

Hendro Widiarto^{1*}
Alhamdi Satria
Agusto²

RANCANG BANGUN ALAT GROUND CHECK ON SLOPEPRECISION APPROACH PATH INDICATOR(PAPI) DI BANDAR UDARA BUDIARTO

Abstrak

Precision Approach Path Indicator (PAPI) merupakan salah satu alat pendaratan visual yang berfungsi memandu pesawat udara yang akan mendarat dengan memberikan sudut pendaratan yang tepat kepada pesawat udara. Untuk menjaga sudut pendaratan pancar sinar PAPI tetap 3° maka perlunya pengecekan dengan interval tertentu atau dalam kondisi tertentu, untuk ground check dilakukan sesuai dengan interval waktu atau apabila terjadi bencana alam gempa bumi. Dalam prakteknya untuk melakukan pengecekan sudut menggunakan ininclinometer. Untuk lebih memastikan keakuratan dari inclinometer maka penulis merancang dan membangun sebuah alat ground check on slope PAPI yang dapat digunakan dengan mudah dan menggunakan bahan yang mudah ditemui di pasaran. Alat yang telah penulis buat sudah di uji coba ke beberapa merek lampu PAPI dan sudah dilakukan pengujian pada lampu PAPI yang ada di Bandar Udara Budiarto dengan hasil pengujian alat dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang di inginkan. Dimana alat dapat melihat garis bias dan untuk setting filter. Diharapkan juga penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi aviasi dan dapat menjadi acuan bagi pengembangan alat serupa di masa depan.

Kata Kunci: Inclinometer, Ground Check, Flight Check, PAPI

Abstract

The Precision Approach Path Indicator (PAPI) is one of the visual landing aids used to guide incoming aircraft by providing the correct approach angle for landing. To maintain the PAPI's glide path angle at a consistent 3° , periodic checks are necessary at specified intervals or under certain conditions, such as during natural disasters like earthquakes. In practice, an inclinometer is used to check the approach angle. To ensure the accuracy of the inclinometer, the author designed and constructed a ground check on slope PAPI tool that is user-friendly and utilizes readily available materials in the market. The developed tool was tested on several PAPI models and further validated on the PAPI lights at Budiarto Airport. The test results confirmed that the tool functioned as intended, enabling the observation of the bias line and setting of the filter. The research not only contributes to aviation technology development but also serves as a reference for future similar tool advancements. The hope is that this study will have a positive impact on aviation technology and provide valuable insights for further tool enhancements in the future.

Keywords: inclinometer, Ground check, flight check, PAPI.

PENDAHULUAN

Bandar Udara adalah kawasan di daratan atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan. Salah satu fasilitas keselamatan penerbangan adalah Airfield Lighting System (AFL) yaitu sebagai alat bantu pendaratan visual untuk melakukan take off, landing, hingga taxi. Salah satu lampu AFL yang berfungsi mengarahkan pesawat udara yang akan mendarat dengan memberikan sudut pendaratan yang akurat kepada pesawat udara tersebut yaitu Precision Approach Path Indicator (PAPI).

Precision Approach Path Indicator (PAPI) merupakan salah satu alat pendaratan visual yang berfungsi memandu pesawat udara yang akan mendarat dengan memberikan sudut

^{1,2} Politeknik Penerbangan Indonesia Curug
Email : hendro.widiarto@ppicurug.ac.id, alhamdisatria8@gmail.com

pendaratan yang tepat kepada pesawat udara tersebut. maka besarnya sudut pendaratan PAPI harus sinkron dengan sudut pendaratan yang diberikan oleh Glide Slope.(KP 2, 2013)

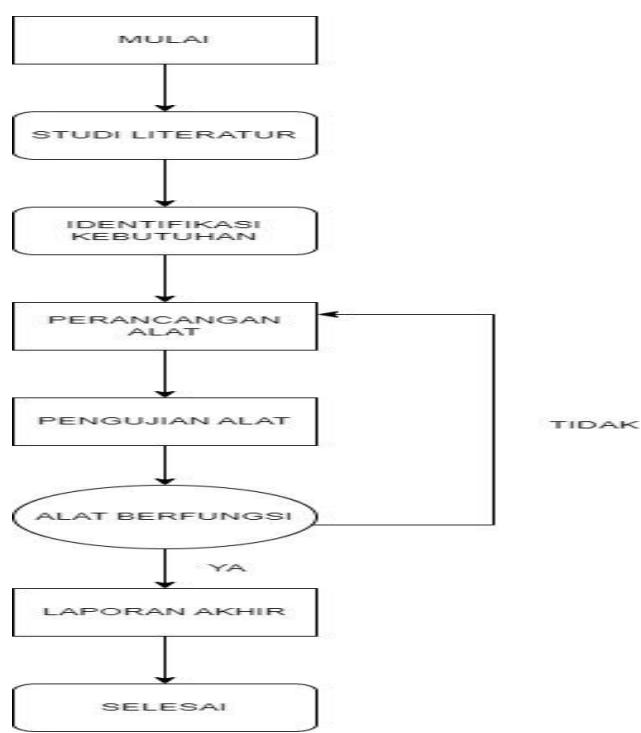
Untuk menjaga sudut PAPI agar tetap sama pada sudut yang telah ditentukan sesuai dengan Annex 14, Volume I, Bab 5 dimana box PAPI A yang berada paling jauh dari landasan dengan sudut $2^{\circ}25$ kemudian berurutan ke arah landasan sebagai box B $2^{\circ}45$, C $3^{\circ}15$, dan D $3^{\circ}35$ (ICAO, 2009).

Menurut peraturan direktur jenderal perhubungan udara tentang panduan desain aerodrome-alat bantu visual didalamnya menerangkan bahwa Penyelenggara Bandar Udara melakukan ground check PAPI pada interval waktu yang telah ditentukan (KP 326, 2019). Lebih lanjut diterangkan juga bahwa untuk metode pengecekan ground check tidak hanya menggunakan inclinometer, oleh karna itu penulis membuat suatu rancang bangun alat untuk memudahkan kegiatan ground check PAPI. Dengan tujuan yang telah diuraikan maka penulis akan mengambil judul RANCANG BANGUN ALAT GROUND CHECK ON SLOPE PAPI DI BANDAR UDARA BUDIARTO

Pengujian di darat (Ground Inspection) adalah pengujian dan pengukuran yang dilakukan di darat terhadap peralatan fasilitas elektronika dan listrik penerbangan yang digunakan untuk pelayanan lalu lintas penerbangan. Setiap operator yang mengoperasikan peralatan fasilitas elektronika dan listrik penerbangan yang digunakan untuk pelayanan lalu lintas udara harus mempertahankan kinerja operasional sesuai standard dan persyaratan operasional yang ditetapkan. Untuk mengetahui kinerja operasional peralatan fasilitas elektronika dan listrik penerbangan dapat diketahui dengan cara kalibrasi penerbangan (Flight Inspection) atau pengujian di darat (Ground Inspection). (SKEP 83, 2005).

METODE

Dalam penelitian pembuatan Alat Groun Check On Slope PAPI di Bandara Budiarto ini menggunakan metode Research and Development (R&D).R&D merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut diistilahkan oleh Borg and Gall (1998). Berdasarkan definisi di atas dapat dijelaskan bahwa metode R&D adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan untuk menyempurnakan suatu produk yang sesuai dengan acuan dan kriteria dari produk yang dibuat sehingga menghasilkan produk yang baru melalui berbagai tahapan dan validasi atau pengujian. (Sugiyono, 2013)



Gambar 1. Blok diagram penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Precision Approach Path Indicator (PAPI) merupakan salah satu alat pendaratan visual yang berfungsi memandu pesawat udara yang akan mendarat dengan memberikan sudut pendaratan yang tepat kepada pesawat udara tersebut. Untuk landasan pacu yang telah dilengkapi instrument landing system (ILS), maka besarnya sudut pendaratan PAPI harus sinkron dengan sudut pendaratan yang diberikan oleh Glide Slope ILS.

Dikarenakan pentingnya sudut pendaratan pesawat maka upaya untuk menjaga agar nilai sudut PAPI yang terpasang tetap sama dengan nilai terakhir kali dilakukannya kalibrasi oleh pihak Balai Besar Kalibrasi Fasilitas Penerbangan selalu dilakukan dengan kegiatan ground check, kegiatan ini dilakukan untuk mengantisipasi perubahan sudut pada tiap lampu PAPI yang disebabkan oleh pergeseran permukaan tanah, gempa bumi bahkan frequensi pendaratan pesawat di suatu bandara juga dapat mempengaruhi begesernya sudut lampu PAPI. Karena kondisi tersebut dapat mengurangi dan mempengaruhi keselamatan pesawat yang akan mendarat maka perlu adanya alat ground check yang dapat digunakan untuk mengukur dan melihat kebenaran dari sudut lampu PAPI yang terpasang.

Pengumpulan Informasi

Dalam mengumpulkan data dengan mendapatkan informasi yang faktual yang diharapkan dapat mengatasi masalah yang ada. Berikut ini adalah teknik pengumpulan data yang digunakan dalam perancangan ini

Studi literatur yang penulis lakukan dengan membaca Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: Pr 8 Tahun 2022 Tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-26 (Advisory Circular Casr Part 139-26) Tentang Panduan Desain Aerodrome-Alat Bantu Visual (Aerodrome Design Manual visual Aids), Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: Pr 26 Tahun 2022 Tentang Pedoman teknis Operasional Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-27 Pedoman Pengoperasian Dan Pemeliharaan Peralatan Bantu Pendaratan Visual Dan Sistem Kelistrikan serta beberapa jurnal terkait.

pengumpulan informasi selanjutnya dengan melakukan wawancara terhadap para teknisi bandara dan juga dari Balai Teknik Penerbangan yang sudah berpengalaman dan kompeten di bidangnya terkait masalah yang terjadi di lapangan. Dari hasil wawancara dengan beberapa teknisi penulis menemukan potensi pengembangan alat untuk kegiatan ground checkon slope PAPI di bandara.

Desain Produk

1. Waterpass

Waterpass merupakan alat ukur yang sangat terkenal di dunia dalam bidang pengukuran, alat ini sering di gunakan dalam bidang konstruksi atau dalam perencanaan sketsa bangunan (Indonesia, 2023). Alat ini memiliki kaca kecil berbentuk bulat yang didalamnya terdapat gelembung air. Gelembung air ini berfungsi sebagai indikator untuk mengukur tinggi dan kemiringan suatu objek dalam posisi sejajar, baik secara horizontal maupun vertical. Jika gelembung menunjukkan posisi yang datar, itu berarti kedua permukaan yang diukur berada dalam posisi sejajar. Waterpass umumnya terbuat dari aluminium karena tahan lama. (Monotaro, 2022)

2. KacaHitam

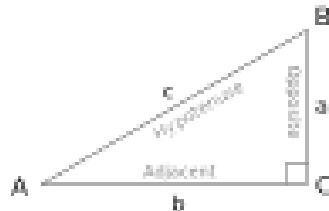
Kaca hitam digunakan untuk meredam pancaran sinar (Aritonang & Juhana, 2018) PAPI yang sangat tajam agar teknisi dapat melihat garis bias, kaca hitam yang penulis gunakan pada alat ini merupakan kaca las dimana kaca ini dirancang khusus dengan berbagai tingkatan shade atau tingkatan kegelapan seBab pada dasarnya kaca ini berfungsi untuk melindungi mata welder dari kilatan cahaya yang diasiklan dari proses pengelasan. Nomor tingkat kegelapan biasanya berkisar dari 2 hingga 14,(Yaro, 2023) dengan nomor bayangan 2 menjadi yang paling ringan, Namun, ada juga kaca las khusus yang menawarkan naungan nol, dan bahkan nomor bayangan 1,5 dan 1,7.(Helianty et al., 2013)

3. Penerapan Rumus Trigonometri

Trigonometri awalnya dikembangkan dari ilmu astronomi dan memiliki sejarah yang berasal dari zaman Mesir Kuno, Babilonia, dan peradaban Lembah Indus lebih dari 3000 tahun yang lalu. Pada awalnya, trigonometri digunakan untuk menghitung astronomi dengan menggunakan perhitungan aljabar dan geometri. Ilmuwan Yunani seperti Hipparchus dan Ptolemy juga berkontribusi dalam pengembangan trigonometri dengan tabel trigonometri mereka. Istilah

"trigonometri" sendiri pertama kali digunakan pada tahun 1595, sedangkan istilah Sinus, Cosinus, dan Tangen muncul lebih awal sekitar tahun 600-an.(Supratman, 2022).

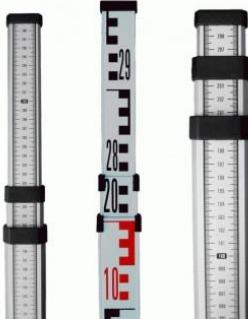
Trigonometri berasal dari bahasa Yunani, yaitu trigon yang artinya tiga sudut dan meter yang artinya pengukuran.(Purnomo, n.d.) Trigonometri merupakan cabang matematika yang membahas sudut yang berada di dalam segitiga konsep dasar segitiga yang terdiri dari tiga sisi (sisi miring, samping dan depan).(Huda, 2018)



Gambar 2. Rumus Trigonometri

4. Stick ukur

perencanaan untuk stick ukur penulis menginginkan sesuai dengan kebutuhan, bentuk tiang ukur ini sangat mudah didapatkan di pasaran dimana stik ukur ini sudah dilengkapi dengan skala ukur dan juga memiliki tinggi ber variasi yang dapat digunakan sesuai kebutuhan.



Gambar 3. Tiang ukur

5. Petunjuk skala ukur

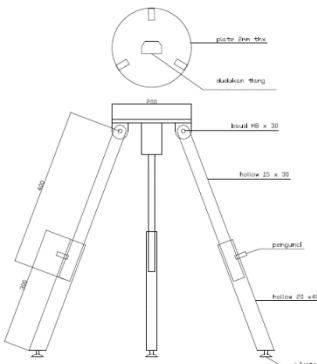
Pada petunjuk skala ukur akan berkaitan dengan tinggi pancaran sudut garis bias terlihat menggunakan kaca pemantau yang mana untuk memastikan bahwa bentuk dari garis bias yang dihasilkan dari filter lampu PAPI.



Gambar 4. Penunjuk skala ukur

1. Tripod

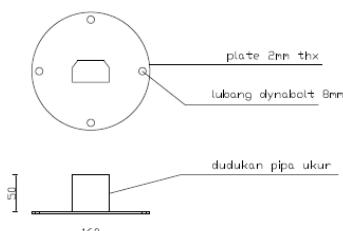
Rancangan pada tripod yang akan penulis buat seperti gambar di atas, dengan Panjang total 600 cm dan dapat di naik turunkan sesuai dengan kebutuhan dilapangan nantinya



Gambar 5. Rancangan Tripod

2. Check point

Check point atau penanda dimana nantinya tiang ukur akan diletakan penulis rancang dengan bentuk alas bulat dengan diameter 160 cm dan tinggi patok 50 cm penulis anggap cukup dan tidak mengganggu aktifitas penerbangan.



Gambar 6. Rancangan Check Point

Pengujian

Melalui tahapan pengujian ini, penulis dapat memastikan bahwa alat dapat digunakan dengan maksimal sesuai fungsinya. Hasil dari pengujian ini juga dapat menjadi acuan untuk melakukan perbaikan atau penyempurnaan. Oleh karena itu, pengujian kedepan dan pengujian fungsional merupakan langkah penting dalam proses penelitian ini untuk memastikan tercapainnya tujuan.

Dalam kegiatan pengujian alat ground check on slope PAPI dilakukan pada 2 tempat dengan beberapa merek lampu PAPI. Tempat pertama pengujian alat ini berlokasi di Laboratorium Teknik Mekanikal Dan Listrik Penerbangan (MLP) Balai Teknik Penerbangan dengan menggunakan lampu PAPI dari merek Crouse-Hinds Type L-880 AND L-881 dan merek ADB Type SPL-1-300-1 dalam pengujian pada 2 (dua) merek ini dilakukan di dalam ruangan sedangkan untuk pengujian di luar ruangan menggunakan PAPI portable. Kemudian tempat pengujian ke 2 (dua) dilaksanakan dibandar Udara Budiartopada runway 04 yang menggunakan PAPI merek ERNI.

Prosedur Ground check

Untuk menyamakan kegiatan pada saat ground check on slope PAPI, maka dibuatkan alur kegiatan, prosedur disesuaikan dengan peraturan.

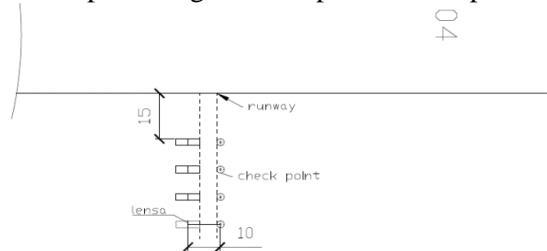
Berikut penjelasan prosedur ground check :

- Pastikan pemasangan lampu PAPI sejajar di samping runway.
- Tahap awal kegiatan ground check on slope tiap box PAPI di posisikan kembali pada sudut 0° baik vertical maupun horizontal terhadap center line Runway.
- Memastikan pemasangan papi harus siku terhadap runway
- Setelah dipastikan seluruh sudut box PAPI sejajar dengan Runway center line, selanjutnya sudut pencer PAPI disesuaikan kembali dengan yang sudah ditetapkan oleh balai besar kalibrasi penerbangan dengan menggunakan alat bantu berupa inclinometer dan untuk sudut horizontal harus tetap 0 derajat
- Sebagai penambah keakuratan sudut on slope PAPI, maka alat ground check on slope digunakan dalam kegiatan

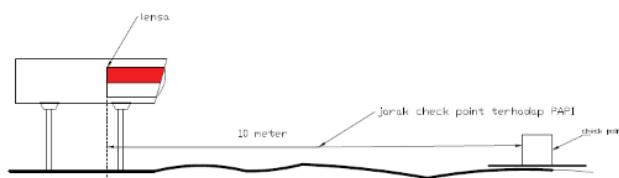
Prosedur Penggunaan Alat

Pada perancangan alat ini dibuat prosedur penggunaan alat agar dalam proses pengoperasian dapat dilakukan dengan baik dan benar.

- Tentukan jarak check pointstick tegak lurus terhadap tiap box PAPI dan siku (90 derajat) terhadap runway, dimana pemasangan check point terhadap PAPI berjarak 10 m



Gambar 7. Posisi check point terhadap PAPI tampak atas



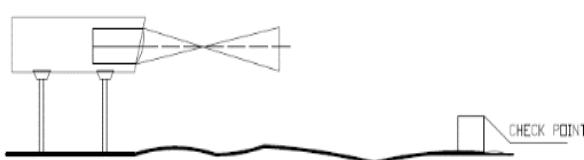
Gambar 8. Posisi check point terhadap PAPI tampak samping

- Posisikan stikukur pada check point yang telah di tentukan
- Gunakan tripod agar posisi stik tetap pada posisi tegak lurus dan tidak berubah (gunakan waterpass sebagai cuan) karena bisa mempengaruhi hasil pembacaan.



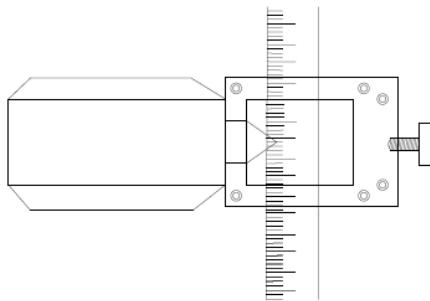
Gambar 9. Pemasangan Tripod sebagai penyangga tiang ukur

- Hitung elevasi check point terhadap titik 0 PAPI.

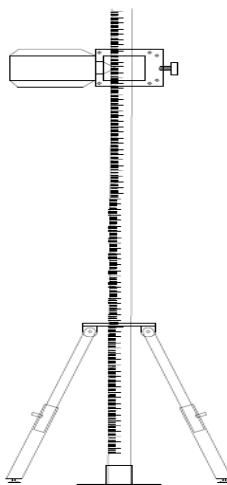


Gambar 10. Elevasi check point dan PAPI yang berbeda

- Posisikan alat peninjau garis bias pada ketinggian yang telah didapat dari hasil penghitungan menggunakan rumus trigonometri.

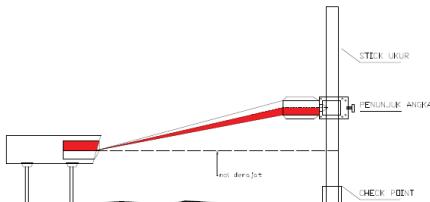


Gambar 11. Posisi peninjau sesuai dengan hasil perhitungan



Gambar 12. Posisi peninjau sesuai dengan hasil perhitungan (tampak jauh)

- f. Amati dengan kacamata yang terpasang pada alat peninjau untuk melihat garis bias sinar PAPI.



Gambar 13. Melihat garis bias dengan kaca tinjau

Ketentuan bentuk garis bias yang akan terlihat pada alat peninjau sebagai berikut :

1. Apabila perhitungan tidak sesuai maka saat meninjau garis bias, maka yang terlihat lebih banyak warna merah dan garis bias berada di posisi paling bawah.
2. Apabila perhitungan sesuai maka garis bias akan terlihat seperti garis lurus dan warna merah dan clear terlihat seimbang, pada posisi inilah bisa dikatakan bahwa lampu PAPI on slope
3. Kemudian apabila perhitungan tidak sesuai dan posisi terlalu keatas maka akan terlihat sinar lampu hampir keseluruhan telihat clear dan garis bias berada di posisi atas, kemudian warna merah dan clear tidak seimbang lebih banyak cahaya clear.

Tabel1. Bentuk Garis Bias

Terlalu Kebawah	Sesuai	Terlalu tinggi
a	B	c



Dalam pengujian ini untuk melakukan perhitungan Trigonometri dengan rumus

$$\tan \alpha = \frac{\text{tinggi kaca tinjau}}{\text{jarak ukur}} = \text{hasil hitung}$$

hasil hitung + tinggi PAPI + elevasi = tinggi kaca tinjau/hasil perhitungan akhir
Keterangan :

- $\tan \alpha$ = sudut PAPI yang ditetapkan balai kalibrasi penerbangan
- Jarak ukur = jarak check point terhadap PAPI
- Tinggi PAPI = jarak dari filter PAPI dari tanah
- Elevasi = nilai elevasi check point

Dari keterangan di atas, maka pengujian alat ground check on slope PAPI dilakukan pada 2 lokasi, yaitu:

1. Tempat pengujian alat ini berlokasi di Laboratorium Teknik Mekanikal Dan Listrik Penerbangan (MLP) Balai Teknik Penerbangan dengan menggunakan lampu PAPI merek :
 - a. Merek Crouse-Hinds Type L-880 AND L-881
 - b. ADB Type SPL-1-300-1
 - c. PAPI Portable
 2. Di Bandar Udara Budiarto pada runway 04 yang menggunakan PAPI merek :
- a. ERNI

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil pengujian alat yang telah dilakukan.

Tabel 2. Hasil pengujian pada PAPI merek Crouse-Hinds Type L-880 AND L-881

Box PAPI	Sudut Referensi	Jarak Ukur (m)	Hasil Hitung (cm)	Tinggi PAPI (cm)	Hasil perhitungan	Elevasi	Keterangan
A	2,49°	9 m	39,1cm	92,7 cm	131,8 cm	+1cm	On slope
B	2,79°	9 m	43,8cm	93,5 cm	137,5 cm	+1cm	On slope
C	3,10°	9 m	48,7cm	93,5 cm	142,2 cm	+1cm	On slope
D	3,46°	9 m	54,4cm	94 cm	148,4 cm	+ 1cm	On slope

Tabel 3. Hasil pengujian pada PAPI merek ADB Type SPL-1-300-1

Box PAPI	Sudut Referensi	Jarak Ukur (m)	Hasil Hitung (cm)	Tinggi PAPI (cm)	Hasil perhitungan	Elevasi	Keterangan
A	2,49°	9 m	39,1cm	92,5	131,6	+1cm	On slope
B	2,79°	9 m	43,8cm	92,8	136,6	+1cm	On slope
C	3,10°	9 m	48,7cm	93	141,7	+1cm	On slope
D	3,46°	9 m	54,4cm	93,4	147,8	+ 1cm	On slope

Tabel 4. Hasil pengujian pada PAPI Portable

Box PAPI	Sudut Referensi	Jarak Ukur (m)	Hasil Hitung (cm)	Tinggi PAPI (cm)	Hasil perhitungan	Elevasi	Keterangan
A	2,50°	10 m	43cm	21,8cm	64,8 cm	+1	On slope
B	2,83°	10m	49cm	23 cm	72 cm	+2	On slope
C	3,16°	10m	55cm	22,8cm	77,8 cm	+1	On slope

D	3,50°	10m	61cm	21,5cm	82,5 cm	+1	On slope
---	-------	-----	------	--------	---------	----	----------

Tabel5. Hasil pengujian pada PAPI Bandara Budiarto

Box PAPI	Sudut Referensi	Jarak Ukur (m)	Hasil Hitung (cm)	Tinggi PAPI (cm)	Hasil perhitungan	Elevasi	Keterangan
A	2,54°	10 m	44,3	44,5	101,2	56,9	On slope
B	2,86°	10m	49,9	42	106,8	56,9	On slope
C	3,15°	10m	55	33,4	98	43	On slope
D	3,48°	10m	60,8	30,2	100,3	39,5	On slope

SIMPULAN

Pada pengujian alat ground check on slope PAPI terhadap beberapa merek lampu PAPI dengan berbagai bentuk dan ukuran yang dilakukan di Balai Teknik Penerbangan dan Bandar Udara Budiarto, dapat disimpulkan bahwa alat dapat digunakan dalam kegiatan ground check on slope PAPI. Selain untuk melakukan ground check on slope PAPI alat ini juga dapat digunakan untuk setting filter pada lampu PAPI.

DAFTAR PUSTAKA

- Aritonang, S., & Juhana, R. (2018). Teknologi Menangkal Serangan Sinar Laser Guna Mendukung Keselamatan Penerbangan. *Jurnal Pertahanan & Bela Negara*, 8(3), 1–22. <https://doi.org/10.33172/jpbh.v8i3.440>
- Helianty, Y., Ario, M. G. D., & Sw, C. (2013). Perbaikan Lingkungan Kerja Pada Bagian Permesinan Dengan Kriteria Beban Fisiologis Kerja. 01(02), 280–289.
- Huda, N. (2018). Profil kemampuan koneksi matematika siswa dalam menyelesaikan masalah trigonometri ditinjau dari kemampuan matematika.
- ICAO. (2009). Aerodromes: Vol. I (Issue July).
- Indonesia, B. (2023). Waterpass, Fungsi dan Harga Waterpass Berbagai Tipe 2023.
- Monotaro. (2022). Jenis Waterpass dan Cara Penggunaanya. <https://www.monotaro.id/blog/artikel/waterpass>
- Purnomo, D. (n.d.). Trigonometri.
- Sugiyono, P. D. (2013). METODE PENELITIAN KUANTITATIF KUALITATIF DAN R&D (Cetakan Ke). Alfabeta BANDUNG.
- Supratman. (2022). TRIGONOMETRI (R. H. & S. M. Fitriani & Desain (eds.)). EUREKA MEDIA AKSARA, MEI 2022 ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH NO. 225/JTE/2021 Redaksi:
- SKEP 83, Pub. L. No. 83, 41 (2005).
- KP 2, (2013).
- KP 326, I (2019).
- Yaro. (2023). Best Welding Glasses, Goggles & Helmets: Shade Numbers 14, 13, 12, 10, 5. Passion Plans.