

Studi Perencanaan Pemasangan RWCL di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani - Semarang

Study on the Installation of RWCL at Jenderal Ahmad Yani International Airport - Semarang

Azwir Zainal¹, Soma Ariyaka¹, Muhammad Fikri Aldiansyah Nurcholid^{1*}

¹Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Jakarta, Indonesia

^{3*}fikrinur2121@gmail.com

*corresponding e-mail
fikrinur2121@gmail.com

Abstract

Air transport plays a crucial role in mobility and economic growth, but airport operations are often hampered by low visibility, especially during extreme rainy seasons such as those experienced at Jenderal Ahmad Yani International Airport in Semarang. This study aims to analyze the urgency of installing Runway Centreline Light (RWCL) lights to improve flight visibility. The methods employed include literature review, collection of primary and secondary data, and technical analysis based on ICAO, FAA regulations, and Directorate General of Civil Aviation regulations. The study findings indicate that the installation of RWCL is essential for supporting flight safety under low visibility conditions. The technical and operational recommendations generated are expected to enhance safety at Jenderal Ahmad Yani International Airport and serve as a reference for aviation infrastructure development in other regions facing similar challenges.

Keywords : *Runway Centreline Light (RWCL), visibility, Airport*

Abstrak

Transportasi udara memegang peranan krusial dalam mobilitas dan pertumbuhan ekonomi, namun operasional bandara seringkali terkendala oleh visibilitas rendah, terutama di musim hujan ekstrem seperti yang dialami Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani - Semarang. Penelitian ini bertujuan menganalisis urgensi pemasangan lampu *Runway Center Line* (RWCL) untuk meningkatkan visibilitas penerbangan. Metode yang digunakan meliputi studi literatur, pengumpulan data primer dan sekunder, serta analisis teknis berdasarkan regulasi ICAO, FAA, dan peraturan Dirjen Perhubungan Udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan RWCL sangat penting untuk mendukung keselamatan penerbangan dalam kondisi visibilitas rendah. Rekomendasi teknis dan operasional yang dihasilkan diharapkan dapat meningkatkan keselamatan di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani dan menjadi referensi pengembangan infrastruktur penerbangan di wilayah lain dengan tantangan serupa.

Kata Kunci : *lampu Runway Centreline (RWCL), visibilitas, Bandar Udara*

A. Pendahuluan

Transportasi udara merupakan tulang punggung mobilitas global dan pendorong utama pertumbuhan ekonomi, pariwisata, serta perdagangan. Efisiensi penerbangan tidak hanya memperkuat konektivitas antarwilayah, tetapi juga memperluas akses ke pasar global dan mempercepat distribusi bantuan, khususnya di daerah terpencil (UU No. 1 Tahun, 2009). Bandar udara, sebagai infrastruktur vital, harus menjamin keselamatan dan kenyamanan operasional, terutama dalam kondisi cuaca buruk.

Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani di Semarang, sebagai gerbang moda udara Jawa Tengah, menghadapi tantangan signifikan terkait visibilitas penerbangan, terutama saat musim penghujan dengan curah hujan ekstrem. Data BMKG menunjukkan rata-rata curah hujan tahunan di Semarang mencapai 2390 mm, dengan intensitas hujan harian yang sering melebihi 50 mm, dikategorikan sebagai hujan lebat hingga sangat lebat (BMKG, 2020). Kondisi ini secara langsung memengaruhi Runway Visual Range (RVR) di landas pacu, yang dapat menurun di bawah ambang batas minimum untuk kategori CAT I (550 meter) Bandar Udara Internasional Ahmad Yani – Semarang.

Untuk mengatasi masalah visibilitas rendah dan meningkatkan keselamatan penerbangan, pengembangan sistem pencahayaan landas pacu menjadi sangat krusial. Salah satu upaya yang diusulkan adalah pemasangan lampu *Runway Centerline Light* (RWCL). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi visibilitas, menjelaskan manfaat RWCL, dan merumuskan strategi perencanaan pemasangan lampu yang efektif dan sesuai dengan regulasi internasional seperti ICAO Annex 14 dan FAA Advisory Circular, serta peraturan nasional.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam peningkatan keselamatan operasional penerbangan di Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani, serta menjadi referensi ilmiah bagi pengembangan infrastruktur penerbangan di bandara lain yang menghadapi tantangan serupa.

B. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk mengumpulkan dan menganalisis data secara objektif. Metode yang diterapkan berfokus pada apa yang dilakukan dalam proses perencanaan pemasangan lampu *Runway Centerline Light* (RWCL).

Teknik pengumpulan data meliputi:

1. Studi Literatur: Peneliti mengkaji jurnal, regulasi internasional (ICAO Annex 14, FAA Advisory Circular), dan peraturan nasional (Peraturan Menteri Perhubungan) terkait sistem penerangan landas pacu.
2. Studi Observasi: Pengamatan langsung dilakukan di sisi udara (*airside*) Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani - Semarang untuk memahami kondisi aktual landas pacu, posisi pemasangan lampu, infrastruktur pendukung seperti kabel, dan unit *Constant Current Regulator* (CCR).
3. Studi Dokumentasi: Pengumpulan data dilakukan melalui gambar denah, peta *layout runway*, data jarak CCR ke *runway*, dan jumlah lampu RWCL yang direncanakan.
4. Wawancara Informal: Wawancara dilakukan dengan staf teknis dari divisi Elektrikal dan *Facilities* Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang untuk memperoleh informasi teknis tambahan mengenai panjang *runway*, jalur kabel, dan metode pemasangan kabel.

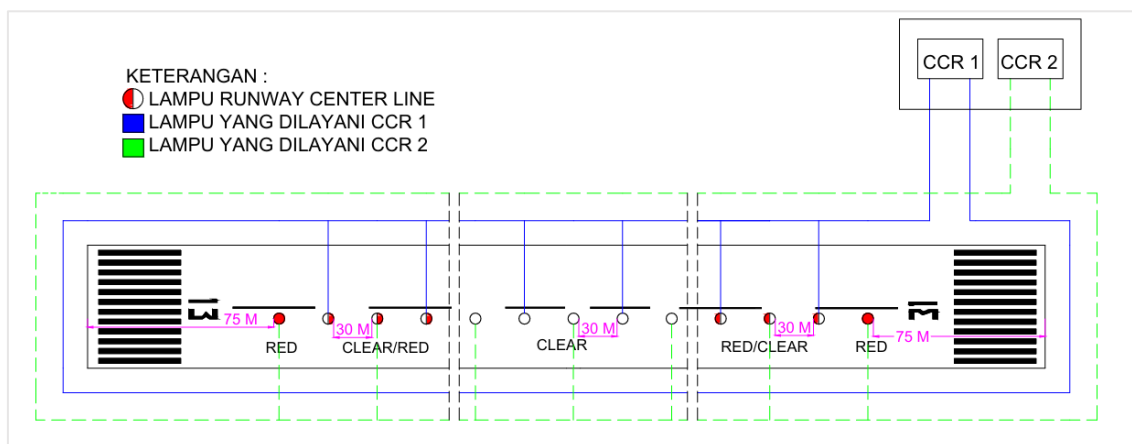
Subjek penelitian ini adalah sistem penerangan *Runway Centerline* (RWCL) di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani - Semarang. Kriteria pemilihan subjek didasarkan pada urgensi peningkatan visibilitas di bandara tersebut akibat kondisi cuaca ekstrem. Data yang terkumpul, baik primer maupun sekunder, kemudian dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif. Analisis data melibatkan klasifikasi data berdasarkan kategori (jumlah lampu, jarak CCR ke *runway*, posisi pemasangan lampu) dan perbandingan dengan standar serta regulasi yang berlaku untuk menilai kesesuaian dan kelayakan rencana pemasangan RWCL.

C. Hasil dan Pembahasan

Pemasangan lampu *Runway Center Line* (RWCL) di Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani - Semarang merupakan langkah krusial untuk meningkatkan keselamatan operasional penerbangan, terutama dalam kondisi visibilitas rendah akibat curah hujan ekstrem.

1. Survei Lapangan dan Analisis Teknis Panjang Efektif RWCL

Berdasarkan survei lapangan dan analisis teknis, panjang efektif *runway* untuk pemasangan RWCL adalah 2410 meter, setelah mempertimbangkan jarak 60 - 75 meter dari *Runway End* sesuai (ICAO Annex 1 Vol I, 2023). Dengan interval antar lampu 30 meter, jumlah unit RWCL yang direncanakan adalah 81 unit. Interval ini dipilih berdasarkan standar (FAA Circular Advisory 150/5340-30J, 2018) untuk kategori CAT I, dengan fleksibilitas untuk interval 15 meter jika diperlukan peningkatan visibilitas untuk kategori yang lebih tinggi.



Gambar 1. Jumlah Runway Centre Lights

$$\text{Panjang titik RWCL} = 2560 \text{ m} - (75 \times 2)$$

$$\text{Jumlah Unit} = 80,33$$

$$= 2410 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Unit} = 81 \text{ Unit}$$

$$\text{Jumlah Unit} = \frac{\text{Panjang Titik RWCL}}{15}$$

$$\text{Jumlah Unit} = \frac{2410 \text{ meter}}{30 \text{ meter}}$$

2. Pengukuran Jarak Menuju Gedung CCR

Pengukuran dimulai dari titik keluar kabel pada Gedung CCR hingga center landas pacu (*runway*), dan diperoleh pengukuran sepanjang 471,69 meter. Diukur secara lurus menggunakan Google Earth. Namun dalam perencanaan Panjang kabel secara actual, diperlukan penambahan toleransi sebesar 10% untuk mengakomodasi konfigurasi jalur kabel, dan kebutuhan Cadangan.



Sumber : Google Earth

Gambar 2. Jarak Gedung CCR Menuju *Runway*

Dengan estimasi total panjang kabel yang akan di pergunakan adalah:

Estimasi Panjang kabel = Panjang asli x (1 + toleransi)

Estimasi Panjang Kabel = 471,69 x (1 + 10%)

= 471,69 x (1,10)

= 518,859meter

= ± 520meter

3. Penempatan Bak Trafo dan Isolating Transformer

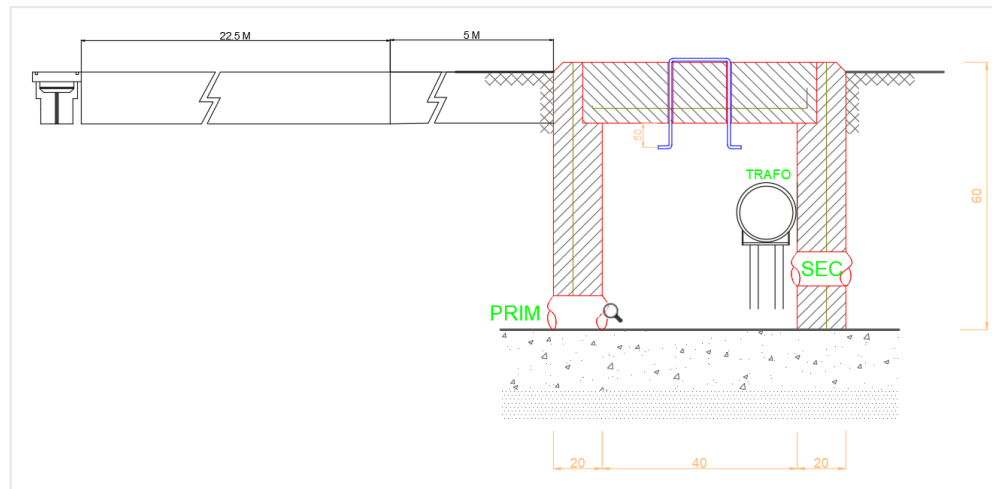
Penempatan *isolating transformer* untuk setiap lampu RWCL dilakukan di luar *Runway Strip* dengan jarak minimum 5 meter dari tepi *runway* untuk ruway lebar 45 meter (ICAO Annex 14 Volume I Eight Edition, 2018; FAA AC 150/5340-30H., 2018) untuk kemudahan perawatan dan keamanan operasional, maka jarak bak trafo dari lampu *Runway Centreline Light* (RWCL) adalah sebagai berikut:

$$\text{Jarak Bak Trafo} = 5 \text{ m} + \left(\frac{\text{Lebar Runway}}{2} \right)$$

$$\text{Jarak Bak Trafo} = 5 \text{ m} + \left(\frac{45}{2} \right)$$

$$\text{Jarak Bak Trafo} = 5 \text{ m} + 22,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Bak Trafo} = 27,5 \text{ m}$$



Gambar 3. Jarak Bak trafo

4. Penggelaran Kabel dan Penampang Galian Kabel

Penggelaran kabel melibatkan kabel FLYCY 1x6 mm² sebagai penghantar arus utama dan kabel *Bare Copper* (BC) 50 mm² sebagai *grounding*. Kabel FLYCY akan membentuk lintasan bolak-balik (*looping*) sebagai berikut:

$$\text{Total FLYCY} = (\text{jarak bak trafo} \times 81) + (\text{Panjang RWY} + \text{lebar runway}) \times 4 + (\text{jarak CCR} \times 4)$$

$$\text{Total FLYCY} = (27,5 \times 81) + (2.560+45) \times 4 + (520 \times 4)$$

$$\text{Total FLYCY} = 2.227,5 + 10.420 + 2.080$$

$$\text{Total FLYCY} = 14.728 \text{ meter}$$

Sementara kabel BC 50 mm² akan ditanam sejajar sepanjang dengan Kabel FLYCY 1x6mm² sebagai berikut:

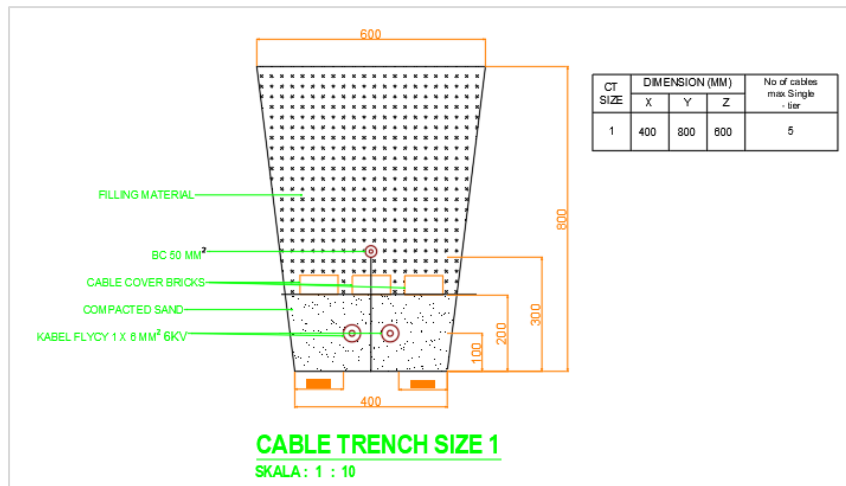
$$\text{Total BC} = (\text{Jarak bak trafo} \times 81) + (2560+45) \times 2 + (\text{jarak CCR} \times 2)$$

$$\text{Total BC} = (27,5 \times 81) + 5210 + (520 \times 2)$$

$$\text{Total BC} = 2228 + 5210 + 1040$$

$$\text{Total BC} = 8478 \text{ meter}$$

Galian kabel dilakukan sedalam 80 cm sesuai standar instalasi *airfield lighting* (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, SKEP 114/VI, 2002), dengan perlindungan berupa *ducting* beton dan batu bata.



Gambar 4. Galian Kabel

Mengacu pada desain penampang galian kabel *Cable Trench* (CT) Size 1, dengan kebutuhan batu bata pelindung ditetapkan sebanyak 15 unit per meter, dengan ukuran standar batu yang ditetapkan adalah 200 mm x 100 mm x 50 mm, dan disusun secara horizontal. Dalam setiap barisan memanjang 1 meter, dapat ditempatkan 5 baris dengan Panjang efektif 20 cm per baris, masing-masing baris terdiri atas 3 batu bata, dengan total kebutuhan per meter adalah:

$$5 \text{ baris} \times 3 \text{ batu bata} = 15 \text{ batu bata per meter}$$

Dengan Panjang jalur *Runway Centreline Lights* (RWCL) 2410 meter, maka total kebutuhan batu bata adalah:

$$\text{Jumlah batu bata} = \text{jumlah batu bata per meter} \times 7.958$$

$$\text{Jumlah batu bata} = 15 \times 7958$$

$$\text{Jumlah batu bata} = 119.370$$

Dengan perhitungan di atas dapat di bulatkan dengan sesuai standar proyek atau juga ditambahkan dengan Cadangan 10% dalam mengantisipasi kerusakan atau kurang saat pelaksanaan galian kabel, maka jumlah Cadangan batu bata sebagai berikut,

$$\text{Jumlah Cadangan batu bata} = 119.370 \times 10\%$$

$$\text{Jumlah Cadangan batu bata} = 1937$$

5. Distribusi Zona Warna lampu dan Daya RWCL

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembagian dari zona visual sesuai dengan (ICAO Annex 14 Vol I, 2023) Jumlah Unit *Runway Centreline Light* (RWCL) yang direncanakan untuk dipasang adalah 81 unit, masing masing zona warna cahaya lampu berbeda dengan :

Zona Merah	Zona merah - putih	Zona putih
$x = \frac{(300 \times 2) - (75 \times 2)}{30}$	$y = \frac{(600 \times 2)}{30}$	$z = 2410 - (450 + 2 \times 600)$
$x = \frac{600 - 150}{30}$	$y = \frac{1200}{30}$	$z = 760$
$x = \frac{450}{30}$	$y = 40$	$z = \frac{760}{30}$
$x = 15$		$z = 25,3$
		$z = 26$

Dengan pembagian dari masing-masing warna zona lampu, table distribusi warna lampu dan daya nya.

Tabel 1. Distribusi Warna Lampu dan Daya RWCL

Warna Lampu	Jumlah Unit	Daya per unit (Watt)	Total Daya (Watt)
Merah	15 unit	8 Watt	120 Watt
Merah – Putih	40 unit	20 Watt	800 Watt
Putih	26 unit	29 Watt	754 Watt
Total	81 unit	-	1674 Watt

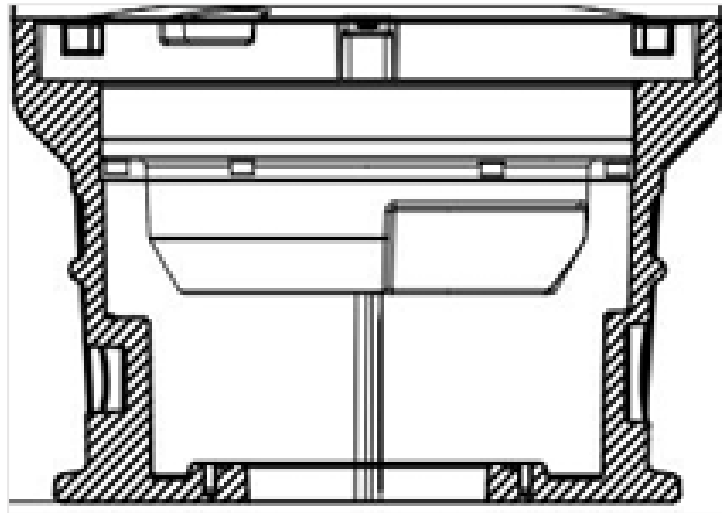
Total konsumsi daya untuk 81 unit lampu ini adalah 1674 Watt. Untuk menyuplai daya ini, dua unit *Constant Current Regulator* (CCR) berkapasitas 5 kVA digunakan. Pemilihan kapasitas 5 kVA ini tidak hanya memenuhi kebutuhan daya saat ini (sekitar 2.0 kVA dengan *power factor* 0.85), tetapi juga menyediakan cadangan daya (*safety margin*) untuk menghindari *overload*, mengakomodasi potensi penambahan lampu di masa mendatang, dan menjaga stabilitas arus konstan meskipun terjadi variasi beban. CCR ini akan ditempatkan di Gedung CCR, berjarak sekitar 520 meter dari titik awal *runway*.

6. Pemasangan dan Instalasi Lampu RWCL

Pekerjaan pemasangan lampu *Runway Center Line* (RWCL) dilakukan setelah pekerjaan sipil berupa *ducting* dan *manhole* telah selesai dikerjakan. Setiap unit lampu dipasang tepat di tengah-tengah sumbu landas pacu (*runway center line*) dengan jarak antar lampu sebesar 30 meter sesuai standar kategori CAT I.

Setelah pemasangan unit lampu, dilakukan instalasi kabel dari *isolating transformer* ke unit lampu. Penyetelan posisi lampu dilakukan untuk memastikan arah

cahaya sesuai spesifikasi: fokus ke arah datangnya pesawat. Proses penyetelan juga meliputi pengujian awal intensitas cahaya dan tegangan suplai untuk menjamin bahwa lampu menyala sesuai dengan kategori intensitas medium (MIRL). Setelah penyetelan, lampu dikunci pada *mounting base*.

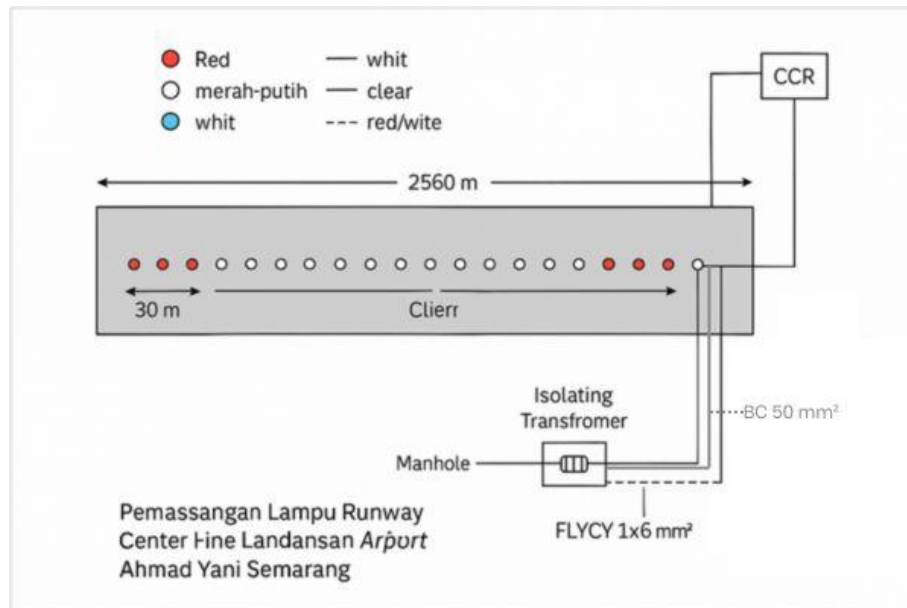


Gambar 5. Instalasi Lampu RWCL

7. Penyambungan Series kabel Menuju CCR dan Kabel ke Tower

Pekerjaan ini meliputi penyambungan kabel utama dari *isolating transformer* ke regulator arus konstan (CCR) yang berada di sisi lapangan. Jalur kabel menggunakan sistem rangkaian seri (series circuit) yang menghubungkan seluruh lampu dalam satu loop ke CCR. Pada tahap ini juga dilakukan penyetelan lokal untuk memastikan arus dan tegangan yang diterima sesuai kebutuhan daya lampu (8W, 20W, 29W) dan sesuai daya maksimal CCR 5 kVA.

Pekerjaan pemasangan kabel ke tower meliputi kabel FLYCY 1x6 mm², selain itu kabel *Bare Copper* (BC) 50 yang digunakan sebagai *grounding system* yang dipasang secara paralel dengan kabel utama dalam menjamin proteksi terhadap arus lebih dan gangguan Listrik statis.



Gambar 6. Penyambungan dan Instalasi Kabel

8. Melakukan Uji Coba Sistem RWCL

Setelah seluruh lampu dan kabel terpasang serta terkoneksi ke CCR, dilakukan uji coba menyeluruh sistem RWCL. Uji coba meliputi:

- Pengaktifan sistem dari gedung tower (*remote*) dan lokal (manual)
- Pemeriksaan fungsionalitas tiap lampu
- Pemeriksaan kestabilan tegangan dan arus
- Verifikasi zona warna (merah, merah-putih, putih) sesuai dengan rencana desain.

Uji coba dilakukan pada malam hari untuk memverifikasi performa intensitas dan distribusi cahaya pada kondisi minim visibilitas.

Implementasi sistem RWCL ini sejalan dengan studi terdahulu yang menekankan pentingnya sistem pencahayaan landasan pacu dalam mendukung keselamatan penerbangan, terutama dalam kondisi visibilitas terbatas (Croccolo et al., 2024; Zhuang ZB et al, 2023b; Podbucki et al., 2023). Dengan perencanaan yang matang dan sesuai standar, pemasangan RWCL ini diharapkan dapat secara signifikan meningkatkan kemampuan pilot dalam melakukan pendaratan dan lepas landas yang aman dan presisi di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani - Semarang.

D. Simpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kondisi visibilitas di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani – Semarang sering terganggu oleh cuaca ekstrem, khususnya hujan lebat, yang secara signifikan menurunkan Runway Visual Range (RVR). Oleh karena itu, pemasangan sistem penerangan *Runway Centreline Light* (RWCL) sangat

penting untuk mendukung keselamatan operasional penerbangan dalam kondisi visibilitas rendah. Manfaat RWCL mencakup peningkatan presisi pendaratan, penurunan risiko kecelakaan akibat *runway excursion*, dan peningkatan keandalan sistem Airfield Lighting System (AFL) secara keseluruhan, khususnya untuk mendukung kategori pendaratan dengan RVR rendah. Perencanaan teknis RWCL telah mempertimbangkan standar ICAO Annex 14 dan FAA AC 150/5340-30J, meliputi pengaturan jarak antar lampu 30 meter, penggunaan 81 unit lampu untuk panjang efektif runway 2.410 meter, penggunaan kabel bawah tanah FLYCY 1x6 mm² dan BC 50 mm², penyambungan sistem seri ke Constant Current Regulator (CCR), serta penempatan isolating transformer di luar Runway Strip dengan jarak minimum 5 meter.

Sebagai saran, diperlukan pemantauan dan pengumpulan data visibilitas (RVR) secara periodik di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang melalui kerja sama antara BMKG dan pihak Bandara, untuk mengumpulkan data visibilitas historis yang dapat dipergunakan dalam pengambilan keputusan perencanaan fasilitas. Selain itu, evaluasi sistem AFL secara berkala, termasuk perhitungan daya dan kapasitas CCR yang lebih rinci, serta pemeliharaan sistem secara berkala, sangat penting untuk memastikan keandalan sistem penerangan dalam kondisi ekstrem. Pengelola bandara juga dapat mempertimbangkan pengembangan masterplan sistem AFL secara menyeluruh untuk meningkatkan efisiensi pergerakan pesawat pada malam hari atau saat cuaca buruk.

E. Pustaka

- BMKG. (2020). PETA RATA-RATA CURAH HUJAN DAN HARI HUJAN PERIODE 1991 - 2020 INDONESIA. In *Proceedings of the National Academy of Sciences* (Vol. 3, Issue 1). <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpj.2015.06.056><https://academic.oup.com/bioinformatics/article-abstract/34/13/2201/4852827>[internal-pdf://semisupervised-3254828305/semisupervised.ppt](https://academic.oup.com/bioinformatics/article-abstract/34/13/2201/4852827)<http://dx.doi.org/10.1016/j.str.2013.02.005><http://dx.doi.org/10.1016/j.str.2013.02.005>
- Croccolo, D., De Agostinis, M., Fini, S., Mele, M., Olmi, G., & Scapecchi, C. (2024). Design of Special Equipment for the Mechanical Testing of Runway Light Fixtures. *Machines*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/machines12010041>
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2002). Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Udara Nomor: SKEP/114/VI/2002 Tentang Standar Gambar Instalasi Sistem Penerbangan Bandar Udara (Airfield Lighting System). *Direktorat Jendral Perhubungan Udara SKEP/114/VI/2002 Standar Gambar Instalasi Sistem Penerbangan*.
- ICAO. (2018). ICAO Annex 14 - Aerodrome Design and Operations. In *Seven edition: Vol. I* (Issue July). www.icao.int
- J, F. A. C. 150/5340-30. (2018). *Federal Aviation Administration Design and*

Installation Details for Airport Visual Aids 150/5345 - 30 J.

- NO 1 TAHUN 2009, U. (2009). Undang Undang Republik Indonesia NO 1 Tahun 2009. *UU NO 1 TAHUN 2009, Kolisch 1996*, 49–56.
- Nu'man, M. (2023a). ICAO Annex 14 Vol I. In *Aleph* (Vol. 87, Issue 1,2). <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/167638/341506.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8314/LOEBLEIN%2C> LUCINEIA CARLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://antigo.mdr.gov.br/saneamento/proces
- Nu'man, M. (2023b). Influence of Contrast Threshold Effect on Runway Visual Range Measurement. *Zhuang Z B, WANG WH, TAIHD*, 87(1,2), 149–200. <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/167638/341506.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8314/LOEBLEIN%2C> LUCINEIA CARLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://antigo.mdr.gov.br/saneamento/proces
- Podbucki, K., Marciniak, T., & Suder, J. (2023). Laboratory Assessment of In-Pavement Airport Lamp's Luminous Intensity Distribution. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/app132413242>
- Terminal, U. S., Terminal, U. S., Route, E., & Route, E. (2005). FAA Advisory Circular 150/5340-30H. *Area, January*, 1–4.