari utara).

Misalkan Nomor yang didapat adalah arah 31 dan arah 13.

3. Runway Edge Lighting System

Fungsi dari Runway Edge Lighting ialah untuk memberikan tanda batas kedua sisi landasan pacu. Unit-unit lampu ini dipasang pada sisi kiri dan kanan runway secara simetris membentuk garis lurus dengan jarak antar lampu yang bersebelahan maksimum 60 meter (instrumen runway) dan jarak lampu dari pinggir runway kurang lebih 3 meter. Adapun jumlah lampu yang terpasang disesuaikan dengan panjang runway dengan perhitungan jarak antar lampu yang telah ditentukan, yaitu maksimal 60 meter.

Warna cahaya lampu yang dipergunakan adalah cahaya putih untuk daerah yang tidak berkabut dan cahaya kuning untuk daerah yang sering berkabut. Khususnya di Indonesia sendiri memakai cahaya putih mengingat daerah kita merupakan daerah tropis.

Jenis lampu yang digunakan adalah :

- 1) Unit yang dapat ditinggikan atau dipasang di atas permukaan landasan pacu (elevated mounted).
- 2) Unit yang dipasang agak rapat/rata dengan permukaan landasan pacu (Flush mounted).

Setiap jenis lampu ini mempunyai sebuah lensa yang dirancang khusus untuk menyorotkan dua berkas sinar utama ke bawah landasan pacu.

Runway edge lighting direncanakan dengan cahaya yang dapat dilihat dari semua sudut dengan ketinggian secukupnya sehingga dapat memberi petunjuk kepada penerbang pada saat akan landing maupun take - off.

Pada runway edge lighting, intensitas cahaya yang digunakan adalah :

- 1) Step 5 : 6,6 Ampere = 100 %
- 2) Step 4 : 5,2 Ampere = 79 %
- 3) Step 3 : 4,1 Ampere = 62 %
- 4) Step 2 : 3,4 Ampere = 52 %
- 5) Step 1 : 2,8 Ampere = 42 %

Karena Intensitas cahaya dapat menyilaukan mata, terutama pada saat cuaca baik, maka intensitas cahaya ini dapat diatur sesuai dengan kondisi cuaca pada saat landing maupun take-off. Pengaturan intensitas cahaya pada bandar udara yang bersangkutan ditentukan oleh pengatur lalu lintas udara (Air Traffic Controller).

Pada saat cuaca buruk biasanya intensitas cahaya diberikan hingga 100 %, sedangkan untuk Bandar Udara Hasanuddin intensitas cahaya yang dibutuhkan berkisar pada 6,6 Ampere , 5,2 Ampere dan 4,1 Ampere.

4. Runway Centre Line Lighting System

Runway Centre Line Lighting adalah lampu penerangan runway yang dipasang pada lokasi runway centre line. Lampu ini merupakan pelengkap runway lighting untuk precision approach runway kategori II dan III. Lampu ini juga dapat digunakan pada precision approach runway kategori I apabila runway digunakan untuk pesawat high landing speed dan lebar runwaynya 50 meter.

Lokasi pemasangannya pada sepanjang runway dari ujung runway satu ke ujung runway lainnya secara uniformly longitudinal spacing. Jarak dari lampu ke lampu ditetapkan sebagai berikut :

- a. 7,5 meter atau 15 meter : untuk precision approach runway kategori III.
- b. 7,5 meter, 15 meter atau 30 meter : untuk precision runway kategori II.

Sedangkan warna lampu yang ditetapkan sebagai berikut :

- a. Putih :

Dari runway threshold sampai dengan titik yang jaraknya 900 meter dari runway end.

- b. Putih - merah :

Dari titik yang jaraknya 900 meter mulai dari runway end sampai dengan titik yang jaraknya 300 meter dari runway end.

- c. Merah :

Dari titik yang jaraknya 300 meter mulai dari runway end sampai dengan runway end. Sedang jenis lampu yang dipersyaratkan adalah Inset Light.

5. Turning Area Lighting System

Merupakan lampu penerangan runway yang dipasang pada daerah perputaran pesawat di ujung runway yang merupakan kelanjutan dari runway edge light. Warna cahaya lampu yang dipergunakan adalah biru.

6. Klasifikasi Runway

- a. Non Instrumen Runway

Runway yang dipergunakan untuk pendaratan pesawat udara tanpa bantuan peralatan pendaratan pesawat, cuaca pada umumnya terang.

- b. Instrumen Runway

Runway yang dipergunakan untuk pendaratan pesawat udara dengan bantuan peralatan bantu pendaratan pesawat. cuaca pada umumnya tidak mendukung, dan sering dipergunakan pada malam hari.

Klasifikasi dari runway dimaksudkan untuk membedakan kelas/tingkat kegunaan dari suatu runway dengan mempertimbangkan faktor HVR.

Runway Visual Range (RVR) ialah jarak maksimum yang mampu dijangkau oleh mata (tanpa bantuan peralatan) pada suatu benda di atas permukaan runway yang warnanya kontras dengan permukaan runway tersebut. Instrumen runway dapat dibagi dalam :

1) Non Precision Approach Runway (NPAR)

NPAR ialah instrumen runway yang dilengkapi dengan pemandu (navigasi udara), dimana RVR 800 meter.

2) Precision Approach Runway (PAR) category I

PAR category I ialah instrumen runway yang dilengkapi dengan ILS dan Airport Lighting. Dimana RVR > 800 meter.

3) Precision Approach Runway (PAR) category II

PAR category II ialah instrumen runway dengan RVR= 400 m

4) Precision Approach Runway (PAR) category III

PAR category III ialah instrumen runway dengan RVR < 400 meter

Klasifikasi runway mencerminkan tingkat fasilitas yang ada/dipakai, atau tingkat kemampuan suatu bandara untuk melayani tingkatan jenis pesawat udara sehingga dengan mengetahui klasifikasi

suatu runway, kita dapat menentukan fasilitas atau peralatan apa saja yang seharusnya dipasang menurut kelasnya tersebut, yang mana telah diatur ICAO (International Civil Aviation Organization) dalam serial ANNEX-14, yang mengatur tentang Aerodrome.

Apabila suatu runway dinyatakan tidak dapat dipergunakan untuk landing maupun untuk take-off, maka akan dinyatakan dalam AIP (Aeronautical Information Publication) yang dinyatakan dengan huruf "NU" (Not Usable).

7. Runway Threshold Lighting System

Pada tahap terakhir pendekatan ke landasan untuk melakukan pendaratan, penerbang harus membuat keputusan untuk menyelesaikan pendaratan atau melakukan suatu pendekatan, petunjuk dari ambang landasan merupakan suatu faktor yang sangat penting bagi penerbang untuk memutuskan mendarat atau tidak. Karenanya di daerah dekat ambang landasan di beri lampu. khusus. Di bandar udara yang besar, ambang landasan dapat diketahui dengan adanya suatu barisan lampu berwarna hijau yang memotong keseluruhan lebar landasan. Sedangkan suatu terminating bar (batas akhir) dari lampu merah ditempatkan 60 meter di depan threshold untuk menandakan berakhirnya approach light dan dimulainya runway threshold. Wing bar yang panjangnya 4,5 meter terdiri juga dari lampu-lampu merah yang diletakkan 30 meter di depan threshold pada masing-masing sisi dari runway. Threshold sendiri ditandai dengan lampu-lampu berwarna hijau yang

C. Peralatan Yang Dipergunakan

Peralatan yang dipergunakan pada runway terutama di CCR.ada beberapa macam, yaitu :

1. Transformator

Untuk pemasangan lampu-lampu pada runway diperlukan beberapa trafo, yaitu :

- a. Trafo Tenaga .
- b. Isolating transformer
- a. Trafo tenaga

Pengertian dari trafo tenaga ialah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan lebih tinggi ke tegangan lebih rendah atau sebaliknya (mentransformasikan tegangan). Dalam operasi umumnya, trafo-trafo tenaga ditanahkan pada titik netralnya sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan/proteksi, sebagai contoh transformator 150/70 kV ditanahkan secara langsung disisi netral 150 kV, dan transformator 70/20 kV ditanahkan dengan tahanan disisi netral 20 kVnya.

Trafo tenaga ini .khusus dipergunakan pada CCR. Sistem tegangan pada trafo tenaga terbagi atas dua yaitu :

1. Kapasitas : maksimal 380 V/3 kV

Pada tegangan keluaranya menggunakan V_{out} 3 kV dengan untuk mensuplay beban-beban ke lampu yang jarak panjang kurang lebih 2 km, dengan tujuan :

- 1) Agar penampang kabel tidak terlalu besar. .

2) Untuk menghindari Susut tegangan.

2. Pengaturan :

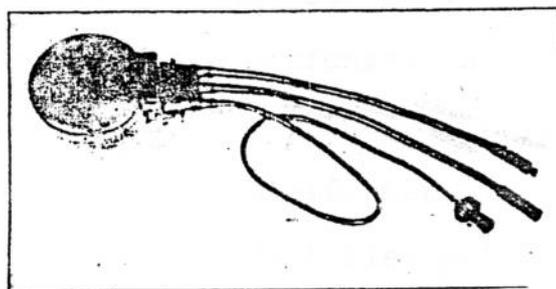
Cara dari pengaturan tegangan yaitu :

1) Tegangan output diatur berdasarkan jumlah beban agar diperoleh tegangan pada setiap lampu yang terpasang.

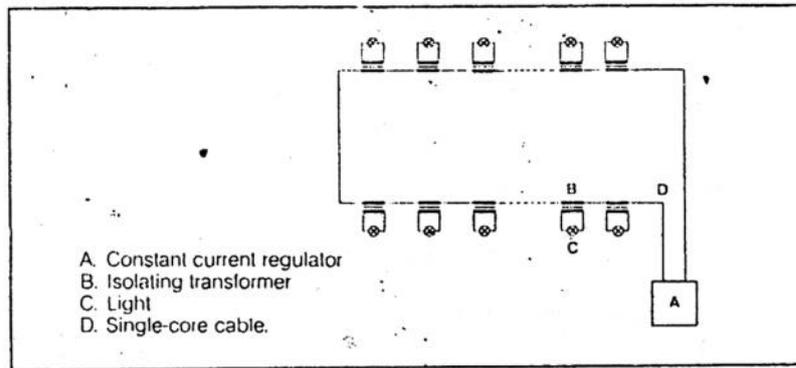
2) Untuk pengaturan pada intensitas cahaya.

2. Isolating Transformer

Isolating transformer adalah alat yang digunakan di bandar udara untuk mengatasi adanya gangguan pada suatu sistem rangkaian . Lampu-lampu yang digunakan di bandar udara umumnya dihubungkan secara seri sehingga untuk menjaga kontinuitas jalannya arus apabila terjadi kerusakan pada sebuah lampu maka digunakan isolating transformer. Adapun bentuk isolating transformer dan cara pemasangannya dalam suatu rangkaian dapat dilihat pada gambar 2.6. dan 2.7.



Gambar 2.6 Isolating Transformer



Gambar 2.7 Sistem Pemasangan Isolating Transformer

Sedangkan bagian-bagian utama dan fungsi secara umum yaitu :

3. Isolasi.

Umumnya terdiri dari zat cair (minyak) yang berfungsi mengisolasi bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan atau mengisolasi bagian bertegangan yang berlainan phasanya. Tetapi pada isolating transformer yang digunakan pada Bandar Udara Hasanuddin adalah sejenis oil yang berfungsi untuk meredam bunga api.

4. Terminal pada isolating transformer.

Adalah tempat penghubung dari sisi primer atau sekunder ke bagian-bagian listrik yang membutuhkannya. Terminal pada isolating transformer ini menggunakan methil conductor yaitu male dan female, yang dibuat secara khusus untuk faktor keamanan.

2. **Intensitas cahaya**

Intensitas cahaya dinyatakan dalam satuan candle (kaldela) dengan simbol I. Intensitas cahaya didefinisikan sebagai jumlah energi radiasi yang

dipancarkan sebagai cahaya sesuatu jurusan tertentu, dalam bentuk persamaan dinyatakan dengan :

$$I = \frac{\phi}{w} \dots\dots\dots(1)$$

I = Intensitas cahaya (kandela)

ϕ = Fluks cahaya (lm)

w = Besaran sudut ruang pada suatu titik cahaya (sr)

3. **Arrester**

Pengertian dari arrester adalah proteksi bagi peralatan listrik terhadap tegangan lebih, yang disebabkan oleh petir atau surya hubung (switch surge). Alat ini bersifat sebagai by-pass di sekitar isolasi yang membentuk Jalan dan mudah dilalui oleh arus kilat ke sistem pentanahan sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang tinggi dan tidak merusak isolasi peralatan listrik.

4. **Relay proteksi**

Pengertian dari relay adalah sebuah alat yang bekerja secara otomatis mengatur suatu rangkaian listrik (rangkaian trip) akibat adanya perubahan rangkaian lain. Sedangkan yang dimaksud dengan relay proteksi adalah suatu relay listrik yang digunakan untuk mengamankan peralatan listrik terhadap kondisi abnormal. Secara umum fungsi dan peranan relay proteksi yaitu :

1. Mencegah kerusakan.
2. Membatasi kerusakan.
3. Mencegah meluasnya gangguan sistem.

Sedangkan syarat untuk sebuah relay proteksi yaitu :

- a. Andal (reliable).
- b. Cepat (speed).
- c. Peka (Sensitive).
- d. Selektif (selective).
- e. Stabil.

4. Kontaktor

Kontaktor adalah suatu peralatan listrik yang di-gerakkan oleh gaya kemagnetan, dalam hal ini kontaktor dapat disebut sebagai saklar. Sebuah kontaktor harus tahan dan mampu untuk memutuskan dan mengalirkan arus dalam keadaan normal. Arus kerja normal adalah arus yang mengalir selama pemutusan tidak terjadi.

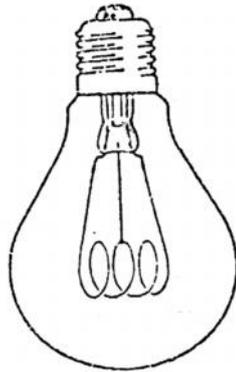
Kontaktor sering dipergunakan pada beban tiga phasa dan diaplikasikan pada instalasi daya. Namun secara umum kontaktor banyak digunakan sebagai kontrol daya motor-motor dalam suatu sistem dari sifatnya yang sederhana sampai pada pengoperasian yang lebih rumit.

5. Resistor

Salah satu jenis komponen yang sering dipakai untuk berbagai tujuan dalam rangkaian elektronika adalah resistor yang biasa disebut tahanan. Dalam rangkaian listrik/elektronika, resistor berfungsi sebagai pengatur kuat arus yang mengalir dalam rangkaian dan juga difungsikan sebagai pembagi tegangan. Sebagai pengatur kuat arus, komponen ini akan mengurangi kuat arus yang mengalir melewati sampai nilai tertentu.

6. Lampu Pijar

Lampu pijar memancarkan cahaya dalam spektrum yang lebih merah. Cahaya lampu pijar dibangkitkan dengan mengalirkan arus listrik dalam suatu kawat halus yang disebut kawat pijar atau filament (gambar 2.8).



Gambar 2.8 Konstruksi Lampu Pijar

Dalam suatu kawat pijar, energi listrik diubah menjadi panas atau cahaya. Kawat yang umumnya digunakan adalah kawat wolfram. Kawat ini memiliki kawat lebur 3655°K . Agar sebuah lampu pijar dapat memancarkan sebanyak mungkin cahaya tampak, suhu kawat pijarnya harus setinggi mungkin tetapi tidak boleh melebihi titik lebur yang diizinkan bahan kawat pijarnya. Suhu yang terlalu tinggi akan mempercepat penguapan kawat pijar, sehingga akan memperpendek umur lampu.

7. Selector Switch (saklar pilih)

Pengertian dari selector switch ini adalah suatu saklar yang terdiri dari sebuah poros yang dapat berputar dari satu arah ke arah yang lainnya yang mana posisi terletak pada satu komponen piringan. Piringan-piringan ini terletak dan terdapat lekuk-lekuk pada porosnya, dan pada poros ini terdapat

alat pelayanan, saklar ini umumnya dilengkapi alat penahan pada setiap kedudukannya.

Saklar ini jarang digunakan dalam instalasi penerangan tetapi biasanya digunakan untuk rangkaian pengatur motor-motor dan dua posisi yang berbeda. Saklar ini sejenis saklar putar.

8. Cahaya

Cahaya merupakan gejala fisis yang berasal dari sumber yang memancarkan energi, dimana sebagian energi itu diubah menjadi cahaya tampak, ini dilakukan berupa gelombang-gelombang elektromagnetik. Kecepatan rambat cahaya sama dengan kecepatan gelombang elektromagnetik diruang bebas 3×10^8 m per detik sehingga berlaku persamaan berikut :

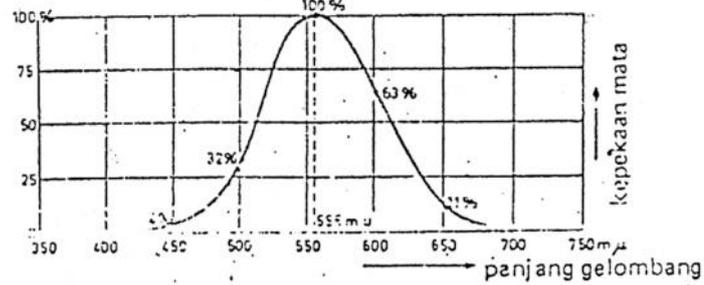
$$\lambda = \frac{V}{f} \dots\dots\dots(2)$$

λ = Panjang gelombang (mikron μ)

V = Kecepatan rambat gelombang (m/dt.)

f = Frekwensi gelombang (Hz)

Panjang gelombang cahaya tampak berkisar 380 - 780 μ , dengan penguraian cahaya yang mempunyai panjang gelombang berbeda-beda. Selain memiliki warna, setiap panjang gelombang cahaya juga memberi kesan intensitas tertentu yang diterima oleh mata. Mata manusia paling peka terhadap panjang gelombang 555 μ yaitu cahaya berwarna kuning hijau. Berikut ini adalah grafik kepekaan mata manusia terhadap panjang gelombang cahaya (gambar 2.9)



Gambar 2.9 Grafik kepekaan mata manusia

9. Kesilauan Cahaya

Kesilauan cahaya merupakan terang yang berlebihan dalam medan penglihatan. Cahaya yang langsung jatuh pada pengamat membuatnya sulit untuk melihat sasaran. Juga mungkin efek pantulan yang tinggi dari gambar akan menghasilkan sumber kesilauan tambahan.

Jika sumber silau makin dekat dengan sumber penglihatan maka pengaruh silau makin besar sehingga efisiensi penglihatan menurun. Untuk mengatasi silau langsung, dapat dilakukan dengan menggeser sumber silau sejauh mungkin dari sumber penglihatan atau cara lain yaitu memberikan penerangan yang lebih baik pada objek yang dilihat. Pengaruh silau pantul dapat dihilangkan dengan mengubah posisi geometris sumber silau atau mengurangi beda ketajaman antara objek dan sumber silau.

10. Kabel Tanah

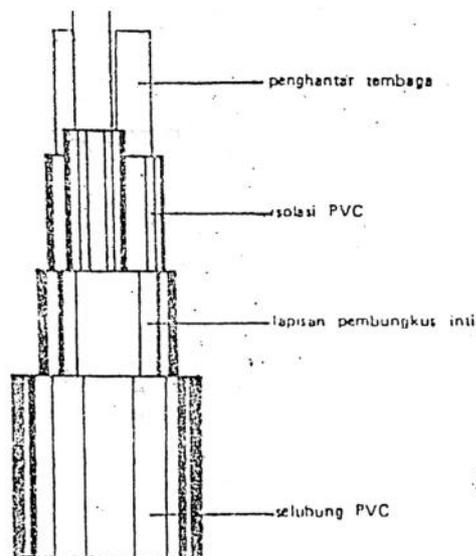
Kabel tanah umumnya mempunyai isolasi termoplastik (NYY, NAYY, NYFGbY, FLYCY). Disamping itu ada juga dengan isolasi kertas (GPLKH)..

Kabel tanah NYY utamanya digunakan sebagai penghantar instalasi industri dalam gedung maupun di alam terbuka, disalurkan kabel dan di dalam lemari hubung bagi, apabila diperkirakan tidak ada gangguan mekanis.

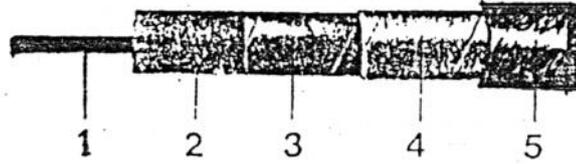
Kabel tanah yang dipasang dalam tanah harus dilindungi terhadap kerusakan gangguan mekanis dan kimiawi sehingga dalam pemasangan kabel tanah yang ditanam harus mengikuti ketentuan sebagai berikut :

1. Minimum 80 cm di bawah permukaan tanah pada jalan yang dilalui kendaraan.
2. Minimum 60 cm di bawah permukaan tanah yang tidak dilalui kendaraan (PUIL ayat 744 A2).

Kabel harus diletakkan di dalam pasir atau tanah lembut yang bebas dari bebatuan, dan atau galian tanah yang stabil, kuat dan rata. Lapisan pasir atau tanah lembut itu harus sekurang-kurangnya 5 cm sekeliling kabel, sebagai perlindungan tambahan di atas timbunan pasir atau tanah lembut dapat dipasang beton, batu atau bata pelindung (PUIL ayat 744 A4).



Gambar 2.10 Konstruksi NYY



1. Stranded Tinned Copper Conductor
2. Butyl insulation
3. Copper or brass tapes
4. Melinex Tape
5. Polychloroprene sheath

Gambar 2.11 Konstruksi FLCY

11. Penentuan Penampang Penghantar

Luas penampang penghantar dapat ditentukan berdasarkan pertimbangan rapat arus nominal suatu penghantar, karena pada dasarnya penentuan rapat arus nominal suatu penghantar adalah dengan mempertimbangkan suhu maksimum pada penghantar yang ditimbulkan oleh arus.

Rapat arus (S) dinyatakan dengan persamaan :

$$S = \frac{\text{Arus dalam satuan ampere}}{\text{luas penampang dalam satuan mm}^2}$$

$$S = \frac{I}{A} \text{ ampere/mm}^2 \dots \dots \dots (3)$$

12. Penentuan KHA penghantar

Pada setiap penghantar yang mempunyai tahanan jika dilalui arus selama t detik akan terjadi rugi-rugi yang menyebabkan panas sebesar I^2Rt kalori. Panas itu kemudian keluar melewati dinding penghantar.

Dengan demikian KHA suatu penghantar dapat dinyatakan sebagai kemampuan maksimum suatu penghantar untuk dilalui arus secara terus menerus tanpa menyebabkan kerusakan pada penghantar tersebut.

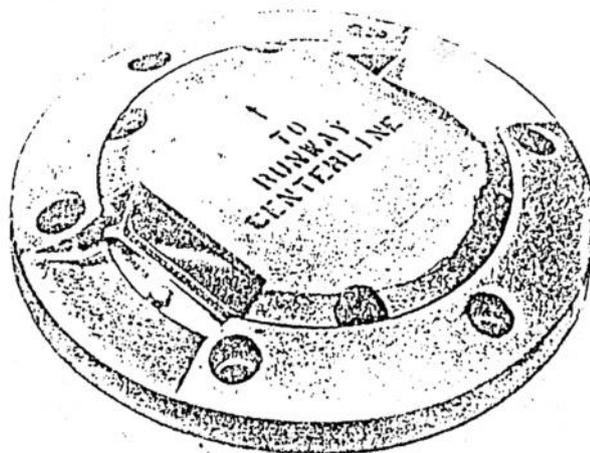
Untuk memilih suatu penghantar, KHA penghantar harus sama atau lebih besar dari arus beban. Sehingga dapat dituliskan suatu persamaan menurut PUIL yaitu : $KHA = 1,15 \times I_{Nominal}$

13. Armatur pelampuan bandar udara

Armatur-armatur yang digunakan di bandar udara berbeda dengan armatur penerangan umum. Armatur yang digunakan di bandara adalah armatur yang dirancang khusus untuk keperluan bandar udara yang fungsinya adalah untuk memberikan tanda-tanda kepada seorang penerbang tentang situasi di sekitar bandar udara.

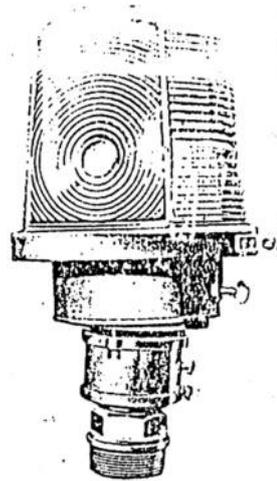
Adapun bentuk-bentuk dari armatur tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Armatur ambang utama landasan



Gambar 2.12 armatur ambang utama

b. Armature lampu sisi landasan dan landasan hubung



Gambar 2.13 Armatur sisi landasan dan landas hubung

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

a. Waktu

Pembuatan tugas akhir ini akan dilaksanakan selama 1 bulan, mulai dari 15 September sampai 15 Oktober 2017, sesuai dengan perencanaan waktu yang terdapat pada jadwal penelitian.

b. Tempat

Penelitian dilaksanakan di Makassar pada Bandar Udara Hasanuddin.

B. Langkah-langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah yang ditempuh oleh penulis dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Metode Pustaka

Yaitu mengambil bahan-bahan penulisan tugas akhir ini dari referensi-referensi serta literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah yang dibahas.

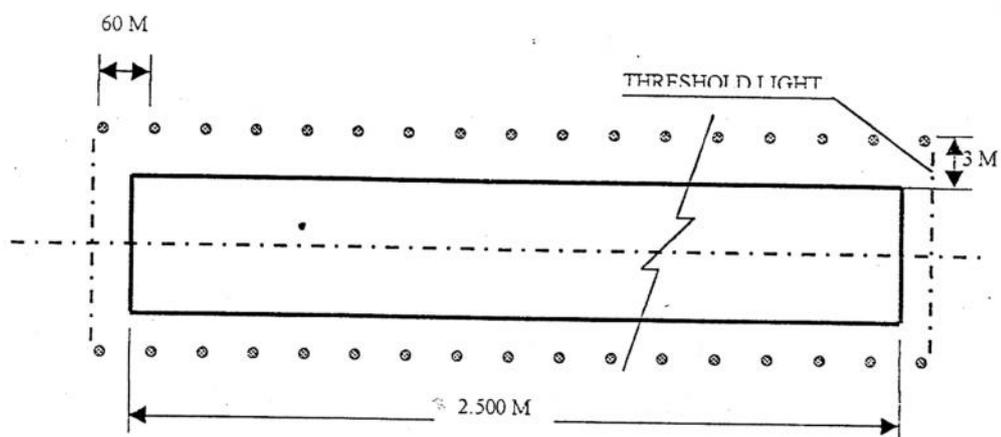
Metode Penelitian

Mengadakan penelitian dan pengambilan data di Makassar pada bandar udara Hasanuddin. Kemudian mengadakan pembahasan/analisa hasil pengamatan dan menyimpulkan hasil analisa tersebut.

Metode Diskusi/Wawancara

Yaitu mengadakan diskusi/wawancara dengan dosen yang lebih mengetahui bahan yang akan kami bahas atau dengan pihak praktisi pada bandar udara Hasanuddin Dalam penulisan tugas akhir ini, maka penulis menggunakan metode-metode sebagai berikut :

Diagram Line Runway Lighting System



Gambar.3.1 Diagram Line Runway Lighting System

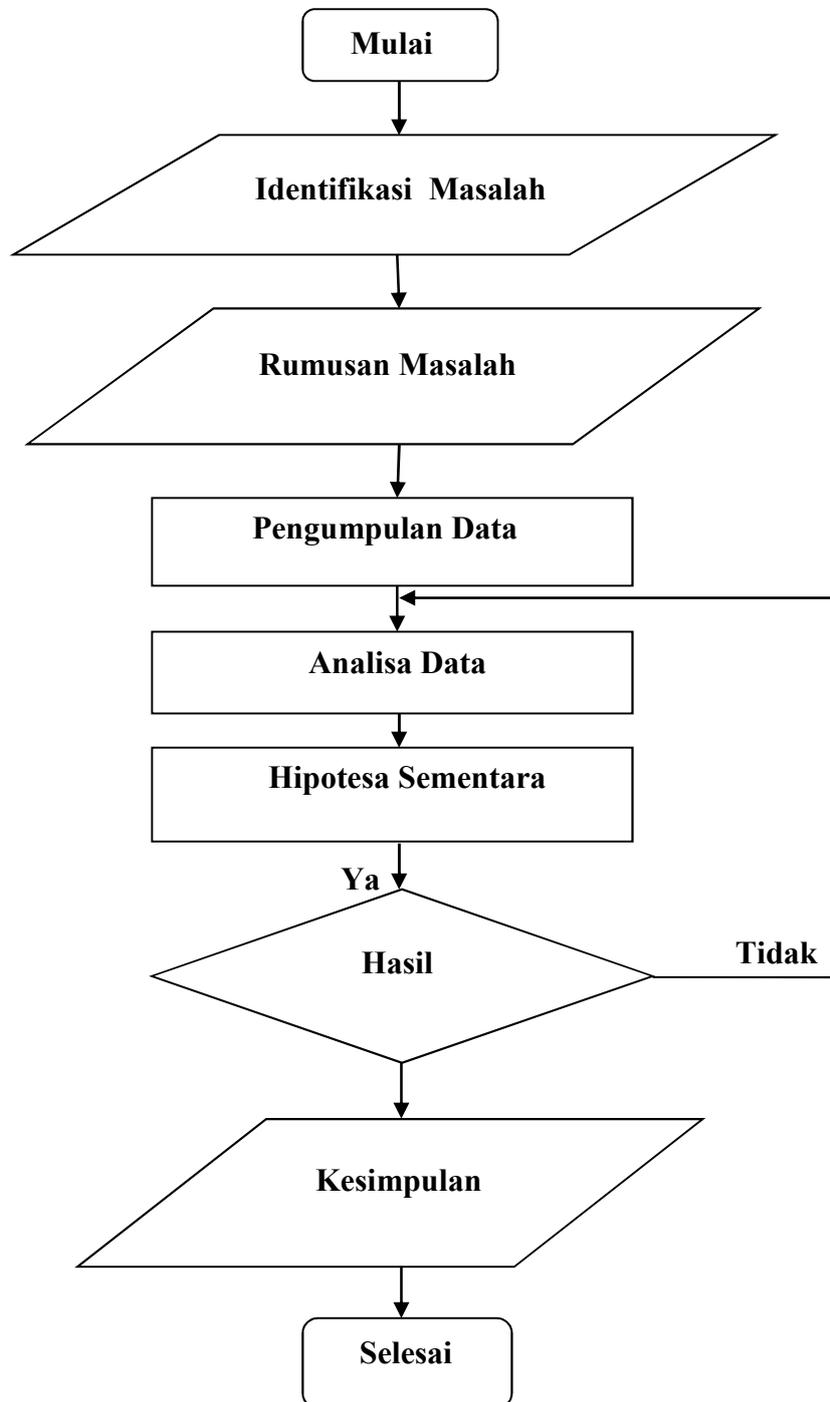
Arah sinar lampu ada dua macam yaitu :

- 1) Omni directional
- 2) Bi directional

Sedang arah sinar lampu yang digunakan di Bandar udara Hasanuddin adalah Omni directional dimana arah sinar lampu ini menyebar ke segala arah. Perlu diperhatikan bahwa sinar lampu ini hanya 20 % yang dapat menyinari landasan pacu, artinya lebih besar arah sinar lampu keluar dari landasan. Ini dimaksudkan agar pada saat melakukan pendaratan sinar tersebut tidak menyilaukan mata bagi penerbang. Dalam hal ini lampu-lampu harus dirancang sedemikian rupa membentuk suatu pola visual yang mudah dimengerti penerbang.

Setelah melewati ambang landasan, penerbang harus menyelesaikan persentuhan (touchdown - roda belakang pesawat bersentuhan dengan landasan) dan manuver pesawat di atas landasan pacu (Eoll-out). Alat bantu visual di landasan pacu pada tahap ini harus dirancang untuk memberikan petunjuk kepada penerbang mengenai pengajaran roda, perpindahan lateral, rotasi sejajar, dan jarak. Lampu-lampu tersebut harus disusun sehingga membentuk suatu pola visual yang dapat ditafsirkan dengan mudah oleh penerbang. Penerangan dengan lampu sorot dibatasi hanya untuk arah pendaratan yang dikehendaki saja dan ditambah lampu sisi landasan digunakan sebagai alat bantu visual pada landasan pacu. Hal ini diikuti oleh penggunaan lampu di garis tengah landasan pacu dan daerah persentuhan roda pesawat dengan landasan.

C. Metode Penelitian (Flowchart)



Gambar 3.2 Flowchart penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Prinsip Kerja Constan Current Regulator (CCR)

CCR Siemens tipe 6SF 402 adalah pengatur arus konstan untuk catu daya Runway Light. Cara kerja CCR Siemens tipe 6SF 402 adalah sebagai berikut :

Brightness set mengalirkan arus ke controller dan dijadikan trigger untuk sudut penyalan SCR dengan melewati inverting circuit (rangkaiannya pembalik fungsi), apabila arus beban (I_s) konstan, besaran tegangan yang diterima oleh inverting circuit hasil induksi sensing transformer juga konstan dan trigger untuk sudut penyalan SCR akan konstan sehingga arus tetap 6,6 Ampere.

Bila arus beban (I_s) berubah, tegangan diperbesar pada multiplier dan dikirimkan ke squaring blok (tegangan dibuat pulsa segi empat), diteruskan ke controller kemudian fungsi dibalik, sehingga bila I_s membesar, sudut penyalan mengecil dan I_s kembali turun pada setting current semula (6,6 Ampere). Bila I_s mengecil, sudut penyalan membesar dan I_s kembali naik pada setting current, rent 6,6 Ampere. Adapun perbandingan dari dua kondisi yang berbeda, yaitu kondisi bila pada rangkaian beban terjadi hubung singkat dan kondisi rangkaian terbuka (open circuit), adalah :

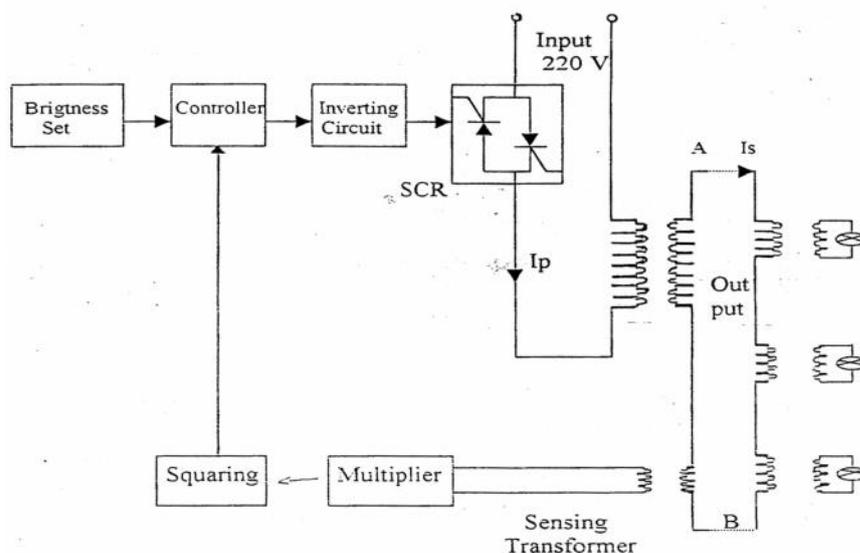
1. Pada saat terjadi hubung singkat (pada AB) atau semua output pada isolating transformer dihubung singkat : Arus beban (I_s) menuju maksimum dan tegangan pada AB menuju nol, arus beban juga melewati sensing transformer . Tegangan hasil induksi dialirkan ke multiplier (untuk memperbesar tegangan),

kemudian dikirim ke squaring blok (pulsa tegangan dibuat segi empat) melewati controller dan dijadikan trigger untuk sudut penyalan SCR kemudian dilewatkan lagi ke inverting circuit untuk membalik fungsi, akibatnya semakin besar I_s , sudut penyalan semakin kecil sehingga I_p semakin kecil dan I_s kembali pada penyetelan arus (setting current) semula yaitu 6,6 Ampere.

2. Pada saat kondisi rangkaian terbuka (open circuit) atau impedansi (Z) menuju tak terhingga (mendekati open circuit) sehingga I_s menuju minimum. Input yang diterima oleh blok rangkaian umpan balik juga kecil, tetapi pada inverting circuit fungsi dibalik sehingga sudut penyalan semakin besar, akibatnya I_p menuju maksimum.

Tegangan AB menjadi maksimum dengan I_s kembali pada setting current 6,6 Ampere. Bila terjadi open circuit pada AB, arus sama dengan nol, tegangan terus naik menuju tak terhingga.

Dari dua kondisi ini terlihat bahwa arus dipertahankan 6,6 Ampere, sehingga semua keadaan antara kondisi 1 dan 2 juga menghasilkan arus 6,6 Ampere.



Gambar 4.1 Blok diagram CCR Siemens 6SF 402

B. Kondisi Catu Daya Runway Light

Catu daya Runway Light (CCR) yang terdapat di Bandara Hasanuddin adalah produksi Siemens tipe solid state 6SF 402, dimana kondisi lokasi penanaman kabelnya mempunyai kadar air yang cukup tinggi. Kabel yang tertanam dalam waktu yang cukup lama akan berubah warna menjadi hitam. Bagian male/female dari sambungan kabel yang tertanam menjadi berkarat dan menaikkan resistansi pada beban.

Pada pengukuran yang dilakukan pada sambungan kabel runway light di Bandara Hasanuddin, sambungan yang telah berkarat diberikan tegangan yang sangat rendah yaitu sebesar 3 volt, tegangan yang diberikan dibuat serendah mungkin (3 volt) karena beban yang akan dilewati arus hanya sebuah sambungan, agar bila tahanan yang sambungan-nya kecil sekali tidak menimbulkan arus yang sangat besar. Arus yang mengalir melewati sambungan adalah 12 ampere.

Dengan demikian tahanan tiap sambungan adalah :

$$I = \frac{V}{R} \quad 12 = \frac{3}{R}$$

$$R = \frac{1}{4} \Omega$$

Bila resistansi pada tiap sambungan bertambah M ohm, maka untuk jumlah lampu sebanyak 59 buah, total resistansi bertambah menjadi :

$$\frac{1}{4} \times 2 \times 59 = 29,5 \Omega$$

Sedangkan arus tetap dipertahankan 6,6 Ampere, sehingga terjadi :

- 1) Kenaikan daya sebesar $I^2 \times R = (6,6)^2 \times 29,5 = 1285$ Watt
- 2) Kenaikan tegangan sebesar $I \times R = 6,6 \times 29,5 = 194,7$ V.

Kenaikan daya akan merusak feeding transformer, karena kapasitas feeding transformer, untuk runway light adalah 6,6 kVA, sedangkan kapasitas beban terpasang adalah 59 buah lampu x 100 watt = 5900 watt. Bila ditambah dengan kenaikan daya sebesar 1285 watt, maka Jumlah kapasitas beban terpasang menjadi 5900 watt + 1285 watt = 7185 watt. Jumlah ini jelas sudah melebihi kapasitas feeding transformer yang ada, sehingga terjadi kelebihan beban yang akhirnya dapat merusak feeding transformer.

Kenaikan tegangan akan merusak komponen elektronik. Hal ini disebabkan oleh tegangan yang diterima oleh sensing transformer menjadi lebih besar. Kelebihan tegangan ini diteruskan oleh komponen elektronik yang sangat sensitif terhadap kelebihan tegangan.

Bila dilihat dari data kegagalan yang sering terjadi pada CCR Siemens di Bandara Hasanuddin (data terlampir), bahwa kerusakan yang sering terjadi adalah pada feeding transformer dan komponen elektronik. Hal ini Jelas mempunyai hubungan yang erat dengan kenaikan daya dan tegangan.

C. Sistem Pengoperasian Dan Pengaturannya

Pada runway ini pengoperasian dan pengontrolannya dikendalikan oleh saklar pilih atau biasa disebut selector switch yang terbagi atas dua bagian yaitu :

- 1) Lokal kontrol ialah peralatan kontrol dioperasikan pada alat itu sendiri.
- 2) Remote kontrol ialah dilakukan dari Jarak Jauh oleh petugas lalu lintas udara dari menara pengawas.

Dalam kondisi yang normal sistem pengoperasian dan pengontrolannya dioperasikan secara remote kontrol oleh petugas lalu lintas udara. Sedangkan untuk pengoperasian secara lokal akan dilakukan jika dalam hal-hal sebagai berikut :

- a. Bilamana sistem remote kontrol mengalami gangguan.
- b. Untuk service (perawatan) dan perbaikan.,

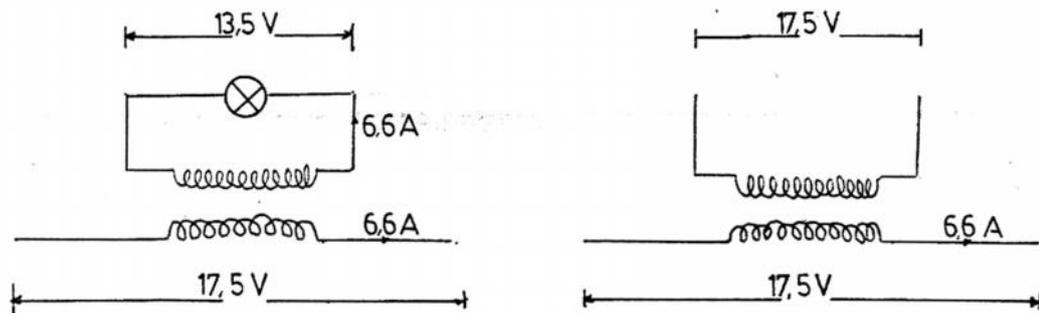
Perlu digaris bawahi bahwa pada saat pengoperasian lokal kontrol maka wewenang tetap pada pengawas lalu lintas udara atau dengan kata lain untuk pemilihan step-step intensitas yang ada, pengawas lalu lintas udara yang akan memberikan komando untuk pemilihan dengan step-step intensitas karena yang berhubungan komunikasi langsung dengan penerbang adalah petugas lalu lintas udara. Oleh karena itu pengoperasian CCR itu adalah .wewenang dari petugas lalu lintas udara dalam sistem pengoperasian atau pengontrolan penerbangan.

D. Menghitung Kapasitas Beban Terpasang

Runway Light di Bandar Udara hasanuddin terbagi ke dalam 2 rangkaian beban, setiap rangkaian terdiri dari 59 titik beban.

Beban catu daya runway light berupa kombinasi antara beban induktif dan reaktif, pada setiap titik beban terdapat sebuah (isolating transformer) dan sebuah lampu. Lampu runway light" di Bandara Hasanuddin mempunyai spesifikasi 100 watt/6,6 ampere.

Pada pengukuran secara langsung di lapangan pada titik-titik beban runway light di bandara Hasanuddin, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:



Gambar 4.2 Hasil pengukuran pada isolating transformer

Tegangan keluaran isolating transformer pada saat lampu terpasang adalah 13,5 volt, sedangkan arus yang melalui lampu dan kabel primer adalah 6,6 ampere, tegangan pada sisi primer adalah 17,5 volt,

Tegangan keluaran isolating transformer pada saat lampu dibuka (open circuit) adalah 17,5 volt atau arus yang melewati kabel primer 6,6 ampere. Dengan demikian drop tegangan pada isolating transformer adalah 17,5 volt.

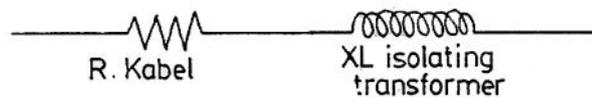
Beban runway light dapat dikatakan beban seragam karena karakteristik beban pada setiap titik beban adalah sama, pada pengukuran yang dilakukan secara acak juga didapatkan hasil pengukuran yang sama.

1. Perhitungan beban cara I

Bila dilihat dari keseluruhan beban runway light, masing-masing titik beban mempunyai jarak yang sama antara satu dengan yang lainnya yaitu 50 meter, dengan demikian perlu dihitung tahanan kabel pada jarak 60 meter.

Kabel yang digunakan jenis kabel FLYCY, yang mempunyai tahanan sebesar 2,97 ohm/km (dapat dilihat pada lampiran). pada jarak 60 meter tahanan kabel adalah $60/100 \times 2,97 \text{ ohm} = 0,1783 \Omega$.

Dengan mengelompokkan tiap satu titik beban terdiri dari tahanan dengan kabel sepanjang 60 meter dan satu buah isolating transformer, maka tiap titik beban dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.3 impedansi pada tiap titik beban

Diketahui arus yang mengalir pada kabel adalah 6,6 ampere, dengan demikian drop tegangan pada kabel dengan panjang 60 meter adalah :

$$6,6 \text{ ampere} \times 0,1782 = 1,17612 \text{ Volt}$$

Drop tegangan pada tiap titik beban adalah : $V = \sqrt{V_R^2 + V_{XL}^2}$

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_{XL}^2}$$

$$V = \sqrt{(V_{kabel})^2 + (V_{isolating transformer})^2}$$

$$V = \sqrt{(1,17612)^2 + (17,5)^2}$$

$$V = \sqrt{1,383 + 306,25}$$

$$V = 17,54 \text{ Volt}$$

$$V = 17,54 \text{ Volt}$$

Impedansi pada tiap titik beban adalah :

$$Z = \frac{V}{I}$$

$$Z = \frac{17,54}{6,6} = 2,657 \Omega$$

Tegangan kerja yang diperlukan oleh rangkaian beban terdiri dari 59 buah titik beban untuk arus 6,6 ampere adalah :

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= 17,54 \times 59 \\ &= 1035 \text{ volt.} \end{aligned}$$

2. Perhitungan beban cara II

Perhitungan beban cara II adalah dengan menghitung drop tegangan dari keseluruhan isolating transformer, setelah didapatkan kemudian dijumlahkan secara vektor dengan drop tegangan dari sepanjang kabel yang terpasang. Drop tegangan pada isolating transformer adalah 17,5 volt.

Drop tegangan pada 59 buah isolating transformer adalah :

$$\begin{aligned} V_{\text{transformer}} &= 17,5 \text{ volt} \times 59 \\ &= 1032,5 \text{ volt} \end{aligned}$$

Drop tegangan pada kabel adalah :

Panjang kabel : 3600 = 3,6 km

Tahanan kabel = 3,6 x 2,97 ohm = 10,7 ohm

Dengan demikian drop tegangan pada kabel :

$$\begin{aligned} V_{\text{kabel}} &= 6,6 \text{ A} \times 10,7 \text{ ohm} \\ &= 70,6 \text{ volt} \end{aligned}$$

Tegangan pada keseluruhan rangkaian adalah :

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= \sqrt{(V_{\text{isolating}})^2 + (V_{\text{kabel}})^2} \\ &= \sqrt{(1032,5)^2 + (70,6)^2} \\ &= \sqrt{1066056,3 + 4984} \\ &= \underline{1071040,3} \end{aligned}$$

$$= 1034,9 \text{ volt}$$

dibulatkan = 1035 volt

Impedansi beban keseluruhan adalah :

$$Z = \frac{V}{I}$$

$$Z = \frac{1035}{6,6} = 156,8 \Omega$$

E. Menghitung Besar Daya Untuk setiap Step

Dibandar udara Hasanuddin digunakan 5 tingkat Pencahayaan yaitu :

- 1) Pencahayaan tingkat 1 (step 1) : arus = 2,8 A
- 2) Pencahayaan tingkat 2 (step 2) : arus = 3,4 A
- 3) Pencahayaan tingkat 3 (step 3) : arus = 4,1 A
- 4) Pencahayaan tingkat 4 (step 4) : arus = 5,2 A
- 5) Pencahayaan tingkat 5 (step 5) : arus = 6,6 A

1. Pencahayaan tingkat 1 (step 1)

Besaran arus yang dibutuhkan untuk beban adalah 2,8 A (I sekunder = 2,8 A) impedansi beban keseluruhan adalah 156,8 ohm. Tegangan keluaran (Vsekunder) yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} V_s &= I \times Z \\ &= 2,8 \text{ A} \times 156,8 \text{ ohm} \\ &= 439 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Daya yang dibutuhkan untuk setiap step 1 adalah :

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

$$= 439 \text{ V} \times 2,8 \text{ A} \times 0,85$$

$$= 1044,82 \text{ watt}$$

2. Pencahayaan tingkat 2 (step 2)

$$\text{Arus beban (Is)} = 3,4 \text{ A}$$

$$\text{Impedansi beban} = 156,8 \text{ ohm}$$

Tegangan keluaran (Vs) :

$$V_s = I \times Z$$

$$= 3,4 \text{ A} \times 156,8 \text{ ohm}$$

$$= 533 \text{ Volt}$$

Daya yang dibutuhkan untuk setiap step 2 adalah :

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

$$= 533 \text{ V} \times 3,4 \text{ A} \times 0,85$$

$$= 1540,37 \text{ watt}$$

3. Pencahayaan tingkat 3 (step 3)

$$\text{Arus beban (Is)} = 4,1 \text{ A}$$

$$\text{Impedansi beban} = 156,8 \text{ ohm}$$

Tegangan keluaran (Vs) : . '

$$V_s = I \times Z$$

$$= 4,1 \text{ A} \times 156,8 \text{ ohm}$$

$$= 642,88 \text{ Volt}$$

Daya yang dibutuhkan untuk setiap step 3 adalah :

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

$$= 643 \text{ V} \times 4,1 \text{ A} \times 0,85$$

$$= 2240,855 \text{ watt}$$

4. Pencahayaan tingkat 4 (step 4)

$$\text{Arus beban (Is)} = 5,2 \text{ A}$$

$$\text{Impedansi beban} = 156,8 \text{ ohm}$$

Tegangan keluaran (Vs) :

$$\begin{aligned} V_s &= I \times Z \\ &= 5,2 \text{ A} \times 156,8 \text{ ohm} \\ &= 815,4 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Daya yang dibutuhkan untuk setiap step 4 adalah :

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \phi \\ &= 815,4 \text{ V} \times 5,2 \text{ A} \times 0,85 \\ &= 3604,1 \text{ watt} \end{aligned}$$

5. Pencahayaan tingkat 5 (step 5)

$$\text{Arus beban (Is)} = 6,6 \text{ A}$$

$$\text{Impedansi beban} = 156,8 \text{ ohm}$$

Tegangan keluaran (Vs) :

$$\begin{aligned} V_s &= I \times Z \\ &= 6,6 \text{ A} \times 156,8 \text{ ohm} \\ &= 1034,88 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Dibulatkan = 1034,9 Volt

Daya yang dibutuhkan untuk setiap step 5 adalah :

$$\begin{aligned} P &= V \times I \times \cos \phi \\ &= 1034,9 \text{ V} \times 6,6 \text{ A} \times 0,85 \end{aligned}$$

$$= 5805,8 \text{ watt}$$

F. Menghitung intensitas cahaya dan kuat penerangan

Rumus yang digunakan dalam perhitungan ini adalah : Intensitas cahaya

$$(I) = \phi/W \dots \dots \dots (3.1)$$

$$\text{Kuat penerangan (E)} = I/r^2 \dots \dots \dots (4.1)$$

Dimana :

ϕ = Fluks cahaya (lumen)

r = Jarak titik lampu Cm)

W = Steradian (4u)

(Lampu yang digunakan adalah berbentuk bola).

Lampu-lampu pada runway ditempatkan 3 meter dari runway strip. Dari data yang diperoleh jumlah lampu runway yang terdapat di bandar udara Hasanuddin sebanyak 82 buah lampu dan lampu yang digunakan adalah lampu pijar, 100 watt. Ukuran dan panjang runway adalah 2500 m x 45 m.

Jika lampu yang digunakan adalah lampu pijar 100 watt maka fluks cahaya yang dihasilkan untuk masing-masing step yaitu :

$$\text{Step 5} = 1380 \text{ lumen (pijar, 100 W)}$$

$$\text{Step 4} = 1090,2 \text{ lumen}$$

$$\text{Step 3} = 855,6 \text{ lumen}$$

$$\text{Step 2} = 717,6 \text{ lumen}$$

$$\text{step 1} = 579,6 \text{ lumen}$$

Sedangkan perhitungan kuat penerangan pada masing-masing step dari data diketahui :

1) Pada jarak maksimal 2 km = 2×10^3 m

Step 5 :

$$\begin{aligned} I &= \phi/W \\ &= 1380/4\pi \\ &= 1380/12,6 \\ &= 109,5 \text{ cd} \\ E &= I/r^2 \\ &= 109,5/(2 \cdot 10^3)^2 \\ &= 109,5/4 \cdot 10^5 \\ &= 27,4 \cdot 10^5 \text{ lux} \end{aligned}$$

Step 3 :

$$\begin{aligned} I &= \phi/W \\ &= 855,6/4\pi \\ &= 855,6/12,6 \\ &= 67,9 \text{ cd} \\ E &= I/r^2 \\ &= 67,9/(2 \cdot 10^3)^2 \\ &= 67,9/4 \cdot 10^5 \\ &= 17,0 \cdot 10^5 \text{ lux} \end{aligned}$$

Step 4 :

$$\begin{aligned} I &= \phi/W \\ &= 1090,2/4\pi \\ &= 1090,2/12,6 \\ &= 86,5 \text{ cd} \\ E &= I/r^2 \\ &= 86,5/(2 \cdot 10^3)^2 \\ &= 86,5/4 \cdot 10^5 \\ &= 21,6 \cdot 10^5 \text{ lux} \end{aligned}$$

Step 2 :

$$\begin{aligned} I &= \phi/W \\ &= 717,6/4\pi \\ &= 717,6/12,6 \\ &= 57,0 \text{ cd} \\ E &= I/r^2 \\ &= 57,0/(2 \cdot 10^3)^2 \\ &= 57,0/4 \cdot 10^5 \\ &= 14,3 \cdot 10^5 \text{ lux} \end{aligned}$$

Step 1 :

$$I = \phi/W$$

$$= 579,6/4\pi$$

$$= 579,6/12,6$$

$$= 46,0 \text{ cd}$$

$$E = I/r^2$$

$$= 46,0/(2 \cdot 10^3)^2$$

$$= 46,0/4 \cdot 10^5$$

$$= 11,5 \cdot 10^5 \text{ lux}$$

Hasil perhitungan selanjutnya ditabulasikan ke dalam tabel.

Tabel 4.1 Intensitas cahaya dan kuat penerangan pada runway

No	Step	Intensitas cahaya (I) (Candela)	Kuat Penerangan (E) (Lux)
1.	5	109,5	$27,4 \cdot 10^5$
2.	4	86,5	$21,6 \cdot 10^5$
3.	3	67,9	$17,0 \cdot 10^5$
4.	2	57,0	$14,3 \cdot 10^5$
5.	1	46,0	$11,5 \cdot 10^5$

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada runway light system adalah sebagai berikut :

2) Tinggi tiang lampu = 20 cm/100 watt

3) Panjang runway = 2500 m x 45 m

- 4) Jarak antar lampu = 60 m
- 5) Jarak lampu ke sisi runway = 3 meter
- 6) Jarak Lampu ke centre Line = 22.5 meter + 3 meter

G. Sistem rangkaian

Pada umumnya sistem pemasangan rangkaian yang digunakan di bandar udara terbagi atas dua yaitu :

- 1) Secara paralel
- 2) Secara seri

Sistem seri banyak digunakan di bandar udara karena sistem ini mempunyai keuntungan, yaitu intensitas cahaya di semua titik adalah sama, sedang kelemahannya adalah jika salah satu titik lampu putus maka sistem akan mati. Untuk mengandalkan sistem ini maka digunakan isolating transformer yang bertujuan untuk menjaga kontinuitas arus yang melewati rangkaian.

H. Perhitungan kapasitas pengaman

Pengaman yang digunakan di bandar udara Hasanuddin_ adalah pengaman lebur (fuse). Adapun besarnya pengaman tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

Besarnya daya total = 146,9 KW

Tegangan Sistem = 380 Volt

Cos ϕ = 0,85

Sehingga besar kapasitas pengaman utama yang digunakan adalah :

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_{LL} \times \cos \theta}$$

$$I_L = \frac{145,9 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 330 \times 0,85}$$

$$I_L = \frac{145,9 \times 10^3}{1,7 \times 380 \times 0,85}$$

$$I_L = 267,5 \text{ A}$$

Sehingga fuse, yang dipergunakan adalah 300 Ampere. Untuk mendapatkan kapasitas pengaman untuk panel cabang dapat digunakan persamaan berikut :

Dari persamaan diatas dapat dihitung besarnya pengaman untuk rangkaian cabang sebagai berikut :

- 1) Besarnya daya total untuk panel cabang $I = 20 \text{ KVA}$
- 2) $1 \text{ KVA} = 0,8 \text{ KW}$, $20 \text{ KVA} = 0,8 \times 20 = 16 \text{ KW}$
- 3) Tegangan sistem = 380 Volt
- 4) $\cos \phi = 0,85$

Sehingga didapatkan

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_{LL}}$$

$$I_L = \frac{20 \times 10^3}{1,7 \times 380}$$

$$I_L = 31,0 \text{ A}$$

Sehingga fuse yang dipergunakan adalah 32 Ampere. Untuk perhitungan-perhitungan pengaman untuk rangkaian cabang lain dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Kapasitas pengaman Lebur (fuse)

No.	Pelampuan	Daya (KW)	Kapasitas pengaman (ampere)	Pengaman yang di- pilih (A)
1.	RUNWAY 1	146,9	267,5	300
2.	RUNWAY 2	16	31,0	32

I. Perhitungan rapat arus dan KHA

Rapat arus untuk kabel biasanya maksimum digunakan adalah 20 A/mm^2 . Adapun besar (luas penampang kabel) yang digunakan di bandar udara Hasanuddin adalah $1 \times 6 \text{ mm}^2$ dengan besar arus yang melewati rangkaian adalah 6,6 Ampere. Sehingga didapatkan rapat arus sebesar $1,1 \text{ A/mm}^2$. Rapat arus yang kecil ini memungkinkan penghantar dibebani secara terus menerus.

Adapun besarnya KHA penghantar adalah :

$$\text{KHA} = 115 \% \times I_{\text{nominal}}$$

$$\text{KHA} = 1,15 \times 6,6$$

$$\text{KHA} = 7,59 \text{ Ampere}$$

Menurut PUIL 2000 KHA penghantar yang berukuran 6 mm^2 adalah maksimum sebesar 74 Ampere, (ayat 710-5A).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan uraian-uraian yang telah dibahas sebelumnya maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Prinsip kerja dari rangkaian adalah, Brightness set mengalirkan arus ke controller dan dijadikan trigger untuk sudut penyalan SCR dengan melewati inverting circuit, apabila arus beban konstan, besaran tegangan yang diterima oleh inverting circuit hasil induksi sensing transformer juga konstan dan trigger untuk sudut penyalan SCR akan konstan sehingga arus tetap 6,6 Ampere.
- 2) Untuk intensitas cahaya dan kuat penerangan pada setiap step adalah :
Step pertama $I = 46,0$ cd dan $E = 11,5 \cdot 10^5$ lux
Step kedua $I = 57,0$ cd dan $E = 14,3 \cdot 10^5$ lux
Step ketiga $I = 67,9$ cd dan $E = 17,0 \cdot 10^5$ lux
Step keempat $I = 86,5$ cd dan $E = 21,6 \cdot 10^5$ lux
Step kelima $I = 109,5$ cd dan $E = 27,4 \cdot 10^5$ lux
- 3) Untuk daya lampu pada setiap step adalah :
Step pertama adalah 1044,82 watt
Step kedua adalah 1540,37 watt
Step ketiga adalah 2240,855 watt
Step keempat adalah 3604,1 watt
Step kelima adalah 5805,8 watt

3. **Saran**

Dari hasil tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan mungkin untuk dilakukan pengembangan lebih lanjut, seperti halnya, yaitu:

- 1) Bila terjadi kegagalan pada catu daya runway light, agar segera digantikan dengan catu daya cadangan, supaya kelancaran operasional dan keselamatan penerbangan tidak terganggu.
- 2) Untuk lebih menjamin kelancaran operasional, perlu pengadaan CCR baru, karena CCR yang ada sekarang sudah cukup tua dan susah untuk mendapatkan suku cadang untuk perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Charles Anderson JV, Alternating Current Meant Surment. Prentishoce HLL INC, New Jersey, 2011.
- Daman Nuri, Instalasi Listrik. TEDC, Bandung, 2014.
- Muhaimin, Instalasi Listrik, Pusat Pengembangan ITB Bandung., 2014.
- Harten, Van., Setiawan, P, E, Ir., Instalasi Listrik Arus Kuat I, II, III, Bina Cipta, Bandung, 2013.
- Hutauruk, T.S. 2013. Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan. Jakarta: Erlangga.
- International Standars and Recommended Practices Aerodromes, Annex 14. Sixth Edition, September 2011.
- LIPI, Peraturan Umum Instalasi Listrik. Indonesia 2012.
- Yon Pijoyono, Drs., Dasar Teknik Listrik, Andi, Yogyakarta, 2013.
- Pabla, A, S., Abdul Hadi, Ir., Sistem Distribusi Daya Listrik, Erlangga, Bandung, 2013.
- Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000, cetakan kedua, Yayasan PUIL, Jakarta 2002
- Zuhal, Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, ITB, Bandung, 1991.