

## STUDI LITERATUR PENGEMBANGAN PROTOTIPE SISTEM KALIBRASI PENGUKURAN PANJANG BERBIAYA RENDAH MENGGUNAKAN POTENSIOMETER LINEAR TIPE KAWAT DENGAN SKALA PENGUKURAN BESAR

Amalia Rakhmawati<sup>1</sup> dan Dani Kurniawan<sup>2</sup>

1. Akademi Metrologi dan Instrumentasi, Jl. Daeng M. Ardiwinata km. 3.4 Cihanjuang, Parongpong, Kab. Bandung Barat, 40559, Indonesia

2. Balai Kalibrasi, Dit. Standardisasi dan Pengendalian Mutu Kementerian Perdagangan, Jl. Raya Bogor km. 26, Ciracas, Jakarta Timur, 13740, Indonesia

E-mail : amelchantique@gmail.com<sup>1</sup>, fujiwara.ito@gmail.com<sup>2</sup>

**Abstrak**--Dalam proses pengujian dan kalibrasi alat Ukur, Takar, Timbang dan Perlengkapannya (UTTP), alat ukur besaran panjang memberikan peranan yang signifikan dan merupakan salah satu alat yang banyak digunakan dalam bidang perdagangan. Alat ukur besaran panjang konvensional yaitu berupa batangan maupun pita panjang berskala umumnya terbuat dari bahan plastik, logam baja atau kuningan. Kalibrasi alat ukur konvensional tersebut dibandingkan dengan standar panjang dengan ketelitian minimal sama atau lebih tinggi. Penentuan titik ukur pada kalibrasi besaran panjang dengan skala pengukuran besar masih dilakukan secara manual oleh petugas secara langsung atau dengan bantuan mikroskop yang menimbulkan kesalahan paralaks. Faktor kesalahan paralaks dan mikroskop digital yang dipasang pada slider yang digerakkan secara otomatis menggunakan motor *step*. Selain itu juga untuk mengurangi estimasi biaya dengan menggunakan sensor perpindahan jenis analog yang lebih sederhana dan murah untuk pengukuran panjang yaitu sensor potensiometer linear tipe kawat dengan kontroler untuk konversi. Penelitian ini melakukan studi literatur untuk pengembangan prototipe sistem kalibrasi pengukuran panjang berbiaya rendah menggunakan potensiometer linear tipe kawat dengan skala pengukuran besar. Hasil yang diperoleh dari studi literatur yaitu sensor potensiometer linear dapat digunakan untuk mendapatkan biaya rendah, kemudian tipe kawat digunakan untuk mencapai nilai presisi tinggi disertai dengan desain prototipe yang presisi sehingga prototipe dapat digunakan di laboratorium untuk skala pengukuran besar.

**Kata Kunci** : kalibrasi, panjang, potensiometer linear,

### I. PENDAHULUAN

Alat ukur besaran panjang merupakan alat yang digunakan untuk pengukuran jarak antara dua titik dan pengukuran panjang juga merupakan pengukuran yang paling banyak dipakai di sektor perdagangan maupun sektor industri [1]. Kalibrasi alat ukur besaran panjang tersebut penting dilakukan untuk menjamin keterteluran, parameter akurasi dan presisi alat ukur serta masih dalam Batas Kesalahan yang Dijijinkan atau *Maximum Permissible Error* [2]. Kalibrasi juga dilakukan untuk menjaga kondisi alat ukur agar tetap sesuai dengan spesifikasi, menjamin transaksi perdagangan dan mendukung sistem mutu di industri [1]. Dalam proses pengujian dan kalibrasi alat Ukur, Takar, Timbang dan Perlengkapannya (UTTP), alat ukur besaran panjang memberikan peranan yang signifikan dan merupakan salah satu alat yang banyak digunakan dalam bidang perdagangan [1]. Contoh alat ukur besaran panjang yang memiliki skala pengukuran besar yaitu *depth tape* atau banukur seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Depth Tape* [5]

Alat ukur besaran panjang konvensional yaitu berupa batangan maupun pita panjang berskala umumnya terbuat dari bahan plastik, logam baja atau kuningan [3]. Kalibrasi alat ukur konvensional tersebut dibandingkan dengan standar panjang dengan ketelitian minimal sama atau lebih tinggi [2]. Standar panjang dengan skala pengukuran besar yang dimiliki laboratorium kalibrasi di Kementerian Perdagangan ada yang masih berupa batangan berskala dengan panjang 20 m dan ketelitian 0,01 mm seperti ditunjukkan pada Gambar 2 atau menggunakan standar panjang sistem kelistrikan dengan panjang 2 m dan

ketelitian 0,005 mm seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Standar Panjang 20 m dan Ketelitian 0,01 mm



Gambar 3. Standar Panjang Sistem Kelistrikan 2 m dan Ketelitian 0,005 mm

Standar pada Gambar 2 dan 3 digunakan untuk mengkalibrasi mistar ukur dari bahan baja, kayu, dan plastik serta rol meter dari bahan baja dan plastik dengan panjang mencapai 50 m.

Kalibrasi menggunakan standar panjang dengan skala pengukuran besar dilakukan melalui cara perbandingan langsung antara alat ukur dan meter standar [4]. Penentuan titik ukur dilakukan secara manual oleh petugas secara langsung atau dengan bantuan kamera atau mikroskop seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3. Penelitian sebelumnya sudah pernah dilakukan dengan menggunakan alat bantu kamera untuk melihat titik ukur namun penggunaannya tidak bisa meliputi semua titik ukur sepanjang 20 m seperti ditunjukkan pada Gambar 2 [1]. Sehingga penentuan titik ukur menggunakan standar tersebut masih menimbulkan kesalahan paralaks dan kesalahan Abbe yang disebabkan oleh perbedaan sudut pembacaan sehingga menimbulkan penyimpangan pembacaan titik ukur seperti pada Gambar 4 [5]. Pergeseran pembacaan titik ukur pada Gambar 3 juga masih dilakukan secara manual oleh petugas dengan menggeser mikroskop sehingga proses pengukuran tidak bisa dilakukan dengan cepat terutama untuk pengukuran dengan skala pengukuran besar.



Gambar 4. Kesalahan Paralaks

Standar panjang pada Gambar 2 dengan sistem kelistrikan memiliki ketelitian lebih tinggi yaitu 0,005 mm dengan harga kisaran 200-300 juta [6]. Untuk mengurangi estimasi biaya maka dapat digunakan sensor perpindahan jenis analog yang lebih sederhana dan murah untuk pengukuran panjang yaitu sensor potensiometer linear tipe kawat dengan kontroler untuk konversi dari analog ke konverter digital yang kurang dari beberapa mikro detik [7].

Sedangkan untuk mengurangi faktor kesalahan paralaks dan pergeseran yang masih dilakukan secara manual, penelitian ini akan mengembangkan prototipe sistem kalibrasi pengukuran panjang berbiaya rendah menggunakan potensiometer linear tipe kawat dengan skala pengukuran besar. Prototipe juga dilengkapi dengan sistem penggerak kamera untuk membantu petugas melihat titik ukur dengan perbesaran tertentu yang dilengkapi dengan motor *step* dan slider.

Prototipe akan dirancang untuk memiliki penunjukkan dengan ketelitian dan akurasi mendekati laboratorium kalibrasi level 2 seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Prototipe dapat digunakan di laboratorium kalibrasi level 2 dan 3 [8] di bawah *National Metrology Institute* yaitu di laboratorium kalibrasi terakreditasi Komite Akreditasi Nasional yang ada secara nasional dan di laboratorium di industri. Prototipe juga dirancang untuk dapat digunakan di laboratorium kalibrasi pada Unit Metrologi Legal (UML) dan Unit Pelayanan Teknis Daerah Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang (UPTD PSMB) di daerah yang belum banyak memiliki standar panjang dengan skala pengukuran besar. Serta untuk mengurangi biaya pembelian yang dibebankan pada anggaran di daerah maka prototipe juga dirancang dengan biaya rendah.

Penelitian ini melakukan studi literatur untuk pengembangan prototipe sistem kalibrasi pengukuran panjang berbiaya rendah menggunakan potensiometer linear tipe kawat dengan skala pengukuran besar. Hal ini dilakukan untuk mengurangi faktor kesalahan paralaks dan pergeseran yang masih dilakukan secara manual pada pengukuran skala besar besaran panjang dengan menggunakan kamera yang dipasang pada slider yang digerakkan secara otomatis menggunakan motor *step*. Selain itu juga dapat mengurangi estimasi biaya dengan menggunakan sensor perpindahan jenis analog yang lebih sederhana dan murah untuk

pengukuran panjang yaitu sensor potensiometer linear tipe kawat dengan kontroler untuk konversi.

## II. KALIBRASI BESARAN PANJANG

Kalibrasi besaran panjang di Indonesia dilakukan melalui beberapa metode diantaranya yaitu JIS B 7516 5<sup>th</sup> Edition Metal Rules yang dilakukan dengan membandingkan alat ukur besaran panjang yang terbuat dari baja dengan standar ukur seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Alat Standar Kalibrasi Menggunakan Metode JIS B 7516

Penunjukkan nilai ukur pada alat tersebut menggunakan sensor kelistrikan yang mengubah nilai perpindahan menjadi besaran listrik yang sebanding dengan panjang perpindahan sensor. Alat tersebut dapat digunakan dan pernah terakreditasi untuk kalibrasi panjang hingga mencapai 30 m dengan melakukan penambahan pada hasil ukur yang ditunjukkan pada setiap 2 m pengukuran.

Metode lain untuk pengujian panjang pada OIML R35 yang telah disesuaikan metodenya pada SK Dirjen PDN No. 32 tahun 2010 tentang Syarat Teknis Alat Ukur Panjang. Alat standar panjang selain yang ditunjukkan pada Gambar 1 yang digunakan untuk pengujian ban ukur atau rol meter juga ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Alat Standar Komparator Van Becker



Gambar 7. Alat Standar Komparator Untuk Pengujian Meter Kayu

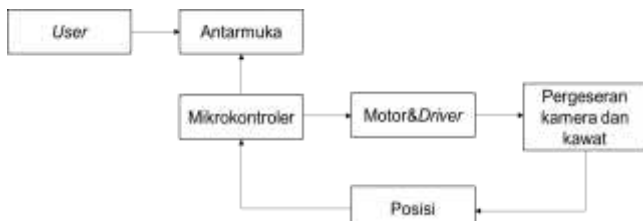
Penentuan titik ukur pada alat standar dan alat ukur dilakukan secara manual oleh petugas secara langsung atau dengan bantuan mikroskop. Penentuan titik ukur menggunakan standar tersebut masih menimbulkan kesalahan paralaks yang disebabkan oleh perbedaan sudut pembacaan sehingga menimbulkan penyimpangan pembacaan titik ukur. Pergeseran pembacaan titik ukur pada Gambar 4 juga masih dilakukan secara manual oleh petugas dengan menggeser mikroskop sehingga proses pengukuran tidak bisa dilakukan dengan cepat terutama untuk pengukuran dengan skala pengukuran besar.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui studi literatur untuk mendapatkan referensi mengenai pengembangan prototipe sistem kalibrasi pengukuran panjang berbiaya rendah menggunakan potensiometer linear tipe kawat dengan skala pengukuran besar. Studi literatur tersebut dilakukan sebelum dilakukan perancangan prototipe. Berdasarkan studi literatur didapatkan beberapa hal yang terdiri dari sistem pengukuran, rancangan prototipe dan pengolahan data tentang bagaimana mengembangkan penelitian yang akan dilakukan.

### - Sistem Pengukuran

Sistem pengukuran dilakukan dengan antarmuka antara mikrokontroler dengan komputer. *User* akan mengkomunikasikan mikrokontroler dengan komputer melalui serial *port*. Mikrokontroler akan memberikan pulsa kepada motor *step* melalui *driver* untuk mengontrol arah pergerakan motor *step*. Selama motor *step* bergerak untuk menggeser kamera dan kawat potensiometer linear pada *slider*, kamera akan menayangkan titik ukur pada penunjukkan komputer. Motor *step* akan berhenti bergerak ketika petugas menekan tombol berhenti tepat pada titik ukur pada alat standar yang ditunjukkan komputer. Nilai alat standar akan ditunjukkan pada penunjukkan alat standar dan nilai pembacaan pada alat ukur akan dimasukkan secara manual oleh petugas ke komputer. Pengukuran panjang hingga mencapai 50 m akan ditambahkan oleh Petugas pada cerapan yang ada di komputer. Diagram sistem pengukuran ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Sistem Pengukuran

- Rancangan Prototipe

Potensiometer adalah sensor analog yang sederhana namun sangat berguna untuk mendeteksi posisi linear, misalnya posisi linear berdasarkan nilai resistansi pada putaran porosnya. Sensor potensiometer mengandung elemen tahanan yang dihubungkan oleh sebuah kontak geser yang dapat bergerak. Gerakan kontak geser menghasilkan suatu perubahan tahanan yang linier [9]. Tergantung pada cara tahanan kawat tersebut digulungkan. Biaya pembuatan potensiometer linear termasuk murah yang dimulai dari harga 8 *US Dollar* [7]. Oleh karena itu potensiometer linear dipilih dalam penelitian ini karena harganya murah dibandingkan dengan sensor perpindahan lainnya yang mencapai harga 400 *US Dollar* [7].

Salah satu jenis potensiometer adalah potensiometer gulungan kawat (*wirewound*) yang merupakan potensiometer dengan gulungan kawat yang sangat kecil ukuran penampangnya. Ketelitian dari potensiometer jenis ini tergantung dari ukuran kawat yang digunakan serta kerapihan penggulungannya.

Potensiometer yang dipakai pada penelitian ini adalah *rotary potensiometer* tipe kawat. Potensiometer sebagai sensor posisi memanfaatkan perubahan resistansi. Linearitas yang tinggi hasilnya mudah dibaca tetapi pergeseran dan kerenggangan yang ditimbulkan dengan resolusinya terbatas yaitu 0,2 – 0,5% [9]. Gambar potensiometer linear tipe kawat dan yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Potensiometer Linear Tipe Kawat

Pembacaan titik ukur akan dibantu dengan mikroskop digital yang akan diletakkan pada *slider*. Contoh pembacaan garis pada titik ukur menggunakan mikroskop digital ditunjukkan pada Gambar 10. Gambar 11 menunjukkan pembacaan titik ukur dengan

alat bantu digital mikroskop pada alat standar komparator 20 m seperti pada Gambar 2. Namun pergeseran alat tersebut masih dilakukan secara manual oleh Petugas.



Gambar 10. Penentuan Titik Ukur



Gambar 11. Alat Bantu Pada Penentuan Titik Ukur

*Slider* kamera terdiri atas pelat untuk meletakkan alat ukur dengan kamera untuk membantu melihat titik ukur dan motor *step* untuk membantu petugas menggeser dan menghentikan kamera dan kawat potensiometer secara otomatis. *Slider* tersebut bisa dibuat sepanjang minimal 2 m untuk mempercepat proses pengukuran. Rancangan *slider* tersebut ditunjukkan pada Gambar 12. Penunjukkan nilai ukur masih dimasukkan manual ke komputer oleh Petugas yang kemudian dilakukan penjumlahan untuk skala pengukuran besar. *Slider* juga dilengkapi penggulung meter rol manual. Kebutuhan biaya untuk perancangan prototipe tersebut diestimasi sebesar 50-75 juta. Nilai tersebut didapat dari kepresisian desain untuk dapat mencapai presisi dan akurasi tinggi dengan tujuan agar dapat digunakan di laboratorium kalibrasi sebagai standar.



Gambar 12. Perancangan Slider

#### - Pengolahan Data

Data hasil pengulangan akan diolah secara statistik untuk mendapatkan nilai akurasi alat ukur direpresentasikan dengan nilai eror dan ketidakpastian. Salah satu data yang telah didapatkan yaitu pada nilai ukur 10 mm didapatkan pembacaan potensiometer sebesar 9.9 mm. Dari hasil pengukuran tersebut masih terdapat selisih eror dan dan ketidakpastian. Estimasi ketidakpastian dimulai dari identifikasi sumber ketidakpastian yang berpengaruh dalam melakukan pengujian atau kalibrasi alat ukur berdasarkan model matematis perhitungan dimensi yang ditunjukkan pada persamaan (3.1) dan (3.2).

$$E = L - L_S \quad (3.1)$$

$E$ : Nilai eror,  $\mu\text{m}$

$L$ : Penunjukkan nilai panjang,  $\mu\text{m}$

$L_S$ : Penunjukkan panjang standar pada suhu 20 °C,  $\mu\text{m}$

$$E = L - L_S + L_S(\theta_S \cdot \delta\alpha + \alpha_S \cdot \delta\theta) - L_{drift} - G \quad (3.2)$$

$\theta_S$ : Suhu standar, °C

$\delta\alpha$ : Beda antara koefisien muai termal UUT dan standar, °C

$\alpha_S$ : Koefisien muai termal standar, °C

$\delta\theta$ : Beda suhu antara UUT dan standar, °C

$L_{drift}$ : Drift standar sejak terakhir dikalibrasi,  $\mu\text{m}$

$G$ : Eror geometris akibat ketidaksempurnaan *setting* alat atau kondisi, termasuk *cosine error* dan ketidakrataaan serta ketidaksejajaran muka ukur,  $\mu\text{m}$

#### IV. KESIMPULAN

Kalibrasi alat ukur besaran panjang konvensional dengan perbandingan langsung menggunakan standar panjang dengan ketelitian minimal sama atau lebih tinggi. Faktor kesalahan paralaks dapat diminimalisir dengan menggunakan mikroskop digital yang dipasang pada *slider* yang digerakkan secara otomatis menggunakan motor *step*. Untuk mengurangi estimasi biaya dapat menggunakan sensor perpindahan jenis analog yang lebih sederhana dan murah untuk pengukuran panjang yaitu sensor potensiometer linear tipe kawat dengan kontroler untuk konversi. Hasil yang diperoleh yaitu sensor potensiometer linear tipe kawat dapat digunakan untuk mendapatkan biaya rendah dan nilai presisi tinggi, disertai dengan desain prototipe

yang presisi sehingga prototipe tersebut dapat digunakan di laboratorium untuk skala pengukuran besar.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wicaksono, A., Susanto, D. W.. (2014). Sistem Otomasi Penggerak Kamera Dengan Motor *Step* Sebagai Alat Bantu Kalibrasi Alat Ukur Panjang. *J.Oto.Ktrl.Inst (J.Auto.Ctrl.Inst)* Vol 6 (2).
- [2] JIS B 7516 5<sup>th</sup> edition (2005). *Metal Rules*. JIS.
- [3] Kementerian Perdagangan RI. (2010). SK Dirjen PDN No.32 Tahun 2010 tentang Syarat Teknis Alat Ukur Panjang dan Lampiran. Kementerian Perdagangan RI.
- [4] ISO/IEC 17025:2017. (2017). *Testing and Calibration Laboratories*. ISO/IEC.
- [5] Rakhmawati, A., Nadhira, V., Kurniawan, F. I., Hanum, A., Nugroho, P.. (2019). Prototipe Sensor Kapasitif Untuk Pengukuran Level Tangki Ukur. Seminar Instrumentasi dan Kontrol 2019.
- [6] Octagon Precision. (2020) <https://www.octagon.co.in/pdf/Measuring%20Scale%20and%20Tape%20Calibration%20SystemMST%201000.pdf>. Octagon Precision.
- [7] Matsui, Y., Akagi, T., Dohta, S.. (2016) *Development of Low-cost Wire Type Linear Potentiometer for Flexible Spherical Actuator*. 2016 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM).
- [8] UKAS. (2000) *Measurement Traceability and Calibration in the Mechanical Testing of Metallic Materials*. UKAS Publication ref: LAB 24.
- [9] Choirunnisa, P.. (2016). Rancang Bangun Dua Lengan Robot Berjari Menggunakan Potensiometer Sebagai Sensor Posisi Berbasis Arduino. Politeknik Negeri Sriwijaya.