

PERENCANAAN PERUBAHAN KONFIGURASI *PRECISION APPROACH LIGHTING SYSTEM (PALS) CATEGORY I LIMITED* MENJADI *MEDIUM APPROACH LIGHTING SYSTEM (MALS)* DI BANDAR UDARA HUSEIN SASTRANEGARA – BANDUNG

Destisari Amalia⁽¹⁾, Hendro Widiarto⁽²⁾, Asep Samanhudi,⁽³⁾

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang.

Abstrak: Perencanaan perubahan konfigurasi *Medium Approach lighting System* dimaksudkan sebagai pengganti konfigurasi lampu *approach PALS CAT I LIMITED* yang ada di Bandara Husein Sastranegara untuk mematuhi aturan yang ditetapkan oleh Organisasi Penerbangan Sipil Internasional (ICAO) dengan memperhatikan visibilitas di area bandara, *Runway Visual Range (RVR)*, factor cuaca di sekitar bandara, jam operasional (ada atau tidak adanya penerbangan malam di bandara), tidak adanya fasilitas *Instrument Landing System (ILS)*, tata letak bandara, dan kepadatan lalu lintas penerbangan, melalui Lampiran 14 Edisi 5, Desain dan Operasi Aerodrome, Manual Standar Teknis dan Operasional untuk Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil - Bagian 139 (Manual CASR Standar - Bagian 139) Volume 1 Aerodrome di KP 262 2017, dan SKEP / 114 / VI / 2002 tentang Gambar Instalasi AFL Standar. Konfigurasi ini terdiri dari konfigurasi system pencahayaan *Medium Approach lighting System*, instalasi MALS, rangkaian seri kabel, dan kapasitas CCR pada kondisi MALS.

Kata Kunci: *Approach, Panduan, Konfigurasi*

Abstract: *The Planning Of Configuration Changing Of Medium Approach Lighting System Is Intended As A Substitute For The Existing PALS CAT I LIMITED Approach Light Configuration At Husein Sastranegara Airport In Order To Comply With The Rules Set By The International Civil Aviation Organization (ICAO) By Paying Attention To The Visibility In The Airport Area, Runway Visual Range (RVR), Weather Factors Around The Airport, Operating Hours (The Presence Or Absence Of Night Flights At An Airport), The Absence Of Instrument Landing System (ILS) Facilities, Airport Layouts, And Flight Traffic Density, Through Annex 14 5th Edition , Aerodrome Design And Operations, Technical And Operational Standard Manual For Civil Aviation Safety Regulations - Section 139 (Manual Of Standard CASR - PART 139) Volume 1 Aerodrome At KP 262 2017, And SKEP / 114 / VI / 2002 Concerning Standard AFL Installation Pictures. This Plan Consists Of A Medium Approach Lighting System Configuration, MALS Installation, Cable Series Circuit And CCR Capacity Under MALS Conditions.*

Keyword: *Approach, Guidance, Configuration*

Pendahuluan

Pada saat ini penyediaan infrastruktur *runway* di Bandar Udara Husein Sastranegara terdiri dari *runway* 11 dan *runway* 29 dengan dimensi panjang dan lebar 2.220 m x 45 m. Pada *runway* 29 dipasang Airfield Lighting System sebagai alat bantu pendaratan visual terutama pada *approach light*. Tetapi pada kondisi saat ini *approach light* yang terpasang pada *runway* 29 masuk dalam kategori PALS CAT I LIMITED yang hanya sejumlah 15 bar, sedangkan menurut standarisasi aturan yang ditetapkan oleh Badan Penyelenggara Penerbangan, International Civil Aviation Organization (ICAO) category PALS CAT I LIMITED tidak tertera dalam aturan yang berlaku. Pada kategori PALS CAT I seharusnya terpasang lampu *approach* sejumlah 30 bar. Pada kondisi saat ini yang terjadi pada bandar udara Husein Sastranegara tidak adanya cukup lahan untuk mengaplikasikan standar aturan pada kategori PALS CAT I sesuai yang ditetapkan oleh International Civil Aviation Organization (ICAO) yaitu jumlah bar yang sesuai sejumlah 30 bar.

Maksud penulisan tugas akhir ini adalah: Melakukan perubahan konfigurasi *approach light* yang tepat dan sesuai dengan kondisi yang ada saat ini dan melakukan pemenuhan standar aturan terkait *approach light* yang sesuai dengan ketentuan Badan Penyelenggara Penerbangan, International Civil Aviation Organization (ICAO) pada bandar udara Husein Sastranegara – Bandung. Dengan tujuan Pemenuhan standar

aturan pada *approach light* sesuai ketentuan ICAO di bandar udara Husein Sastranegara – Bandung, peningkatan ALS berdasarkan standar aturan yang berlaku pada *approach light* di bandar udara Husein Sastranegara – Bandung.

Metode

Penulis menggunakan beberapa metode sebagai berikut:

1. Metode Deskriptif
Metode ini menggambarkan kejadian sesungguhnya di lapangan, merumuskan masalah, merumuskan kesimpulan serta menyusun laporan penelitian.
2. Metode Observasi
Metode observasi adalah pengumpulan data yang dilakukan melalui pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap gejala, fenomena yang sedang diselidiki.
3. Studi Pustaka
Mengumpulkan data dari buku-buku ilmiah, peraturan-peraturan, ketentuan-ketentuan yang berlaku dan sumber-sumber tertulis baik tercetak maupun elektronik lain.

Metode Pengumpulan Data

Dalam rangka pembuatan tugas akhir ini penulis menggunakan beberapa teknik pengumpulan data sebagai berikut:

1. Pengamatan secara langsung di lapangan.
Pengamatan dan pengumpulan data dilakukan pada saat pelaksanaan *On The Job Training* di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung.
2. Pengumpulan Data Spesifikasi *Approach light* yang ada di Bandar

Udara Husein Sastranegara Bandung.

3. Pengumpulan Data Spesifikasi CCR untuk *Approach light* di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung.
4. Perhitungan Kapasitas CCR dan panjang kabel yang digunakan.
5. Wawancara

Penulis mendapatkan data yang akurat secara lisan dari beberapa ahli di lapangan yang terkait langsung dengan penelitian ini.

Diskusi

1. *Medium Approach lighting System* (MALS)

Berdasarkan standar aturan (*referensi*).

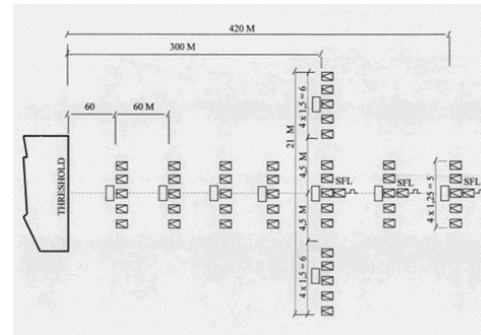
Referensi yang digunakan pada penulisan tugas akhir ini yaitu:

- Annex 14 Volume I, 5th Edition, Aerodrome Design and Operations.
- KP 262 tahun 2017 tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan bagian 139 (MOS – *Manual of Standard CASR part 139*) Volume I Bandar Udara.
- KP 2 tahun 2013 tentang Kriteria Penempatan Peralatan dan Utilitas Bandar Udara
- SKEP 114/VI/2002 tentang Standar Gambar Instalasi Penerangan Bandar Udara (*Airfield Lighting System*).

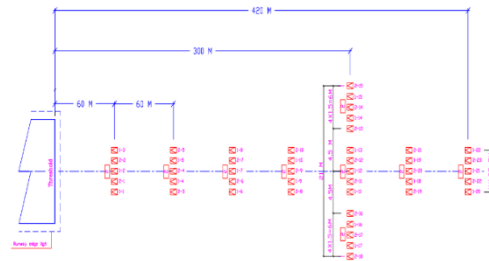
Karakteristik *Medium Approach lighting System* (MALS)

Sebuah garis cahaya pada perpanjangan landas pacu (*runway*) terdiri 45 (empat puluh lima) unit lampu, dimana memungkinkan berjarak 420 meter dari ambang landas pacu (*threshold*) dengan sebuah garis cahaya

melintang (*crossbar*) sepanjang 21 meter pada jarak 300 meter dari ambang landasan (*threshold*). Pada setiap bar lampu MALS memiliki jarak antar bar yaitu 60 meter



Gambar 1. Konfigurasi MALS (KP 2 Tahun 2013)



Gambar 2. Konfigurasi MALS (SKEP 114 Tahun 2002)

MALS (*Medium Approach lighting System*) menurut KP 262 Tahun 2017 Tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (*MOS – Manual of Standard CASR Part 139*) Volume I Bandar Udara (*Aerodrome*) antara lain:

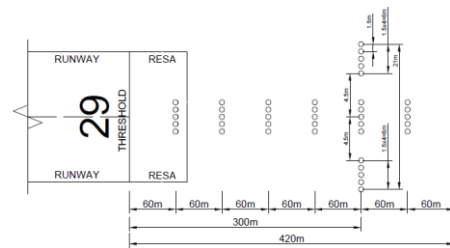
- a. *Medium Approach lighting System* (MALS) digunakan jika *precision approach* tidak ada atau dibenarkan. Sistem penerangan *runway* akan menggunakan jenis intensitas menengah.

- b. *Medium Approach lighting System (MALS)* harus terdiri dari batang-batang lampu pada 60 m garis tengah yang memanjang ke luar sejauh 420 m dari *threshold*.
- c. Susunan *MALS* harus terdiri dari konfigurasi lampu yang menyala dengan tetap (*steady burning light*) yang disusun secara simetris dan di sepanjang perpanjangan garis tengah *runway*.
- d. *Medium Approach lighting System (MALS)* berawal sekitar 60 m dari *runway threshold* dan berakhir 420 m dari *threshold*.
- e. Jika memungkinkan, dapat dipasang *condenser discharge light* di tiga batang (*bar*) luar.
- f. Lampu *crossbar* harus diberi jarak 1,5 m tiap lampu untuk menghasilkan efek linier.
- g. Jika digunakan *crossbar* berukuran 21 m, maka rentangnya (*gap*) berada di masing – masing sisi garis tengah. Rentang (*gap*) ini harus dibuat minimum untuk memenuhi persyaratan lokal dan tidak boleh lebih dari 6 m.
- h. *Medium Approach lighting System (MALS)* harus terdiri dari sebaris lampu di garis tengah *runway* yang memanjang, dan sebisa mungkin melebihi jarak yang tidak kurang dari 420 m dari *threshold* dengan sebaris lampu yang membentuk *crossbar* sepanjang 21 m.

Berdasarkan gambar desain *Medium Approach lighting System (MALS)*

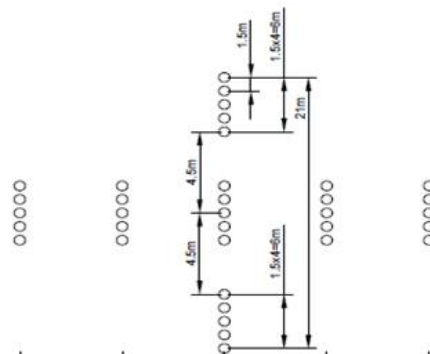
Berdasarkan gambar desain *Medium Approach lighting System (MALS)* pada *runway 29* di Bandar

Udara Husein Sastranegara – Bandung dijelaskan sebagai berikut:



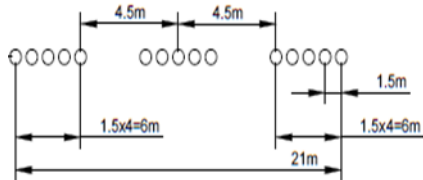
Gambar 3. Layout *Medium Approach Lighting System (MALS)*

- a. Pada gambar desain *MALS* tersebut bahwa lampu dipasang pada sisi *approach*. Lampu yang dipasang sejumlah 7 bar dengan jarak masing – masing antar bar adalah sejauh 60 m. Total jarak lampu yang dipasang pada desain gambar *MALS* adalah 420 m.
- b. Pada tiap bar lampu yang terpasang sebanyak 5 unit lampu kecuali pada bar yang terpasang *crossbar* pada jarak 300 m dari *threshold*.
- c. Warna pada semua unit lampu yang digunakan pada lampu *approach* yaitu berwarna putih (*clear*). Untuk jarak antar unit lampu pada satu bar *approach light* adalah 1,5 m seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. Jarak (*gap*) antar unit lampu pada tiap bar *approach light*

d. Pada gambar desain *Medium Approach lighting System (MALS)* dipasang crossbar yang terletak pada bar 3. Pada bar 3 tersebut dipasang 10 unit lampu yang berwarna putih (*clear*). Jarak antar masing – masing lampu pada tiap bar nya adalah 1,5 m.

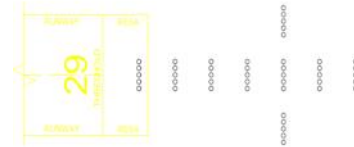


Gambar 5. Jarak (gap) antar unit lampu crossbar pada tiap bar

- e. Tipe lampu yang dipasang pada seluruh unit lampu *approach* merupakan tipe *unidirectional* dan dipasang secara *elevated* dari bar 1 sampai bar 7.
- f. Pengaturan sudut elevasi lampu pada tiap – tiap bar sesuai dengan SKEP 114/VI/2002 tentang Standar Gambar Instalasi Penerangan Bandar Udara (*Airfield Lighting System*) adalah sebagai berikut:
- 1) Bar 1 – bar 2 : 6°
 - 2) Bar 3 – bar 7 : $5,5^\circ$

Pemasangan *approach light* disesuaikan dengan sudut elevasi lampu yang telah ditetapkan, sudut elevasi lampu dari jarak terjauh 420 m sampai dengan 360 m yaitu dari bar 1 sampai bar 2 harus memiliki sudut elevasi lampu kurang lebih yaitu 6° dan kemudian untuk lampu yang ditempatkan pada jarak 300 m sampai dengan 60 m memiliki sudut elevasi lampu yaitu $5,5^\circ$.

300 m Crossbars Elevated Setting Angle 5.5°							Barrette No.
7	6	5	4	3	2	1	Distance from Threshold
60	120	180	240	300	360	420	ϕ APH
5.5°	5.5°	5.5°	5.5°	5.5°	6°	6°	Type (E = Elevated I = Inset)
E	E	E	E	E	E	E	



Gambar 6. Sudut elevasi lampu dan penentuan jenis lampu *approach*

Untuk penentuan tinggi tiang *approach* sesuai dengan sudut elevasi lampu yang telah ditentukan yaitu dengan memperhatikan kondisi permukaan tanah dimana tiang *approach* itu akan dipasang, lalu menggunakan *theodolite* guna menyesuaikan tinggi tiang *approach* pertama dengan permukaan tanah awal sampai tinggi tiang *approach* terakhir lalu diatur sudut elevasi lampu pada *approach light* yang akan dipasang.

2. Instalasi *Medium Approach lighting System (MALS)*

a. Persyaratan Utama

Lampu *approach* harus merupakan lampu yang dirancang agar menghasilkan distribusi cahaya *unidirectional* dengan intensitas cahaya yang sesuai dan memancarkan cahaya berwarna putih (*clear*). Lampu *approach* ini harus dapat dipasang dengan sumber daya dari sirkuit yang dipasang secara seri 6,6 A seperti yang telah digunakan pada *armature* yang menggunakan lampu jenis halogen atau *incandescent*. Lampu tersebut harus

langsung mendapat suplai dari *isolating series transformer*.

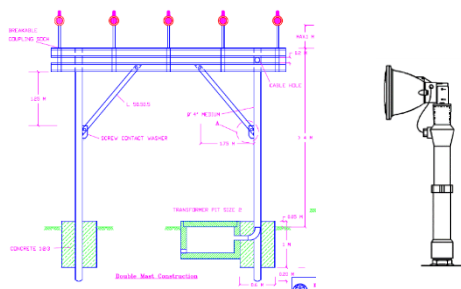
b. Persyaratan Fotometri

Unit lampu *approach* harus dirancang agar menghasilkan cahaya yang bersifat *unidirectional*. Variasi keluaran cahaya yang sesuai dengan arus input harus seperti keluaran cahaya yang dihasilkan oleh lampu halogen. Untuk arus input diatas 6,6 A maka keluaan cahaya harus tetap stabil seperti ketika berada pada arus inpu 6,6 A.

Lampu *medium approach* harus memiliki intensitas cahaya yang telah ditetapkan oleh KP 262 tahun 2017 tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan bagian 139 (MOS – *Manual of Standard CASR part 139*) Volume I Bandar Udara yaitu dengan intensitas cahaya yang sesuai dengan minimum *average* intensitas efektif yaitu 20.000 *candela* (cd) dan 5.000 *candela* (cd) untuk lampu *crossbar*.

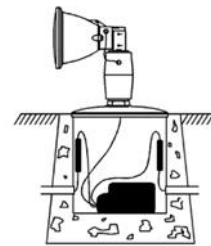
c. Persyaratan Pemasangan

1) Pemasangan untuk tipe lampu *approach elevated* maka digunakan tiang *single mast* dan *double mast* dalam instalasinya seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 7. Tiang *single mast* dan *double mast* lampu *approach elevated*

2) Untuk *isolating transformer* harus ditempatkan pada *pit transformer* yang berada diluar bidang landasan (*runway*) yang diperkeras atau jika diluar daerah perkerasan maka ditempatkan sedekat mungkin dengan lampu *approach*. Ukuran dan model *pit transformer* dapat disesuaikan sesuai dengan jumlah *isolating transformer* yang akan ditempatkan pada *pit transformer*. Ukuran dan model *pit transformer* yang digunakan adalah size 2 dan size 3.



Gambar 8. Pit *transformator* lampu *approach*

d. Langkah – Langkah Pemasangan Lampu

1) Lampu *approach* tipe *elevated*

a) Jumlah seluruh unit lampu *approach* tipe *elevated* yaitu 45 unit dan sudah termasuk 10 unit lampu *crossbar* dengan pancaran cahaya putih (*clear*).

b) Lokasi untuk pemasangan lampu *approach* menggunakan lokasi eksisting sehingga tidak diperlukan pengecoran ulang atau pemilihan lokasi kembali.

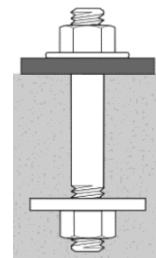
c) Cabut tiang *mast* lampu *approach* tipe *elevated* yang berada pada jarak 30 m dari *threshold* dan setiap bar lampu *approach* yang berjarak 30 m dari *threshold*.

- d) Untuk jalur kabel sekunder menggunakan jalur penggalian kabel eksisting sehingga tidak perlu melakukan penggalian ulang.
- e) Penggunaan bak (*pit*) *transformer* masih menggunakan *pit transformer* size 2 yang berada di posisi belakang lampu *approach*.
- f) *Isolating transformer* diletakkan pada *pit transformer* yang telah ditentukan. Tarik kabel primer yang bersumber dari CCR kemudian hubungkan dengan *isolating transformer*. Tiap ujung kabel primer disambungkan pada *isolating transformer* dipasang *connector kit*.
- g) Dari *isolating transformer* yang telah dihubungkan dari CCR, tarik kabel primer menuju *isolating transformer* berikutnya sesuai dengan sirkuit yang telah ditentukan dan begitu selanjutnya hingga lampu *approach* terakhir kabel primer disambungkan kembali pada kabel yang menuju CCR.
- h) Untuk *isolating transformer* pada sisi sekunder, tariklah kabel sekunder yang pada tiap ujung kabel sekunder dipasang *connector kit*.
- i) Pada jarak 60 m dari *threshold* pasanglah *armature* lampu *approach* pada tiang lampu *mast*.
- j) Pada *armature* lampu *approach*, tariklah kabel sekunder dan pasanglah *connector kit* pada ujung kabelnya.
- k) Buka *armature* lampu yang akan dipasang lampu *approach*.
- l) Pasang lampu pada masing-masing *armature* lampu *approach*.
- m) Pasang kabel *ground* pada *body armature* lampu *approach*.
- n) Lalu tutup kembali *armature* lampu *approach*.
- o) Untuk *armature* yang telah dipasang lampu *approach*, pasanglah *armature* tersebut pada tiang *mast* yang telah ditentukan tingginya.
- p) Pasang *base plate* pada area yang akan dipasang tiang *mast*.
- q) Posisikan tiang *mast* yang telah dipasang *armature* lampu *approach* pada posisi yang telah ditentukan tingginya dan pasanglah *breakable coupling* untuk lampu *approach* dari bar 1 sampai bar 7 serta pada lampu *crossbar* yang berjarak 300 m dari *threshold* yaitu pada bar 3.



Gambar 9. *Breakable Coupling*

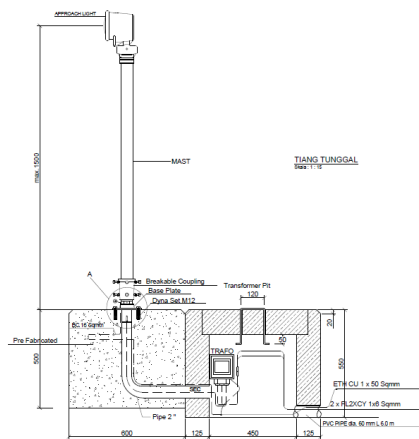
- r) Kuatkan sambungan *base plate* dengan area perkerasan untuk lamp *approach* dengan menggunakan *anchor rods*.



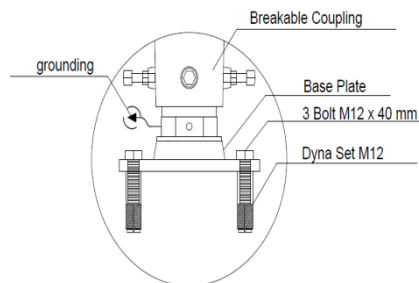
Gambar 10. *Anchor rods* pada *base plate*

- s) Pemasangan *armature* lampu untuk *approach* harus mengikuti sudut *elevasi* pemasangan lampu *approach* yang telah ditentukan pada tabel 4.3 pada *runway 29*.
- t) Sambunglah *connector kit* dari kabel sekunder pada lampu dengan *connector kit* pada kabel sekunder yang ditarik dari *isolating transformer*.

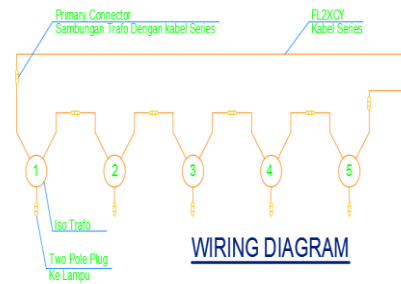
Pemasangan lampu *approach* tipe *elevated* digambarkan pada gambar dibawah ini yang sesuai dengan ketentuan yang tercantum pada SKEP 114/VI/2002 tentang Standar Gambar Instalasi Penerangan Bandar Udara (*Airfield Lighting System*)



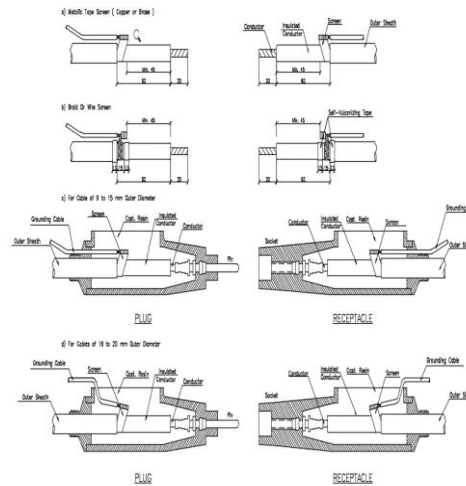
Gambar 11. Instalasi pemasangan *elevated approach light single mast*



Gambar 12. Instalasi *breakable coupling* pada *approach light*



Gambar 13. *Wiring diagram* pada *approach light*



Gambar 14. Sambungan *connector kit* antar masing-masing kabel

3. Lampu *Medium Approach lighting System* (MALS)

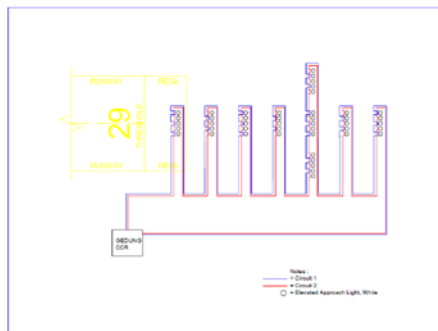
Lampu *approach* yang akan digunakan untuk pemasangan konfigurasi *medium approach lighting system* (MALS) masih menggunakan lampu *approach* eksisting dikarenakan kondisi lampu *approach* yang masih dalam kondisi bagus dan untuk efisiensi biaya pemasangan lampu *approach*. Lampu *approach* yang akan dipasang yaitu sejumlah 45 unit lampu dengan 10 lampu *crossbar* dalam konfigurasinya. Untuk lampu *approach* pada kondisi eksisting menggunakan lampu jenis PK 30d dengan tipe lampu

IDM 2982 buatan Thorn IDMAN sesuai dengan data spesifikasi lampu *approach* pada tabel 4.1. Lampu *approach* eksisting memiliki daya 150 W dan memiliki intensitas cahaya yang sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh KP 262 tahun 2017 tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan bagian 139 (MOS – Manual of Standard CASR part 139) Volume I Bandar Udara yaitu *minimum average* intensitas efektif sebesar 20.000 *candela* (cd).



Gambar 15. Konstruksi lampu *approach*

4. Sirkuit *Cable Series Medium Approach Lighting System* (MALS)



Gambar 16. Sirkuit *cable series*

Gambar ini mengacu pada aturan yang ditetapkan dalam *Aerodrome Design Manual doc 9157 part 5* tentang *Electrical System* dan pada SKEP

114/VI/2002 tentang Standar Gambar Instalasi Penerangan Bandar Udara (*Airfield Lighting System*).

Pada pola konfigurasi tersebut, persentase lampu yang tidak digunakan atau rusak harus diatur sehingga tidak mengganggu pola dasar dari konfigurasi sistem penerangan lampu *approach*. Selain itu, lampu yang rusak tidak boleh bersebelahan dengan lampu rusak lainnya, kecuali jika pada *crossbar* dimana diperbolehkan ada dua lampu rusak yang bersebelahan.

Pada lampu *crossbar*, sirkuit diatur agar tidak semua lampu *crossbar* padam jika salah satu sirkuit mengalami kerusakan.

Sirkuit pada gambar 16 merupakan sirkuit *interleaved*, yang berarti lampu pada tiap barnya dibuat selang – seling antara sirkuit 1 dan sirkuit 2 sesuai dengan *Aerodrome Design Manual doc 9157 part 5*.

5. Kabel *Medium Approach Lighting System* (MALS)

Penggunaan kabel yang dibutuhkan untuk instalasi perencanaan perubahan konfigurasi menjadi *medium approach lighting system* (MALS) menggunakan kabel tipe SUPREME cable jenis FL2XCY 6 kV size 1 X 6 mm² dan didapatkan dari cara pengukuran kabel sesuai dengan kondisi eksisting yaitu:

1. Jarak kabel dari CCR ke approach pada bar 7 = 2.200 m x 2 = 4.400 m
 2. Jarak kabel dari approach bar 1 ke CCR = 2.620 m x 2 = 5.240 m
 3. Jarak antar bar lampu approach = 100 m x 2 x 6 = 1.200 m
- Total penggunaan kabel jenis FL2XCY yang dibutuhkan pada instalasi *medium*

approach lighting system (MALS) adalah sebesar 10.840 m.

6. Kapasitas CCR

Untuk menentukan kapasitas CCR diperlukan perhitungan beban – beban terlebih dahulu, berikut adalah perhitungan kapasitas CCR yang akan digunakan untuk perencanaan perubahan konfigurasi menjadi *medium approach lighting system* (MALS):

No	Nama	Keterangan
1	Jumlah lampu approach dan crossbar	45 lampu
2	Kapasitas lampu approach light	150 W
3	Isolating trafo untuk approach light	150 W
4	Panjang kabel FL2XCY yang dibutuhkan	10.840 m
5	Ukuran kabel FL2XCY yang dibutuhkan	8 AWG ²
6	Panjang kabel sekunder yang dibutuhkan	186 m
7	Ukuran kabel sekunder yang dibutuhkan	12 AWG
8	Efficiency	80 %

1. Perhitungan beban

a. Lampu pada circuit 1 = 22. unit lampu x 150 W
= 3.300 W

b. Lampu pada circuit 2 = 23. unit lampu x 150 W
= 3.450 W

Total = 6.750 W

$$\begin{aligned} \text{Hambatan Kabel (R)} &= \rho \frac{L}{A} \\ &= 0,0176 \Omega \text{ mm}^2/\text{m} \frac{10.840 \text{ m}}{6 \text{ mm}^2} \\ &= 31,797 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Dimana :

R = Hambatan (ohm)

ρ = Hambatan jenis (Cu : 0,0176 Ω mm²/m)

L = Panjang kabel (m)

A = Luas penampang kabel (mm²)

$$\begin{aligned} \text{Rugi Daya (P)} &= I^2 \times R \\ &= 6,6^2 \text{ A} \times 31,797 \text{ ohm} \\ &= 1.385,077 \text{ W} \end{aligned}$$

Dimana :

I = Arus (A)

R = Hambatan (ohm)

$$\begin{aligned} \text{c. Total daya} &= \text{Total beban} + \text{Rugi Daya} \\ &= 6.750 \text{ W} + 1.385,077 \text{ W} \\ &= 8135,077 \text{ W} \\ &\approx 8 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Kapasitas CCR} &= \frac{100 \%}{80 \%} \times \text{Total Daya} \\ &= \frac{100 \%}{80 \%} \times 8 \text{ kW} \\ &= 10 \text{ kW} \end{aligned}$$

100 % = Efisiensi CCR ideal yang berarti semua daya yang diberikan pada CCR tanpa adanya rugi daya
80 % = Maksimal beban CCR. Saat CCR full beban, efisiensi CCR 80%

Untuk merubah menjadi kVA dikalikan dengan $\cos \phi$ yaitu 0,8. Dari penjelasan diatas didapat hasil sebagai berikut:

Kapasitas CCR yang dibutuhkan = $10 \text{ kW} \times \cos \phi = 10 \text{ kW} \times 0,8 = 8 \text{ kVA}$

Berdasarkan perhitungan kapasitas CCR diatas didapatkan kapasitas CCR yang diperlukan yaitu CCR berkapasitas **8 kVA**.

Berdasarkan kapasitas CCR yang tersedia di lapangan biasanya terdapat CCR berkapasitas 2,5 kVA ; 5 kVA ; 7,5 kVA ; 10 kVA ; 15 kVA ; 25 kVA dan 30 kVA, maka kapasitas CCR yang akan digunakan yaitu 10 kVA untuk 2 *circuit* yang berarti untuk masing – masing *circuit* menggunakan CCR berkapasitas 5 kVA untuk konfigurasi MALS.

Pada pemakaian CCR eksisting menggunakan CCR berkapasitas 15 kVA / *circuit* dan untuk pemakaian CCR pada perencanaan perubahan konfigurasi MALS masih menggunakan CCR yang tersedia di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung dikarenakan CCR yang tersedia masih dalam kondisi yang baik dan masih bisa untuk mensuplai daya yang digunakan pada konfigurasi MALS, sehingga untuk 1 *circuit* pada konfigurasi MALS menggunakan CCR berkapasitas 15 kVA yang tersedia. Jumlah CCR yang dibutuhkan adalah 2 CCR untuk lampu *approach* 2 *circuit*.

Kesimpulan

Kesimpulan yang telah diuraikan terkait perencanaan perubahan konfigurasi *Precision Approach Lighting System* (PALS) *Category I Limited* menjadi *Medium Approach*

Lighting System (MALS) di Bandar Udara Husein Sastranegara – Bandung yaitu:

1. Perubahan konfigurasi pada lampu *approach* PALS CAT I *Limited* pada *runway* 29 meliputi :
 - a. Pencabutan setiap bar unit lampu *approach* PALS CAT I *Limited* yang berada pada jarak 30 m dari *threshold*.
 - b. Pengurangan lampu *approach* menjadi 45 unit dari jumlah lampu eksisting 101 unit lampu termasuk lampu *crossbar*.
 - c. Pemindahan *crossbar* pada jarak 300 m dari *threshold* yang sebelumnya berada pada jarak 330 m dari *threshold* dikarenakan pada tahun 2005 kondisi lampu *approach* hanya sejumlah 14 bar dan tidak memiliki RESA (*Runway End Safety Area*), sehingga ketika dibuat RESA panjang *runway* berkurang dari 2.250 m menjadi 2.220 m dan dilakukan penambahan lampu *approach* pada bar 15 yang dulunya adalah bar 14 menjadi *approach* light sejumlah 15 bar dan penempatan *crossbar* yang semula berada pada jarak 300 m maju menjadi 330 m dan akan dipindahkan menjadi 300 m kembali.
 - d. Lampu *approach* ditempatkan merentang dari *threshold* *threshold* sepanjang 420 m dan jarak antar lampu *approach* tiap bar lampu *medium approach light* yaitu 60 m.
2. Diperlukan adanya pergantian kabel FL2XCY sesuai perhitungan pada

pembahasan yaitu sejumlah 10.840 m.

3. Dengan adanya perubahan konfigurasi lampu *approach* serta adanya pengurangan jumlah lampu dari 101 unit lampu menjadi 45 unit lampu, untuk efisiensi tidak diperlukan penambahan / pengadaan CCR yang baru, sehingga masih menggunakan CCR berkapasitas 15 kVA yang tersedia di Bandar Udara Husein Sastranegara Bandung.
4. Perencanaan perubahan konfigurasi PALS CAT I LIMITED menjadi MALS ini dibuat berdasarkan standar aturan atau referensi yang ditetapkan oleh *International Civil Aviation Organization (ICAO)*.

Saran

Saran yang dapat disampaikan terkait perencanaan perubahan konfigurasi PALS CAT I LIMITED menjadi MALS ini adalah:

1. Perencanaan perubahan konfigurasi *approach light* harus mengacu pada standar aturan yang ditetapkan oleh ICAO sesuai dengan aturan pada Annex 14 Volume I, *5th Edition, Aerodrome Design and Operations*, KP 262 tahun 2017 tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan bagian 139 (MOS – *Manual of Standard CASR part 139*) Volume I Bandar Udara, KP 2 tahun 2013 tentang Kriteria Penempatan Peralatan dan Utilitas Bandar Udara, dan SKEP 114/VI/2002 tentang Standar Gambar Instalasi Penerangan Bandar Udara (*Airfield Lighting System*).
2. Melakukan observasi atau *survey* kondisi lapangan untuk dapat

menyesuaikan dan memastikan bahwa perencanaan perubahan konfigurasi *approach light* sesuai dengan kondisi sebenarnya dan dapat diterapkan pada kondisi Bandar Udara Husein Sastranegara – Bandung maupun bandara dengan kondisi lapangan serupa.

Daftar Pustaka

- Aerodrome Design Manual (Doc 9157) Part 5. Electrical System*
<http://www.ilmuterbang.com/>
<https://id.wikipedia.org>
huseinsastranegara-airport.co.id/
ICAO. *ANNEX 14, Volume I, 5th Edition. Aerodrome Design and Operations.*
- KP 2. *Kriteria Penempatan Peralatan dan Utilitas Bandar Udara.* (2013). Direktur Jenderal Perhubungan Udara.
- KP 262. *Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139.* (2017). Direktur Jenderal Perhubungan Udara.
- Peraturan Umum Instalasi Listrik.* (2011). 0225 SNI.
- Ramdhani, M. (2005). *Rangkaian Listrik.* Bandung.
- SKEP/114/VI. Standar Gambar Instalasi Sistem Penerangan Bandar Udara (Airfield Lighting System).* (2002). Direktur Jenderal Perhubungan Udara.