

ANALISIS PARAMETER YANG MEMENGARUHI KALIBRASI TACHOMETER NON-KONTAK

ANALYSIS OF PARAMETERS THAT INFLUENCE NON-CONTACT TACHOMETER CALIBRATION

A.M. Boynawan¹, Brillyana Githanadi¹, Marizsa Rahima Indra¹, Ratnaningsih¹, Reggi Aryunadi¹, Yulita Ika Pawestri¹

¹ Badan Standardisasi Nasional, Tangerang Selatan

Email: *boy@bsn.go.id*

ABSTRAK

Pengukuran kecepatan pada peralatan yang berputar menjadi penting dalam berbagai bidang, termasuk di sektor medis, ilmiah dan industri. Umumnya, pengukuran kecepatan putaran menggunakan alat ukur Tachometer. Salah satu teknik yang digunakan dalam kalibrasi Tachometer non-kontak adalah melalui pemanfaatan sumber pulsa cahaya. Pada metode ini, digunakan sebuah sumber cahaya yang mampu menghasilkan cahaya dengan pulsa yang terkontrol, yang diatur melalui sebuah pembangkit sinyal yang tertelusur ke sistem satuan internasional. Dalam metode ini, beberapa faktor yang memengaruhi hasil pengukuran dianalisis, yaitu jarak antara sumber pulsa cahaya dan Tachometer, jenis warna LED yang digunakan, serta intensitas cahaya di ruangan pengukuran. Penelitian ini menunjukkan bahwa didapatkan hasil pengukuran yang lebih baik pada saat Tachometer dan sumber pulsa cahaya diletakkan pada jarak pengukuran ≤ 30 cm. Kondisi ruangan pengukuran juga memengaruhi hasil, dan didapatkan hasil pengukuran paling baik pada saat intensitas cahaya sekitar 200 Lux. Sumber pulsa cahaya dengan LED berwarna merah menghasilkan pengukuran yang lebih baik dibandingkan LED berwarna putih.

Kata Kunci: Tachometer non-kontak, sumber pulsa cahaya, jarak, intensitas cahaya

ABSTRACT

The measurement of speed in rotating equipment has become crucial in various fields, including the medical, scientific, and industrial sectors. Typically, speed measurement is performed using a Tachometer instrument. One of the techniques used in non-contact Tachometer calibration involves the utilization of a light pulse source. In this method, a light source capable of generating controlled light pulses is employed, regulated through a traceable signal generator to international unit systems. Several factors affecting measurement results are analyzed in this method, such as the distance between the light pulse source and the Tachometer, the type of LED color used, and the light intensity in the measurement area. This research indicates that better measurement results are obtained when the tachometer and the light pulse source are placed at a measurement distance of ≤ 30 cm. The conditions of the measurement room also influence the results, with the best measurements achieved at a light intensity of approximately 200 Lux. A light pulse source with red LEDs produces better measurements compared to white LEDs

Keywords: *non-contact tachometer, light pulse source, distance, light intensity*

1. PENDAHULUAN

Pengukuran kecepatan pada peralatan yang berputar menjadi penting dalam berbagai bidang, termasuk di sektor medis, ilmiah dan industri. Pada bidang medis misalnya, alat putar seperti *centrifuge* digunakan untuk memisahkan komponen-komponen darah, sel-sel, atau partikel lainnya (Arif, dkk., 2014). Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 54 Tahun 2015 tentang pengujian dan kalibrasi alat kesehatan pasal 4 ayat 1, mengatakan bahwa Setiap Alat Kesehatan yang digunakan di Fasilitas Pelayanan Kesehatan dan Fasilitas Kesehatan lainnya harus dilakukan uji dan/atau kalibrasi secara berkala oleh Balai Pengujian Fasilitas Kesehatan atau Institusi Pengujian Fasilitas Kesehatan.

Kegiatan kalibrasi merupakan kegiatan untuk menentukan kebenaran dari nilai alat ukur. Hasil pengujian dan kalibrasi merupakan pernyataan tertulis yang menyatakan apakah alat ukur tersebut layak digunakan atau tidak berdasarkan hasil pengujian dan kalibrasi (Tunggal, dkk., 2020).

Tachometer merupakan perangkat penting dalam mengukur kecepatan putar

yang sering digunakan dalam berbagai bidang. Tachometer adalah alat ukur yang dibuat dan dirancang untuk mengukur kecepatan benda yang berputar (Shi, dkk., 2015). Prinsip kerja dari Tachometer adalah menembakkan cahaya inframerah ke permukaan yang reflektif, yang akan memantulkan cahaya inframerah yang diterima oleh sebuah detektor (Ferreira & Lopes, 2020). Keakuratan hasil pengukuran Tachometer sangatlah penting untuk memastikan kebenaran dan konsistensi data yang dihasilkan. Oleh karena itu, kalibrasi Tachometer menjadi langkah yang krusial untuk memvalidasi keakuratan pengukuran yang dilakukan oleh perangkat tersebut.

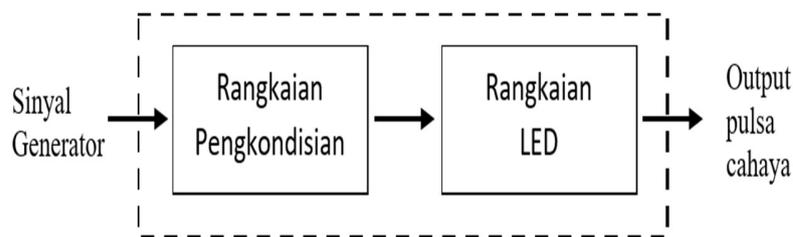
Tachometer non-kontak dapat dikalibrasi dengan menggunakan metode generator pulsa cahaya. Metode ini melibatkan penggunaan generator pulsa cahaya yang menghasilkan pulsa cahaya periodik yang diarahkan ke *optical sensor* Tachometer. Dalam proses ini, Tachometer akan mencatat pembacaan yang proporsional terhadap frekuensi pulsa cahaya yang dihasilkan, dengan konversi $1 \text{ Hz} = 60 \text{ RPM}$ (Diaz & Palma, 2014).

Sinyal generator digunakan untuk mengatur generator pulsa cahaya, agar menghasilkan nilai RPM yang tertelusur ke jam atom Cesium sebagai realisasi dari definisi satuan detik. Dalam penelitian ini diamati beberapa parameter pengukuran yaitu jarak antara sumber pulsa cahaya dengan Tachometer, intensitas cahaya ruangan pengukuran dan warna LED yang digunakan pada pengukuran.

2. DASAR TEORI

2.1 Pembangkitan Pulsa Cahaya

Untuk pembangkitan pulsa cahaya, digunakan sebuah sumber cahaya yang dihubungkan ke sebuah sinyal generator yang dapat mengatur pulsa cahaya yang dihasilkan. Sumber cahaya dilengkapi dengan sebuah rangkaian yang terdiri dari rangkaian pengkondisian tegangan (*Voltage Divider*), dioda transistor dan *Light Emitting Diode* (LED) (Diaz & Palma, 2014). Gambar 1 memperlihatkan blok diagram pembangkitan pulsa cahaya.



Gambar 1. Blok Diagram Rangkaian Generator Pulsa Cahaya

2.2 Ketertelusuran pengukuran putaran di Indonesia

Pada Undang-Undang (UU) nomor 20 tahun 2014 pasal 42 no 1 dan 2 dinyatakan bahwa pengukuran dalam kegiatan standardisasi dan penilaian kesesuaian harus tertelusur ke sistem satuan internasional. Ketertelusuran ke sistem internasional yang dimaksud dilakukan

melalui pengelolaan standar nasional satuan ukuran. Dinyatakan bahwa pengelolaan standar nasional satuan ukuran dilaksanakan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN)

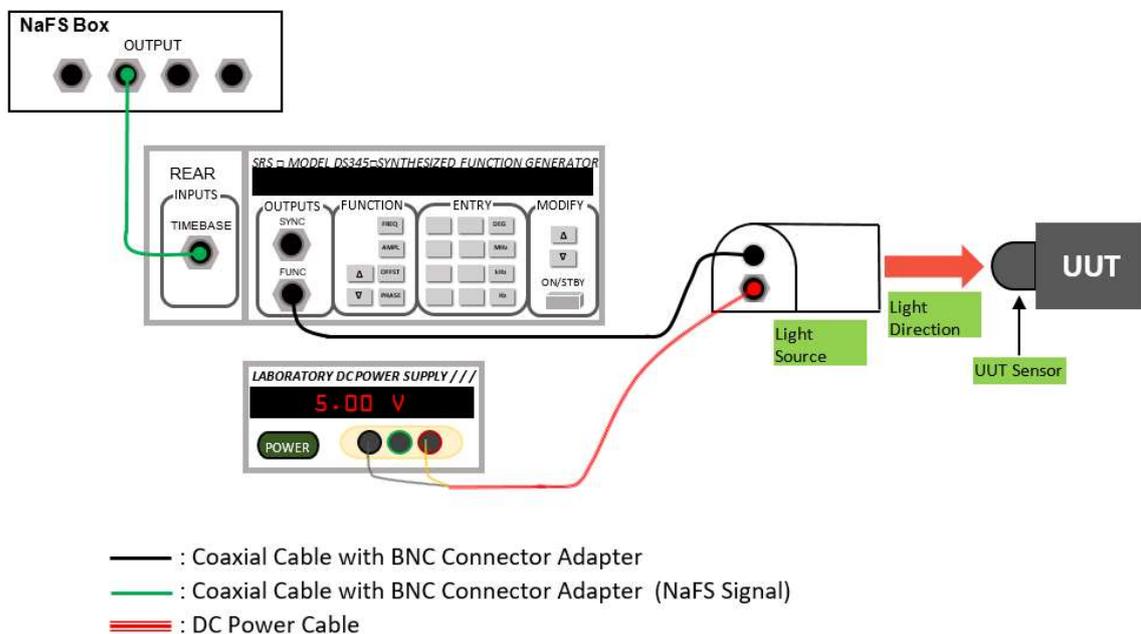
Laboratorium SNSU Waktu dan Frekuensi, yang merupakan bagian dari Badan Standardisasi Nasional (BSN), bertanggung jawab dalam memelihara

ketertelusuran waktu dan frekuensi di Indonesia. Standar nasional yang dikelola berupa jam atom Cesium yang merupakan realisasi langsung dari satuan waktu (detik) (SI Brochure, BIPM). Jam atom Cesium yang dikelola ini berkontribusi di dalam *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM) *Circular T*. BIPM *Circular T* adalah publikasi bulanan dari departemen waktu BIPM yang menjadi sumber ketertelusuran waktu ke waktu universal terkoordinasi (UTC) (Circular T, BIPM). Jam atom Cesium ini kemudian menjadi sumber basis waktu (*Time Base*) untuk

pembangkit sinyal yang digunakan dalam kalibrasi Tachometer.

3. METODOLOGI

Pengukuran Tachometer non-kontak dilakukan menggunakan metode sumber cahaya yang dihubungkan dengan sinyal generator yang tertelusur ke SI melalui NaFS (*National Frequency Standard*). NaFS merupakan sinyal referensi utama 10 MHz yang dihasilkan oleh Sistem Standar Waktu dan Frekuensi di Laboratorium SNSU – BSN. Rangkaian pengukuran terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Pengukuran Tachometer

Untuk masing-masing variasi pengukuran dilakukan pengukuran sebanyak lima kali yang hasilnya akan dirata-ratakan. Pengukuran dilakukan di Laboratorium SNSU Waktu dan Frekuensi BSN dengan ruangan pengukuran dijaga pada kondisi suhu $23,0 \pm 3,0$ °C, dan kelembaban relatif 55 ± 10 %RH. Sinyal generator yang digunakan pada penelitian ini adalah *Function Generator* dengan merek *Stanford Research System* model DS345.

Generator pulsa cahaya yang digunakan pada penelitian ini adalah generator pulsa cahaya dengan LED berwarna merah dan putih, masing-masing terdiri dari 17 buah LED. Pembangkitan pulsa cahaya dilakukan dengan memberikan tegangan DC menggunakan *Power Supply* DC dan sinyal generator sebesar 5 V. Sumber cahaya dilengkapi dengan sebuah rangkaian yang terdiri dari rangkaian pengkondisian tegangan (*Voltage Divider*), dioda transistor dan LED.

Objek penelitian yang digunakan adalah 2 buah Tachometer *Hand Held* dengan resolusi pengukuran 0,1 rpm dan 0,01 rpm. Kemudian juga digunakan sebuah Tachometer berupa *optical sensor* yang terhubung ke sebuah *frequency*

counter untuk pengukuran dengan resolusi yang lebih tinggi. Pada penelitian ini, Tachometer dengan resolusi pengukuran 0,1 RPM diidentifikasi sebagai Tachometer A, Tachometer dengan resolusi pengukuran 0,01 RPM diidentifikasi sebagai Tachometer B dan *optical sensor* diidentifikasi sebagai Tachometer C.

Pada penelitian ini diamati pengaruh dari warna LED pada sumber pulsa cahaya, jarak antara Tachometer dengan sumber pulsa cahaya, dan intensitas cahaya ruangan terhadap pengukuran Tachometer.

3.1 Jarak antara Tachometer dengan sumber pulsa cahaya

Untuk melihat pengaruh jarak dalam pengukuran Tachometer, dilakukan pengukuran dengan variasi jarak antara sumber cahaya dengan optikal sensor dari Tachometer. Variasi jarak yang digunakan adalah 10 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm. Pengukuran cahaya keluaran dari sumber pulsa cahaya juga telah dilakukan pada setiap variasi jarak dengan kondisi gelap (0 lux) dan didapatkan hasil seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Intensitas Cahaya yang dibangkitkan

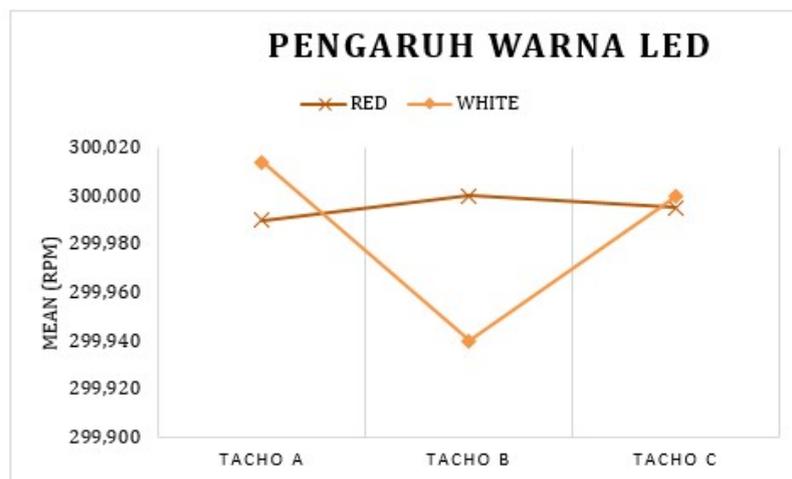
3.2 Intensitas cahaya ruangan

Pengaruh dari intensitas cahaya ruangan pada saat pengukuran dilakukan dengan melakukan penambahan beberapa lampu untuk mendapatkan nilai intensitas cahaya yang diinginkan. Variasi intensitas cahaya ruangan yang digunakan adalah 100 lux, 200 lux, 500 lux, dan 1000 lux. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan setiap terjadi pergantian intensitas cahaya yang digunakan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diamati merupakan rata-rata dari 5 kali pengukuran yang dilakukan pada setiap titik ukur.

Pengukuran pada variasi warna LED merah dan putih dilakukan pada jarak 30 cm dan intensitas cahaya 200 lux. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 4. Dengan menggunakan LED merah, didapatkan nilai rata-rata ketiga UUT sebesar 299,995 rpm dengan standar deviasi sebesar 0,005 rpm dan dengan menggunakan LED berwarna putih didapatkan nilai rata-rata ketiga UUT sebesar 299,985 dengan standar deviasi sebesar 0,039 rpm. Berdasarkan hasil tersebut, maka penggunaan LED berwarna merah memperlihatkan hasil pengukuran yang lebih baik dari pada penggunaan LED berwarna putih.



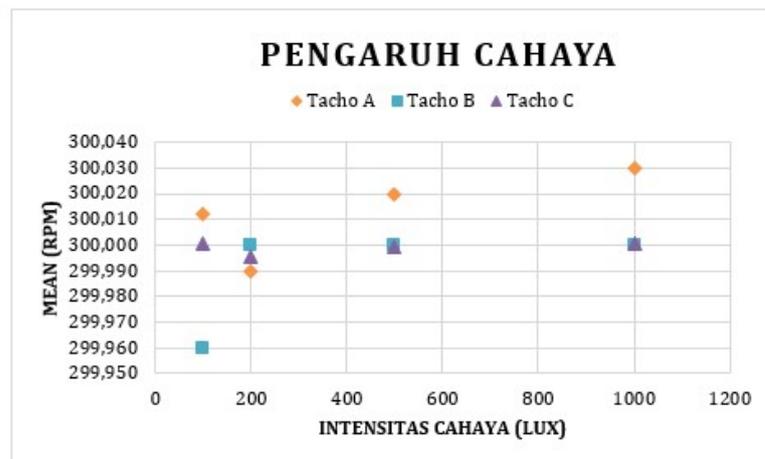
Gambar 4. Hasil Pengukuran Pengaruh Warna Sumber Pulsa Cahaya

Pengukuran pada variasi intensitas cahaya 100 lux, 200 lux, 500 lux dan 1000 lux dilakukan pada jarak 30 cm dan warna

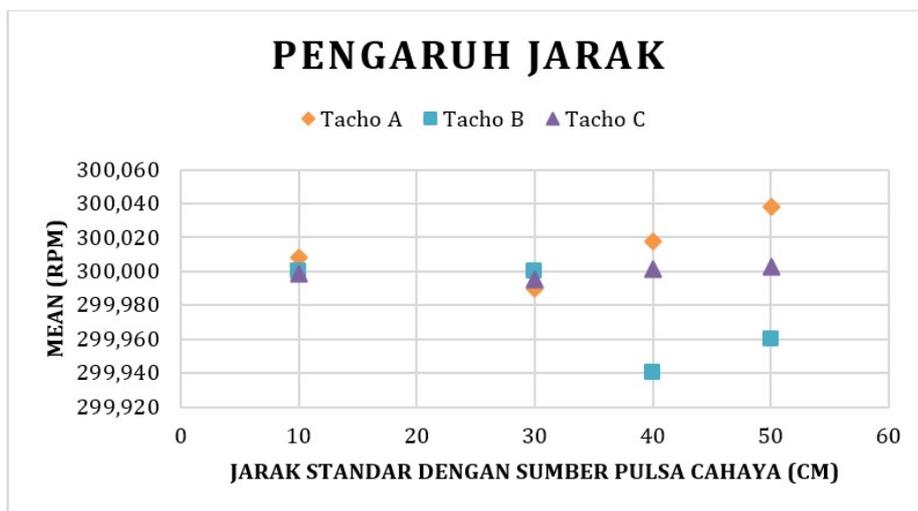
LED merah. Berdasarkan variasi intensitas cahaya yang telah dilakukan pada penelitian, terlihat dengan ruangan yang

lebih redup akan menghasilkan hasil pengukuran yang lebih baik. Grafik pengaruh intensitas cahaya ruangan pada titik ukur 300 rpm untuk setiap UUT pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5 dapat kita amati bahwa intensitas cahaya ruangan pada nilai 200 lux memperlihatkan hasil yang lebih baik dibandingkan nilai intensitas cahaya yang lain.



Gambar 5. Hasil Pengukuran Pengaruh Intensitas Cahaya ruangan.



Gambar 6. Hasil Pengukuran Pengaruh Jarak antara Sumber Pulsa Cahaya dengan Tachometer

Pengukuran pada variasi jarak 10 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm dilakukan pada intensitas cahaya 200 lux dan LED merah. Berdasarkan hasil pengukuran cahaya yang dikeluarkan oleh sumber pulsa cahaya untuk setiap jarak ukur pada Tabel 1, semakin jauh jarak ukur maka nilai intensitas cahaya yang dipancarkan sumber pulsa cahaya juga semakin redup. Berdasarkan grafik pada Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa, jarak pengukuran kurang dari 30 cm menunjukkan hasil pengukuran yang lebih baik dibandingkan jarak lebih dari 30 cm.

5. KESIMPULAN

Dalam kalibrasi Tachometer menggunakan pulsa cahaya, sumber cahaya berwarna merah memberikan hasil pengukuran lebih mendekati nilai sebenarnya dibanding dengan sumber cahaya berwarna putih. Dihasilkan pengukuran yang lebih akurat ketika jarak pengukuran tidak lebih dari 30 cm dan kondisi pencahayaan ruang pengukuran diatur tidak lebih dari 200 lux.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat SNSU TK BSN atas bantuan dan fasilitas yang telah diberikan sehingga penulisan paper ini dapat berjalan dengan baik.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Arif, S. J., Asghar, M. S. J., & Sarwar, A. (2013). Measurement of speed and calibration of tachometers using rotating magnetic field. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 63(4), 848-858.
- Cortes, NB (2020) Analysis of dominant uncertainty in the calibration of optical tachometers. In *Conference on Precision Electromagnetic Measurement (CPEM)* 2014.10.1109/CPEM49742.2020.9191738
- Diaz H & Palma L (2014). Calibration of Optical tachometer using a generator system of light pulses. In *Conference on Precision Electromagnetic Measurement (CPEM)* 2014 (pp.596). 10.1109/CPEM.2014.6898526

- Ferreira, F. J., & Lopes, F. J. (2016, September). Webcam-based tachometer for in-field induction motor load estimation. In *2016 XXII International Conference on Electrical Machines (ICEM)* (pp. 2380-2388). IEEE.
- Sun, Q., Bai, J., Du, L., Fan, Z., & Hu, H. (2018, August). Investigation on high rotational speed calibration device. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1065, No. 22, p. 222001). IOP Publishing
- SANAS (2017). Criteria for Laboratory Accredited to Calibrate Tachometers, Centrifuges, and Measure Rotational Speed. In *TR 45-02 SANAS*
- Shi, Z., Huang, Q., Wu, G. S., Xu, Y. H., Yang, M., Liu, X. J., ... & Ma, J. (2017). Design and development of a tachometer using magnetoelectric composite as magnetic field sensor. *IEEE Transactions on Magnetics*, 54(7), 1-4.
- Tunggal, T. P., Kirana, L. A., Arfianto, A. Z., Helmy, E. T., & Waseel, F. (2020). The design of tachometer contact and non-contact using microcontroller. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 1(3), 65-69.
- Zhan SHI, Qun HUANG et. Al (2015). Design and Development of a Tachometer Using Magnetoelectric Composite as Magnetic Field Sensor. In *IEEE Transactions on Magnetics/* 10.1109/TMAG.2017.2721900