



Nurhedhi Desryyanto^{1*}
 Agik Wahyu
 Firmansyah²
 Sugeng Leonaldy³

RANCANGAN SISTEM KEANDALAN LAMPU PRECISION APPROACH PATH INDICATOR (PAPI) DI BANDAR UDARA HALIM PERDANAKUSUMA

Abstrak

Keselamatan penerbangan merupakan prioritas utama dalam dunia penerbangan. Sistem Precision Aprroach Path Indicator (PAPI) di Bandar Udara Halim Perdanakusuma yang saat ini terhubung dalam satu sirkuit dan disuplai dari satu Constant Current Regulator (CCR) memiliki risiko keamanan yang signifikan. Kerusakan pada kabel atau CCR dapat menyebabkan pemadaman total sistem PAPI sehingga dapat mengganggu operasional bandar udara, dan membahayakan keselamatan penerbangan. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dirancang desain sirkuit ganda yang terdiri dari dua sirkuit saling bersilangan dan dua CCR pada satu sisi PAPI. Desain ini mengacu pada PR 21 Tahun 2023 dan SKEP 114 Tahun 2002. Dalam perancangan ini menggunakan metode penelitian Research & Development (R&D) level 1 untuk menghasilkan rancangan, tetapi tidak dilanjutkan sampai membuat produk untuk mengujinya. Dari penulisan tugas akhir ini akan menghasilkan Detailed Engineering Design (DED), Rencana Kerja Syarat (RKS), dan Bill of Quantity (BOQ) dalam melakukan perencanaan untuk meningkatkan keandalan sistem pada Lampu PAPI di Bandar Udara Halim Perdanakusuma.

Kata Kunci: Precision Aprroach Path Indicator, Constant Current Regulator, Sirkuit ganda, Research & Development (R&D)

Abstract

Flight safety is a main priority in the world of aviation. The Precision Approach Path Indicator (PAPI) system at Halim Perdanakusuma Airport which is currently connected in one circuit and supplied from one Constant Current Regulator (CCR) has significant safety risks. Damage to the cable or CCR can cause a total blackout of the PAPI system so that it can disrupt airport operations, and endanger flight safety. Based on this, it is necessary to design a double circuit design consisting of two crossed circuits and two CCR on one side of the PAPI. This design refers to PR 21 of 2023 and SKEP 114 of 2002. In this design, the Research & Development (R&D) level 1 research method is used to produce a design, but it is not continued to make a product to test it. From the writing of this final project, it will produce a Detailed Engineering Design, a Requirements Work Plan, and a Bill of Quantity in planning to improve system reliability on PAPI Lights at Halim Perdanakusuma Airport.

Keywords: Precision Aprroach Path Indicator, Constant Current Regulator, Double circuit, Research & Development (R&D)

PENDAHULUAN

Keandalan adalah salah satu aspek terpenting dalam dunia penerbangan. Keandalan mengacu pada kemampuan suatu sistem atau komponen penerbangan untuk berfungsi dengan baik dan tanpa mengalami kegagalan dalam periode waktu tertentu dan di bawah kondisi operasi tertentu. Salah satu kebutuhan untuk operasional bandar udara yaitu Airfield Lighting

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Listrik Bandara, Fakultas Teknik Penerbangan, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

email: : nurhedhi.desriyanto@ppicurug.ac.id, agikwahyu2002@gmail.com, leonaldy238@gmail.com

System (AFL). AFL adalah perangkat bantu visual yang dirancang untuk mendukung dan melayani pesawat udara selama fase tinggal landas, mendarat, dan taksi, dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasi. Fasilitas ini terdiri dari sejumlah lampu khusus yang memberikan petunjuk dan informasi visual kepada pilot, terutama saat pesawat akan mendarat atau tinggal landas. AFL terdiri dari beberapa jenis lampu, salah satunya yaitu lampu Precision Approach Path Indicator (PAPI). (Susanto et al., 2020)

PAPI adalah perangkat bantu visual yang membantu pilot dalam menjalankan pendaratan dengan memperhatikan sudut onslope dan zona touchdown. Melalui sistem visual PAPI, pilot di dalam kokpit dapat memantau apakah pesawatnya cenderung terlalu tinggi atau terlalu rendah saat akan mendarat dan melakukan penyesuaian yang diperlukan untuk memastikan pendaratan yang aman dan presisi di landasan pacu. Bandar Udara Halim Perdanakusuma sendiri merupakan sebuah bandar udara di Jakarta, Indonesia yang melayani penerbangan domestik maupun internasional. Dimana bandar udara ini juga digunakan sebagai markas Komando Operasi Angkatan Udara I TNI-AU. (Kustori & Ningrum, 2017)

Pada Bandar Udara Halim Perdanakusuma memiliki konfigurasi lampu PAPI 24 dan 06 yang terhubung dalam satu sirkuit dan dikontrol oleh satu Constant Current Regulator (CCR). Meskipun konfigurasi ini memiliki manfaat dari segi efisiensi awal, namun hal ini berpotensi menimbulkan risiko keamanan yang signifikan. Jika terjadi kerusakan pada jalur kabel atau CCR, seluruh sistem PAPI akan padam, melumpuhkan fungsinya dalam memberikan informasi kepada pilot saat pendaratan. Gangguan pada lampu PAPI dapat mengakibatkan konsekuensi serius, seperti keterlambatan penerbangan, pembatalan penerbangan, bahkan kecelakaan penerbangan.

Keandalan pada lampu PAPI dapat ditingkatkan dengan menerapkan konfigurasi sirkuit ganda yang saling bersilangan, dengan dua CCR pada satu sisi lampu PAPI. Sehingga jika terjadi kegagalan pada salah satu sirkuit, maka sirkuit lain akan tetap beroperasi tanpa gangguan. Berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Nomor SKEP / 114 / VI / 2002 tentang Standar Gambar Instalasi Penerangan Bandar Udara. Selain itu juga konfigurasi sirkuit ganda ini memungkinkan untuk melakukan pemeliharaan dan perbaikan tanpa perlu mematikan seluruh sistem pada lampu PAPI. (SKEP114, 2002)

Berdasarkan uraian diatas mengakibatkan konfigurasi sirkuit tunggal saat ini sangat diikhawatirkan apabila terjadi suatu permasalahan pada sirkuit maupun CCR. Permasalahan tersebut menjadi latar belakang penulis membuat suatu rancangan untuk meningkatkan keandalan fasilitas lampu PAPI yang dapat dicapai melalui perancangan instalasi dua sirkuit yang saling bersilangan dengan dua CCR pada satu sisi PAPI dengan mengacu pada standar aturan yang berlaku yaitu SKEP 114 tahun 2002 dan PR 21 tahun 2023.

METODE

Penulis akan menerapkan metode penelitian dan pengembangan (Research & Development / R&D) sebagai pendekatan dalam perancangan. Metode penelitian R&D memiliki sepuluh tahapan proses yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah produk, tetapi penulis hanya menggunakan enam tahapan, yaitu sampai desain tervalidasi. (Sugiyono, 2017) Langkah-langkah penelitian dan pengembangan sebagai berikut:

1. Potensi Masalah
Sistem PAPI di Bandar Udara Halim Perdanakusuma menghadapi permasalahan serius terkait keandalannya. Sistem ini memiliki risiko tinggi mengalami kegagalan total tanpa adanya sirkuit dan CCR cadangan, sehingga mengakibatkan downtime yang cukup lama untuk perbaikan. Akibatnya, operasi penerbangan terganggu, terutama saat malam hari atau cuaca buruk dengan visibilitas rendah. Kondisi ini sangat mengkhawatirkan karena dapat menghambat pilot dalam melakukan pendaratan dan meningkatkan risiko kecelakaan penerbangan.
2. Pengumpulan Data
Penelitian ini mengadopsi pendekatan multi-metode untuk mengumpulkan data yang komprehensif terkait keandalan sistem PAPI di Bandar Udara Halim Perdanakusuma. Studi pustaka dilakukan dengan merujuk pada berbagai literatur, seperti jurnal dan tesis, untuk memperoleh pemahaman mendalam tentang rancangan keandalan sistem serupa. Selain itu, observasi langsung dilakukan di lokasi untuk memperoleh data primer mengenai kondisi fisik komponen PAPI, seperti pengecekan lokasi pemasangan, kondisi CCR, dan perhitungan

jarak. Wawancara dengan teknisi dan supervisor unit listrik juga dilakukan untuk menggali informasi kualitatif mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi keandalan sistem, dampak gangguan, serta solusi yang potensial. Kombinasi dari ketiga teknik pengumpulan data ini diharapkan dapat menghasilkan temuan yang akurat dan relevan untuk mendukung analisis lebih lanjut.

3. Desain Rancangan

Penulis akan menggunakan data lapangan sebagai dasar untuk menganalisis dan merancang keandalan PAPI. Analisis ini akan dilakukan dengan memperhatikan standar yang berlaku. Hasil analisis dan rancangan ini akan menjadi dasar untuk membuat perencanaan yang komprehensif.

4. Validasi Rancangan

Dalam pembuatan perancangan serta perencanaan, penulis mendapatkan bimbingan serta asistensi dari dosen pembimbing dan supervisor teknisi listrik Bandar Udara Halim Perdanakusuma yang berkompeten dalam memvalidasi desain produk yang telah dirancang.

5. Revisi Desain

Desain rancangan yang sudah dibuat akan melalui proses validasi. Bila ditemukan kekurangan atau ketidaktepatan, penulis akan melakukan revisi desain untuk memastikan kualitas dan keakuratannya.

6. Desain tervalidasi

Desain tervalidasi merupakan tahapan terakhir dari alur metode penelitian. Setelah revisi desain sudah disetujui oleh pihak yang berkompeten dalam pemeriksaan desain dan tidak ditemukan kekurangan atau ketidak tepatan dalam merancang desain sehingga menjadi sebuah produk yang dapat digunakan sebagai referensi pertanggung jawabkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum

Dalam operasionalnya keberadaan PAPI sangatlah penting. Lampu ini memberikan panduan visual bagi pilot terkait ketinggan pesawat saat mendekati landasan pacu, membantu pilot mencapai jalur pendaratan yang tepat dan ketinggian yang aman untuk mendarat. Gambaran umum dari desain rancangan sistem PAPI yang diinginkan oleh penulis, yaitu dengan fokus pada konfigurasi sirkuit ganda untuk memastikan keandalan sistem. Pada konfigurasi ini, dua sirkuit terpisah akan dipasang di satu sisi PAPI dan setiap sirkuit akan memiliki sumber arus dari CCR sendiri. Penempatan sirkuit yang terpisah satu sama lain ini memastikan bahwa jika terjadi kegagalan pada salah satu sirkuit, sirkuit lainnya tetap dapat beroperasi normal, sehingga lampu PAPI tetap menyala.

Tahapan Pembuatan Rancangan

1. Melakukan Pengukuran jarak penggelaran kabel FL2XCY dari CCR menuju lampu PAPI

Terdapat 2 pengukuran yang digunakan pada penelitian, dapat dilihat pada gambar. Pengukuran jarak ini tidak hanya untuk penggalian dan penggelaran kabel, melainkan juga digunakan sebagai perhitungan tapping CCR yang digunakan untuk supply pada lampu PAPI.

- jarak penggelaran kabel FL2XCY dari gedung CCR ke PAPI 24

$$\text{Panjang kabel} = 2.092,67\text{m (Kabel menuju ke PAPI 24)} + 2.092,67\text{m (Kabel kembali ke CCR)}$$

$$= 4.125,67 \text{ meter}$$
- jarak penggelaran kabel FL2XCY dari gedung CCR ke PAPI 06

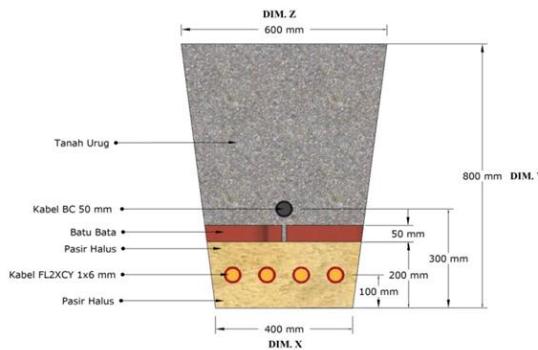
$$\text{Panjang kabel} = 745,32\text{m (Kabel menuju ke PAPI 06)} + 745,32\text{m (Kabel kembali ke CCR)}$$

$$= 1.490,64 \text{ meter}$$

2. Penentuan jalur instalasi kabel FL2XCY untuk lampu PAPI

- layout bentuk galian size 1

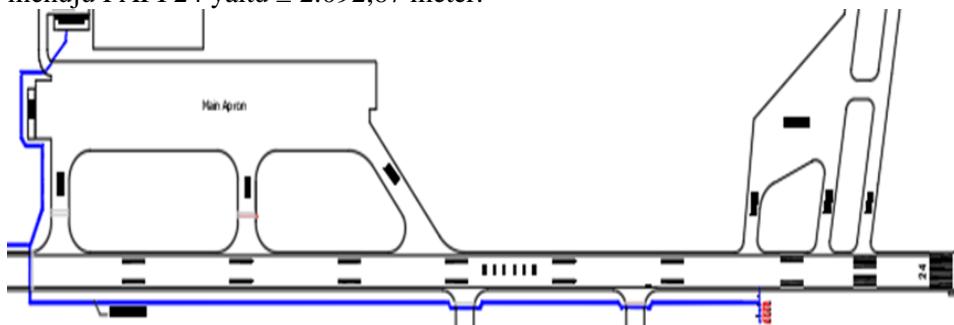
Berikut merupakan bentuk galian yang sesuai dengan standar aturan yang berlaku. Hal ini mengacu kepada SKEP 114 Tahun 2002. Menjelaskan apabila dalam penggelaran kabel dengan jumlah 4 maka peletakan dan bentuk galian sesuai pada gambar.



Gambar 1. Layout bentuk galian size 1 SKEP 114 Tahun 2002

- layout galian dari gedung CCR menuju PAPI 24

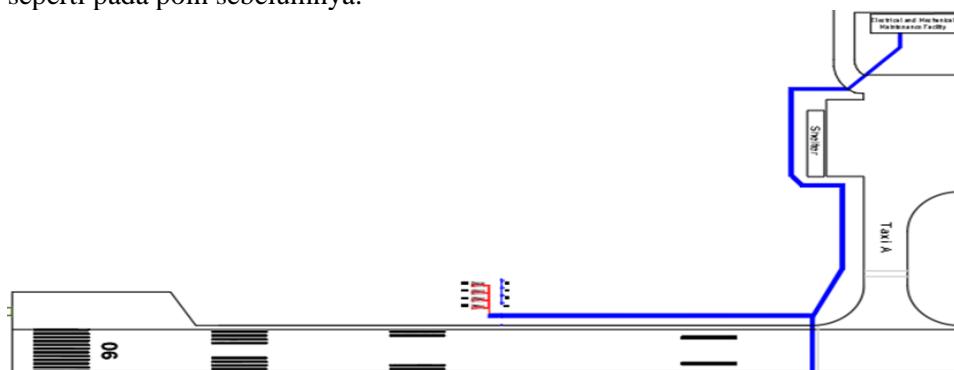
Pada rancangan ini menggunakan galian kabel baru untuk menghindari pembongkaran dan pemasangan kembali pada galian lama. Hal ini dapat meminimalisir risiko kerusakan pada komponen yang sudah ada dan memungkinkan penerapan yang sesuai dengan kebutuhan. Kemudian sesuai dengan hasil pengukuran dan pada poin sebelumnya, jarak dari gedung CCR menuju PAPI 24 yaitu $\pm 2.092,67$ meter.



Gambar 2 Layout galian kabel PAPI 24 Bandar Udara Halim Perdanakusuma

- layout galian dari gedung CCR menuju PAPI 06

Sesuai hasil dari pengukuran galian dari gedung CCR menuju PAPI 06 yaitu berjarak $\pm 745,32$ meter. Dalam penggerjaannya memiliki prosedur yang sama seperti pada poin sebelumnya.



Gambar 3 Layout galian kabel PAPI 06 Bandar Udara Halim Perdanakusuma

3. Perhitungan kapasitas CCR yang dibutuhkan

- Tapping pada CCR (kondisi saat ini)

- Arus (I) : 6,6 A
- Resistivity copper (ρ) : 0,018
- Diameter kabel sekunder (As) : 2,5 mm
- Panjang kabel sekunder (l_s) : 5 m
- Diameter kabel primer (As) : 6 mm
- Panjang kabel primer (l_{p24}) : $2.093 \text{ m} \times 2 = 4.186 \text{ m}$

- Panjang kabel primer (ℓ_{p06}) : $745 \text{ m} \times 2 = 1.490 \text{ m}$
- Daya lampu (P) : 200 W
- Jumlah lampu(N24) : 8 lampu
- Jumlah lampu(N06) : 8 lampu

Ditanyakan: Berapa kapasitas CCR untuk existing lampu PAPI?

Penyelesaian:

- Resistansi kabel sekunder (R sec)

$$\begin{aligned}(R \text{ sec}) &= \rho \times \frac{l_p}{A_s} \\ &= 0,018 \times \frac{5}{2,5} \\ &= 0,072 \Omega\end{aligned}$$

- Losses kabel sekunder (Losses sec)

$$\begin{aligned}(\text{Losses sec}) &= I^2 \times R \\ &= 6,6^2 \times 0,072 \\ &= 3,136 \text{ W}\end{aligned}$$

- Daya sekunder (P sec)

$$\begin{aligned}(P \text{ sec}) &= \text{Losses sec} + P \\ &= 3,136 \text{ W} + 200 \text{ W} \\ &= 203,136 \text{ W}\end{aligned}$$

- Daya total sekunder (P total sec)

$$\begin{aligned}(P \text{ total sec}) &= P \text{ sec} \times N \\ &= 203,136 \text{ W} \times 8 \text{ lampu} \\ &= 1.625,090 \text{ W}\end{aligned}$$

Circuit 1 ke PAPI 06

- Resistansi kabel primer (R prim)

$$\begin{aligned}(R \text{ prim}) &= \rho \times \frac{l_p}{A_p} \\ &= 0,018 \times \frac{1,490}{6} \\ &= 4,47 \Omega\end{aligned}$$

- Losses kabel primer (P losses prim)

$$\begin{aligned}(\text{P losses prim}) &= I^2 \times R \\ &= 6,6^2 \times 4,47 \\ &= 194,713 \text{ W}\end{aligned}$$

- Daya primer (P prim)

$$\begin{aligned}(P \text{ prim}) &= P \text{ sec} \times 1,25 \\ &= 1.625,090 \text{ W} \times 1,25 \\ &= 2.031,362 \text{ W}\end{aligned}$$

- Daya total primer (P total prim)

$$\begin{aligned}(\text{P total prim}) &= P \text{ prim} + P \text{ losses prim} \\ &= 2.031,362 \text{ W} + 194,713 \text{ W} \\ &= 2.226,039 \text{ W}\end{aligned}$$

- Total daya keseluruhan (P total)

$$\begin{aligned}(P \text{ total}) &= P \text{ tot primer} + P \text{ total sec} \\ &= 2.226,039 \text{ W} + 1.625,090 \text{ W} \\ &= 3.851,129 \text{ W}\end{aligned}$$

Circuit 2 ke PAPI 24

- Resistansi kabel primer (R prim)

$$\begin{aligned}(R \text{ prim}) &= \rho \times \frac{l_p}{A_p} \\ &= 0,018 \times \frac{4,186}{6} \\ &= 12,558 \Omega\end{aligned}$$

- Losses kabel primer (P losses prim)

$$\begin{aligned}(\text{P losses prim}) &= I^2 \times R \\ &= 6,6^2 \times 12,558 \\ &= 547,026 \text{ W}\end{aligned}$$

- Daya primer (P prim)

- (P prim) = $P_{sec} \times 1,25$
 $= 1.625,090W \times 1,25$
 $= 2.031,362W$
- Daya total primer (P total prim)
 $(P_{total\ prim}) = P_{prim} + P_{losses\ prim}$
 $= 2.031,362W + 547,026W$
 $= 2.578,388W$
 - Total daya keseluruhan (P total)
 $(P_{total}) = P_{tot\ primer} + P_{total\ sec}$
 $= 2.578,388W + 1.625,090W$
 $= 4.203,478W$
 - Total daya keseluruhan (P total)
 $(P_{total}) = P_{tot\ primer} + P_{total\ sec}$
 $= 4.203,478W + 3.851,129W$
 $= 8.054,607W$
 - Kapasitas CCR
 $Kapasitas\ CCR = \frac{\text{Total daya beban}}{\cos \theta}$
 $= \frac{8.054,607}{0,80}$
 $= 10.068\ VA$
 - Tapping CCR
 $Tapping\ CCR = \frac{\text{Total daya beban}}{\text{Daya CCR yang digunakan}} \times 100\%$
 $= \frac{10.068}{15.000} \times 100\%$
 $= 0,671 \times 100\%$
 $= 67\%$

Jadi 1 unit CCR untuk circuit PAPI 06 (8 lampu) dan circuit PAPI 24 (8 lampu) maka kapasitas CCR yang diperlukan sebesar 15 KVA dengan tapping 75% (6/8).

- Tapping pada CCR (sesuai rancangan)
- Arus (I) : 6,6 A
 - Resistivity copper (ρ) : 0,018
 - Diameter kabel sekunder (As) : 2,5 mm
 - Panjang kabel sekunder (ℓ_s) : 5 m
 - Diameter kabel primer (Ap) : 6 mm
 - Daya lampu (P) : 200 W
 - Jumlah lampu (N06) : 4 lampu
 - Panjang kabel primer (ℓ_{p06}) : $745\ m \times 2 = 1.490\ m$
 - Jumlah lampu (N24) : 4 lampu
 - Panjang kabel primer (ℓ_{p24}) : $2.093\ m \times 2 = 4.186\ m$

Ditanyakan: Berapa kapasitas CCR untuk rancangan sirkuit ganda?

Penyelesaian:

- Circuit PAPI 06
- Resistansi kabel primer (R prim)
 $(R_{prim}) = \rho \times \frac{l_p}{A_p}$
 $= 0,018 \times 1.490/6$
 $= 4,47\ \Omega$
 - Losses kabel primer (P losses prim)
 $(P_{losses\ prim}) = I^2 \times R$
 $= 6,6^2 \times 4,47$
 $= 194,713W$
 - Daya primer (P prim)
 $(P_{prim}) = P_{sec} \times 1,25$
 $= 812,554 \times 1,25$
 $= 1.015,68W$
 - Daya total primer (P total prim)
 $(P_{total\ prim}) = P_{prim} + P_{losses\ prim}$

$$\begin{aligned}
 &= 1.015,68W + 194,713W \\
 &= 1.210,393W
 \end{aligned}$$

□ Circuit PAPI 24

- Resistansi kabel primer (R prim)

$$\begin{aligned}
 (R \text{ prim}) &= \rho \times \frac{l_p}{A_p} \\
 &= 0,018 \times 4.186/6 \\
 &= 12.558 \Omega
 \end{aligned}$$

- Losses kabel primer (P losses prim)

$$\begin{aligned}
 (P \text{ losses prim}) &= I^2 \times R \\
 &= 6,6^2 \times 12.558 \\
 &= 547,026W
 \end{aligned}$$

- Daya primer (P prim)

$$\begin{aligned}
 (P \text{ prim}) &= P \sec \times 1,25 \\
 &= 812,554 \times 1,25 \\
 &= 1.015,68W
 \end{aligned}$$

- Daya total primer (P total prim)

$$\begin{aligned}
 (P \text{ total prim}) &= P \text{ prim} + P \text{ losses prim} \\
 &= 1.015,68W + 547,026W \\
 &= 1.562,706W
 \end{aligned}$$

- Total daya keseluruhan (P total)

$$\begin{aligned}
 (P \text{ total}) &= P \text{ tot primer} + P \text{ total sec} \\
 &= 1.210,393W + 1.562,706W + 812,554W \\
 &= 3.585,643W
 \end{aligned}$$

- Kapasitas CCR

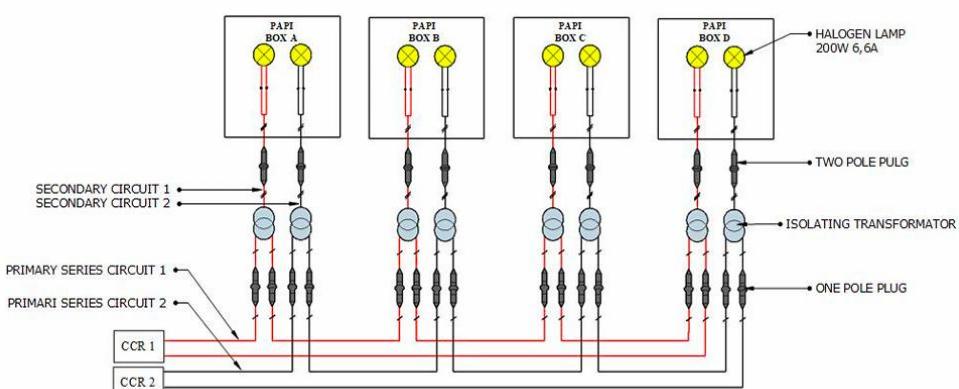
$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas CCR} &= \frac{\text{Total daya beban}}{\cos \theta} \\
 &= \frac{3.585,643}{0,80} \\
 &= 4.482 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

- Tapping CCR

$$\begin{aligned}
 \text{Tapping CCR} &= \frac{\text{Total daya beban}}{\text{Daya CCR yang digunakan}} \times 100\% \\
 &= \frac{4.482}{7.500} \times 100\% \\
 &= 0,5976 \times 100\% \\
 &= 59\%
 \end{aligned}$$

Jadi 1 unit CCR untuk circuit PAPI 06 (4 lampu) dan circuit PAPI 24 (4 lampu) maka kapasitas CCR yang diperlukan sebesar 7,5 KVA dengan tapping 62,5% (5/8).

4. Perencanaan layout instalasi circuit ganda lampu PAPI



Gambar 4 Instalasi Sirkuit Ganda Lampu PAPI

Gambar di atas menampilkan sistem PAPI 24 dan 06 yang telah ditingkatkan keandalannya dengan merancang penggunaan dua CCR dan sirkuit ganda. Dengan menerapkan dua CCR dan sirkuit ganda pada lampu PAPI, risiko kegagalan sistem

dapat diminimalkan, sehingga dapat meningkatkan keandalan PAPI. Lampu PAPI 24 dan 06 terdiri dari 4 box, dimana mana masing-masing boxnya dilengkapi dengan dua lampu. Setiap lampu dalam satu box terhubung dengan sirkuit yang berbeda. Seperti pada gambar diatas, satu lampu menggunakan jalur sirkuit berwarna merah yang disuplai dari CCR1 dan lampu satunya lagi menggunakan jalur sirkuit berwarna hitam yang disuplai dari CCR2. Konfigurasi ini dapat meningkatkan keandalan, karena kegagalan pada salah satu sirkuit atau CCR tidak akan memengaruhi lampu lainnya. Hal ini memastikan informasi visual yang stabil dan akurat bagi pilot saat melakukan pendaratan di landasan pacu 24 dan 06, sehingga meningkatkan keselamatan penerbangan.

SIMPULAN

1. Sistem lampu PAPI di Bandar Udara Halim Perdanakusuma saat ini rentan terhadap gangguan yang dapat membahayakan keselamatan penerbangan. Konfigurasi sirkuit tunggal yang digunakan dalam sistem ini merupakan kelemahan mendasar, kerusakan sirkuit tunggal dapat melumpuhkan seluruh sistem PAPI.
2. Dengan konfigurasi dua sirkuit dan dua CCR yang saling bersilangan, sistem lampu PAPI menjadi lebih andal. Jika terjadi kerusakan pada salah satu komponen, komponen lainnya akan secara otomatis menggantikan fungsinya sehingga sistem tetap beroperasi.
3. Penerapan rancangan baru sistem lampu PAPI di Bandar Udara Halim Perdanakusuma memberikan dampak positif yang signifikan terhadap operasional penerbangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kustori, K., & Ningrum, Z. N. F. (2017). Rancangan Kontrol dan Monitoring Constant Current Regulator (CCR) pada Precision Approach Path Indicator (PAPI) Menggunakan Android Berbasis Arduino di Bandar Udara Internasional Lombok. *Jurnal Penelitian*, 2(2), 138-147.
- SKEP114. (2002). Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : SKEP/114/Vi/2002 Tentang Standar Gambar Instalasi Sistem Penerangan Bandar Udara (Airfield Lighting System).
- Sugiyono, D. (2017). Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D.
- Susanto, P. C., Sakti, R. F. J., & Widiyanto, P. (2020). Alat Bantu Pendaratan Visual Di Airport Untuk Mendukung Keselamatan Pesawat. *Aviasi: Jurnal Ilmiah Kedirgantaraan*, 17(1), 35-44.