

Validasi Pengukuran Suhu Billed Baja Menggunakan Pyrometer Di PT. Krakatau Baja Konstruksi

Bintang Kusuma Nata¹, Suhendar^{1*}, Okta Hanggar Dwi Prastyo²

¹Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia

²Teknik Industri, Universitas Serang Raya, Serang, Indonesia

*Email: suhendar@untirta.ac.id

ABSTRAK

Pengukuran suhu yang tepat pada billet baja sangat penting dalam industri manufaktur untuk memastikan kualitas produk akhir. Penelitian ini bertujuan untuk memvalidasi pengukuran suhu billet baja dengan menggunakan *pyrometer*, yang hasilnya kemudian dibandingkan dengan alat ukur *thermogun* sebagai acuan. Pengukuran dilakukan pada berbagai titik dan kondisi operasi yang berbeda menggunakan kedua alat ini. Data yang diperoleh dari pengukuran *pyrometer* dan *thermogun* dianalisis untuk mengevaluasi tingkat akurasi, presisi, dan konsistensi dari masing-masing metode. Hasil analisis menunjukkan bahwa *pyrometer* memiliki akurasi yang lebih tinggi dibandingkan *thermogun*, terutama pada suhu yang lebih tinggi. Selain itu, *pyrometer* juga menunjukkan konsistensi yang lebih baik di berbagai kondisi lingkungan. Temuan ini mengindikasikan bahwa *pyrometer* lebih andal untuk pengukuran suhu billet baja dalam kondisi industri yang memerlukan tingkat akurasi tinggi. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pemilihan dan validasi alat pengukur suhu yang tepat di industri baja, serta dapat menjadi pedoman untuk meningkatkan proses produksi.

Kata kunci: Pirometer, Thermogun, Validasi Pengukuran.

ABSTRACT

Accurate temperature measurement of steel billets is essential in the manufacturing industry to ensure the quality of the final product. This study aims to validate the temperature measurement of steel billets using a pyrometer, the results of which are then compared with a thermogun as a reference. Measurements were carried out at various points and operating conditions using both tools. Data obtained from pyrometer and thermogun measurements were analyzed to evaluate the level of accuracy, precision, and consistency of each method. The results of the analysis showed that

the pyrometer had higher accuracy than the thermogun, especially at higher temperatures. In addition, the pyrometer also showed better consistency in various environmental conditions. These findings indicate that the pyrometer is more reliable for measuring the temperature of steel billets in industrial conditions that require a high level of accuracy. This study provides an important contribution to the selection and validation of the right temperature measuring tool in the steel industry and can be a guideline for improving the production process.

Kata kunci: Pyrometer, Thermogun, Measurement Validation.

1. PENDAHULUAN

Pengukuran suhu baja merupakan aspek krusial dalam industri manufaktur, karena suhu yang akurat berpengaruh pada kualitas produk baja akhir. Dalam beberapa tahun terakhir, thermogun semakin populer sebagai alat ukur suhu non-kontak yang praktis dan efektif, terutama digunakan untuk mengukur suhu tubuh manusia melalui pengukuran di dahi [1]. Pengukuran suhu baja billed adalah langkah penting dalam industri manufaktur, terutama di PT. Krakatau Baja Konstruksi, salah satu perusahaan baja terkemuka di Indonesia yang berdiri sejak tanggal 24 juli 1992, yang pada awalnya bernama PT. Krakatau Wajatama. Perusahaan ini dikenal sebagai produsen utama berbagai produk baja seperti Deformed and Plain Bars, Equal Angle, U-Channel, WF Beam, I Beam, dan Wire Rod. Pengukuran suhu baja billed tidak hanya esensial untuk memastikan kualitas material, tetapi juga untuk menjaga efisiensi dan keselamatan dalam proses manufaktur. Dalam beberapa tahun terakhir, pyrometer inframerah telah menjadi metode pengukuran yang populer di industri baja karena kemampuannya mengukur dengan akurat dari jarak jauh tanpa kontak langsung dengan objek. Namun, untuk memastikan efektivitas dan akurasi metode ini,

diperlukan validasi pengukuran suhu menggunakan pyrometer inframerah dengan membandingkannya dengan thermogun. Thermogun juga mengukur suhu berdasarkan radiasi inframerah, tetapi memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri, sehingga perbandingan antara kedua alat ini penting untuk menilai kesesuaian dan keefektifan pengukuran suhu baja billed di PT. Krakatau Baja Konstruksi.

Pyrometer adalah sensor suhu non-kontak yang mampu memenuhi kebutuhan pemantauan suhu pada objek dengan temperatur tinggi. Dalam kaitannya dengan pemantauan suhu logam cair selama proses pengecoran, pyrometer jenis two-color adalah yang paling sesuai. Hal ini karena pyrometer two-color memiliki kelebihan dalam mengukur suhu absolut permukaan tanpa memerlukan data emisivitas dari permukaan objek, serta mampu mengatasi kondisi lingkungan berdebu yang bisa memengaruhi akurasi pengukuran [2]. Thermogun bekerja berdasarkan prinsip termometer inframerah, di mana semua objek memancarkan energi inframerah. Semakin tinggi suhu yang terbaca, semakin aktif molekul dan semakin besar energi inframerah yang dipancarkan. Ketika diarahkan ke suatu objek, thermogun akan menangkap radiasi elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh objek tersebut. Radiasi inframerah ini kemudian melewati lensa termometer dan menuju sensor suhu yang disebut thermopile. Thermopile mengubah radiasi menjadi energi panas, yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik. Energi listrik ini diukur oleh termometer dan hasil pengukurannya ditampilkan pada layar thermogun [3].

Penelitian ini bertujuan untuk memvalidasi pengukuran suhu baja billed menggunakan pyrometer inframerah dengan membandingkannya dengan thermogun. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi pengukuran suhu di industri manufaktur, serta menunjukkan potensi pyrometer inframerah sebagai alat ukur suhu yang andal di PT. Krakatau Baja Konstruksi.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan studi literatur untuk menyajikan analisis yang menyeluruh terhadap topik yang dibahas. Studi literatur merupakan kegiatan penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan informasi dan data dari berbagai sumber pustaka, seperti buku referensi, penelitian sebelumnya, artikel, catatan, dan jurnal yang relevan dengan masalah yang sedang diteliti. Proses pengumpulan, pengolahan, dan penyesuaian data dilakukan secara sistematis menggunakan metode atau

teknik tertentu untuk mencari solusi atas permasalahan yang dihadapi [4]. Penelitian kuantitatif adalah penelitian ilmiah yang dilakukan secara sistematis untuk mempelajari berbagai bagian, fenomena, serta hubungan kausalitas di antara mereka. Penelitian ini didefinisikan sebagai investigasi yang terstruktur terhadap suatu fenomena dengan mengumpulkan data yang dapat diukur melalui penggunaan teknik statistik, matematika, atau komputasi [5]. Metode penelitian kualitatif adalah proses eksplorasi yang bertujuan untuk memahami makna dari perilaku individu dan kelompok dalam konteks sosial. Penelitian ini berfokus pada menggambarkan masalah sosial serta memahami bagaimana orang memaknai pengalaman mereka [6].

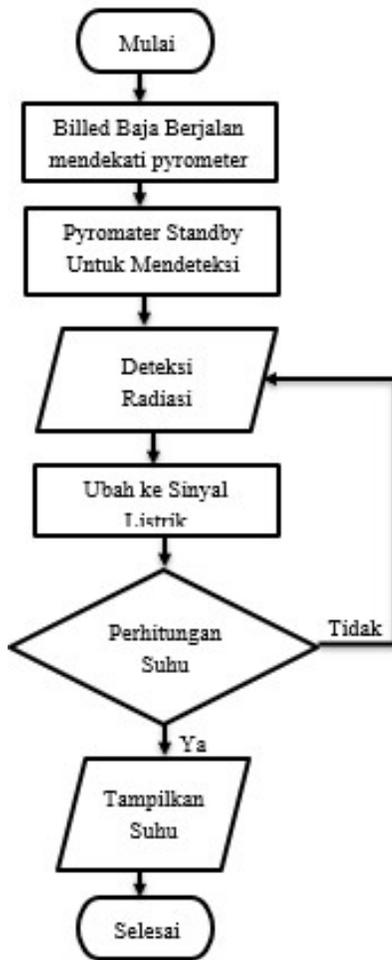
Penelitian ini dilakukan dipabrik PT. Krakatau Baja Konstruksi, dimana sampel yang dipakai merupakan billet baja yang diambil secara berjarak dari jalur produksi. Pengukuran suhu pada setiap sampel dilakukan 3 kali dalam jangka waktu yang bersamaan menggunakan pyrometer dan thermogun sebagai pembanding hasil pengukuran, untuk mengurangi perbedaan suhu akibat proses pendinginan. Pada kegiatan ini menggunakan 2 alat ukur yaitu alat ukur pyrometer dan alat ukur thermogun dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 3.



Gambar 1. Alat Ukur Pyrometer

Pada gambar 1 Merupakan alat ukur yang berupa sensor pyrometer. Sensor ini merupakan sensor suhu yang memerlukan pengecekan harian. Pengecekan dilakukan secara visual untuk memastikan bahwa sensor (pyrometer) dalam kondisi bersih, sehingga dapat berfungsi dengan optimal [7].

Pyrometer optik mampu mengukur suhu di atas 600° Celsius. Cara kerjanya adalah dengan mendeteksi radiasi pada panjang gelombang tertentu dan membandingkannya dengan cahaya dari lampu standar yang kecerahannya bisa disesuaikan. Arus yang mengalir melalui filamen lampu dapat dikalibrasi langsung untuk menunjukkan suhu objek yang diukur. Berikut terdapat diagram alur cara kerja alat ukur pyrometer pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alur Cara Kerja Pyrometer

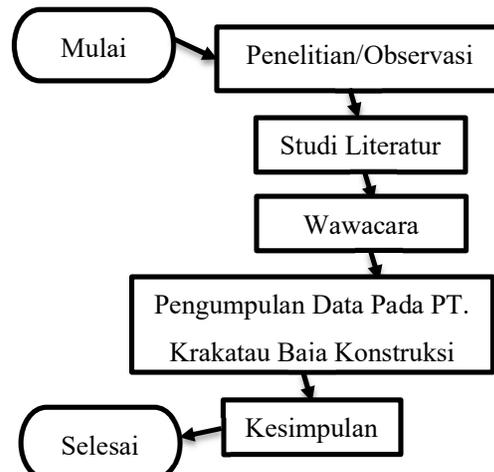
Pada gambar 2 Diperlihatkan alur kerja pyrometer sebagai alat penghitung suhu baja. Dimulai dengan billed baja berjalan diatas roll table yang akan mendekati pyrometer. Ketika sudah didepan, pyrometer akan mendeteksi radiasi dan akan diubah menjadi sinyal listrik. Setelah berubah menjadi sinyal listrik akan memasuki tahap perhitungan suhu untuk menampilkan tampilan suhu akhir.



Gambar 3. Alat Ukur Thermogun

Gambar 3 Diatas merupakan alat ukur thermogun. Thermogun merupakan termometer non kotak infra merah (IR), termometer ini membantu dalam pengukuran suhu suatu benda dengan waktu deteksi lebih cepat dan dapat mengukur lebih banyak suhu dalam waktu singkat, thermogun ini dapat ditembakkan diaerah manapun yang sekiranya memiliki suhu tinggi [8]. Alat ukur thermogun yang digunakan merupakan thermogun yang digunakan pada industri. Thermogun industri memiliki kemampuan pengukuran yang lebih luas, dengan rentang suhu hingga 500 °C atau lebih, serta tingkat akurasi sekitar 1,5 °C [9]. Thermogun adalah alat pengukur suhu atau termometer dengan metode non-kontak, yang berarti pengukuran dilakukan tanpa menyentuh objek yang diukur. Direktur Standar Nasional Satuan Ukuran Termoelektrik dan Kimia dari Badan Standardisasi Nasional (BSN), Ghufroon Zaid, menjelaskan bahwa terdapat dua jenis thermogun yang beredar di masyarakat, yaitu thermogun klinis untuk mengukur suhu tubuh manusia dan thermogun industri [10]. Cara kerjanya adalah dengan mendeteksi radiasi inframerah yang dipancarkan oleh permukaan baja dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang menunjukkan suhu. Thermogun sering digunakan dalam industri konstruksi dan manufaktur untuk memantau suhu baja selama proses seperti pemanasan, pendinginan, atau pengelasan, yang sangat mempengaruhi kualitas material baja. Alat ini juga memiliki keuntungan dari segi portabilitas dan kemudahan penggunaan.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran suhu antara kedua alat tersebut guna menentukan alat mana yang lebih akurat dalam mengukur suhu billet baja. Akurasi pengukuran suhu billet baja sangat krusial karena mempengaruhi kualitas akhir produk baja [11]. Pengukuran yang tepat diperlukan agar proses produksi dapat berjalan efisien dan menghasilkan produk baja berkualitas tinggi.



Gambar 4. Diagram Alur Metode Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pendapat penulis terhadap cara alat ukur pyrometer dapat mengukur suhu billed baja dan menghasilkan titik total suhu akhir yang telah terdeteksi yaitu ketika produksi baja pada area section mill telah berjalan atau mulai memproduksi dan billed baja telah memasuki tahap pembakaran pada furnace. Billed baja tersebut akan berjalan melalui pyrometer dan disitulah pyrometer akan mendeteksi suhu billed baja melewati cahaya inframerah yang dihasilkan oleh pembakaran didalam furnace.

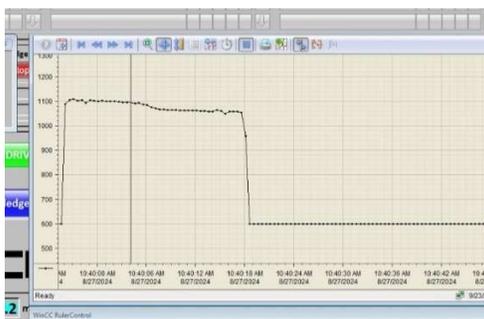
Pengambilan sampel pengukuran billed baja dengan menggunakan pyrometer dilakukan 3 kali dengan posisi yang sama yang akan dibandingkan dengan alat ukur thermogun yang dilakukan pengukuran dengan satu waktu bersamaan.

A. Pengukuran Pyrometer dan Thermogun Pertama

Pada pengukuran pertama suhu billed baja menggunakan pyrometer berjalan dengan normal hingga sampai menghasilkan nilai suhu tinggi yaitu 1110°C. Pengukuran tersebut dilakukan dengan jarak yang telah ditetapkan oleh pabrik sesuai posisi tempat tersebut. Alat ukur pyrometer menggunakan media angin sebagai pendingin setelah dilewati billed baja yang panas setelah pengukuran selesai. Hasil pengukuran pyrometer dapat dilihat pada gambar 4 dan diperkuat dengan gambar grafik hasil pengukuran pyrometer pada gambar 5.



Gambar 5. Pengukuran Pyrometer 1



Gambar 6. Hasil Grafik Pyrometer

Hasil pada gambar diatas merupakan hasil pengukuran pada sampel billed baja pertama. Sampel billed baja pertama memiliki tingkatan suhu panas sebesar 1110°C yang terpapar pada display sevensegment pyrometer. Hasil besaran suhu billed baja yang tertangkap oleh pyrometer akan ditransferkan kepada layar komputer operator dengan menggunakan melalui PLC SIEMENS S7-1500 sebagai pentransfernya. Berikut ini pengukuran menggunakan thermogun sebagai pembanding dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Pengukuran 1 Thermogun

Dapat dilihat pada hasil pengukuran pertama dengan menggunakan thermogun memiliki hasil 1042°C, hasil tersebut berbeda dengan pyrometer walaupun dilakukan pengukurannya berada pada tempat dan waktu yang bersamaan. Mengapa bisa terjadi seperti ini, karena kedua alat ukur ini memiliki perbedaan utama yaitu terdapat pada sensitivitas pada inframerah yang terdapat pada kedua alat tersebut. Pyrometer biasanya lebih akurat dalam melakukan pengukuran suhu tinggi dan memiliki kapasitas suhu yang luas dibandingkan dengan thermogun.

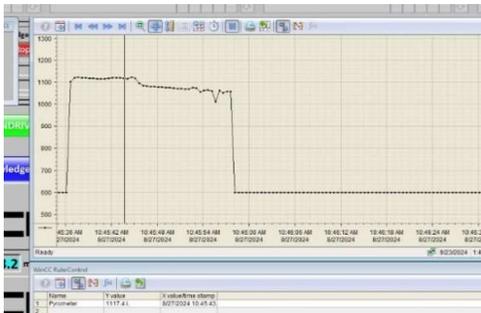
B. Pengukuran Ke-Dua

Selanjutnya pada pengukuran kedua yang dilakukan dengan cara sama seperti pengukuran sebelumnya yang dilakukan pada posisi dan waktu yang bersamaan. Pengukuran kedua ini memiliki total suhu billed baja sebesar 1117°C. Bukti pengukuran suhu billed baja kedua dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Pengukuran Pyrometer 2

Pada pengukuran billed baja pada sampel kedua, suhu yang dihasilkan pyrometer lebih tinggi dari pengukuran pertama. Hal itu bisa dikarenakan sensor inframerah yang terdapat pada pyrometer menangkap lebih besar cahaya inframerah yang dipancarkan oleh billed baja dan sensitivitas inframerah pada pyrometer bekerja. Pada pengukuran kedua ini dihasilkan grafik hasil dari pengukuran pyrometer yang telah terdeteksi. Grafik dapat dilihat pada gambar 9. Pada hasil gambar grafik dibawah merupakan hasil pengukuran sebesar 1117°C diatas memiliki perbedaan dengan hasil gambar grafik pertama. Titik perbedaan grafik terletak pada bagian tertinggi dari grafik yang terjadi. Pada gambar grafik pertama titik tertinggi terjadi tidak konstan atau hanya sepersekian detik saja, tetapi pada gambar kedua ini titik tertinggi terjadi begitu konstan seperti apa yang ditampilkan pada gambar grafik berikut.



Gambar 9. Hasil Grafik Pyrometer

Hal tersebut bisa disebabkan karena frekuensi cahaya inframerah yang ditangkap oleh pyrometer tidak begitu tertangkap lama dan billed bajapun segera berpindah tempat. Pada hasil grafik yang terdapat setelah pyrometer melakukan pengukuran terhadap sampel ke-2 billed baja didapatkan hasil akhir yang tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran pyrometer pertama. Hasil pengukuran pyrometer pertama dan kedua memiliki masing masing nilai besaran yaitu 1110°C dan 1117°C. Pyrometer merupakan alat yang umum digunakan untuk mengukur suhu dalam lingkungan industri, khususnya pada material baja. Alat ini berfungsi dengan cara mendeteksi radiasi inframerah yang dipancarkan oleh permukaan material, sehingga tidak memerlukan kontak langsung dengan objek yang diukur [12]. Setelah melakukan pengukuran suhu billed baja menggunakan pyrometer dan telah didapatkan suhu yang diperkuat oleh data berupa grafik, setelah itu berikut ini pengukuran menggunakan thermogun dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Pengukuran 2 Thermogun

Pada gambar hasil pengukuran thermogun diatas menunjukkan hasil akhir 1095°C. Hasil pengukuran tersebut lebih rendah dibandingkan hasil pengukuran billed baja yang dilakukan petama kali. Hal ini bisa disebabkan oleh Suhu permukaan baja yang dapat mengalami fluktuasi, terutama ketika baja sedang dalam proses seperti pemanasan atau pendinginan. Karena perubahan suhu terjadi dengan cepat, thermogun dapat menangkap pembacaan suhu yang berbeda setiap kali dilakukan pengukuran.

C. Pengukuran Ke-Tiga

Setelah melakukan pengambilan sampel perhitungan kedua, peneliti melakukan pengukursn terakhir atau ke-tiga dengan tempat yang sama dan menggunakan sampel baja panas yang berbeda. Pengukuran ini memiliki hasil pengukuran suhu baja sebesar 1090°C. Berikut ini tampilan total suhu billed baja yang terukur dengan pyrometer pada gambar 10.



Gambar 11. Pengukuran Pyrometer 3

Pada hasil pengukuran terakhir memiliki hasil pengukuran sebesar 1090°C. Hasil ini menurun dari pengukuran 1 dan 2 yang telah dilakukan. Pengukuran 1 dan 2 sebesar 1110°C dan 1117°C. Penurunan suhu ini

sebesar 20°C - 27°C penurunan suhu. Hal ini bisa saja disebabkan perubahan suhu yang dialami billed baja yang terjadi ketika billed baja bergerak keluar dari tempat pembakaran.



Gambar 12. Hasil Grafik Pyrometer

Pada hasil grafik yang terdapat setelah pyrometer melakukan pengukuran terhadap sampel ke-3 billed baja didapatkan hasil akhir yang tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran pyrometer pertama dan kedua. Hasil pengukuran pyrometer pertama, kedua dan ketiga memiliki masing masing nilai besaran yaitu 1110°C, 1117°C, dan 1090°C.



Gambar 13. Hasil Grafik Pyrometer

Hasil pengukuran ketiga menggunakan thermogun ini mendapatkan hasil sebesar 1065°C. Alat thermogun ini digunakan sebagai pembundung alat ukur pyrometer pada penelitian kali ini. Dari kedua alat tersebut manakah yang lebih akurat dalam konteks pengukuran suhu billed baja dalam suhu yang tinggi. Hasil pengukuran thermogun pertama dan kedua memiliki hasil yaitu 1042°C, dan 1095°C. Hasil penurunan dan kenaikan pengukuran sebesar +23°C dan -30°C.

D. Hasil Perbandingan Pengukuran

Dari hasil pengukuran diatas yang telah dilakukan terhadap kedua alat ukur pyrometer dan thermogun akan dibuat menjadi tabel dan akan dilihat dari hasil pengukuran mana yang lebih akurat dari percobaan pengambilan 3 sampel pengukuran yang sudah dilakukan. Ke-3 pengambilan sampel suhu pada billed baja yang telah dilakukan diambil secara bergantian dengan waktu yang berbarengan dengan alat ukur pyrometer dan

thermogun. Keakuratan kedua alat dilihat dari jarak hasil pengukuran pertama, kedua, dan ketiga apakah jarak ketiganya jauh atau berdekatan. Tabel dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Pengukuran Pyrometer dan Thermogun

No.	Pengukuran Pyrometer	Pengukuran Thermogun
1	1110°C	1042°C
2	1117°C	1095°C
3	1090°C	1065°C

Pada tabel diatas merupakan hasil hasil pengukuran dari kedua alat ukur yang telah dilakukan. Keakuratan pengukuran suhu baja dengan pyrometer dan thermogun berbeda, di mana pyrometer umumnya lebih akurat dibandingkan thermogun. Pyrometer dirancang khusus untuk mengukur suhu tinggi, terutama di industri seperti peleburan logam atau produksi baja, di mana suhu material bisa mencapai ribuan derajat Celsius. Menggunakan teknologi inframerah atau optik, pyrometer dapat mendeteksi suhu secara akurat tanpa terpengaruh oleh faktor lingkungan seperti pantulan atau debu. Selain itu, Pyrometer bekerja dengan mendeteksi panas atau radiasi yang dipancarkan oleh objek tanpa kontak langsung. Suhu diukur berdasarkan intensitas radiasi yang diterima. Alat ini memiliki dua bagian utama, yaitu sistem optik dan detektor, yang berperan dalam pengukuran suhu permukaan objek [13]. Oleh karena itu, pengembangan pyrometer tidak hanya meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam proses industri, tetapi juga menyediakan data real-time yang krusial untuk mendukung pengambilan keputusan yang akurat dalam mengendalikan proses produksi [14]. Selain itu, thermogun memiliki batasan dalam mengukur suhu tinggi dan dalam kondisi lingkungan ekstrem. Alat ini juga lebih terpengaruh oleh kondisi lingkungan, seperti pantulan radiasi panas dari objek di sekitarnya, yang dapat mengakibatkan hasil pengukuran yang tidak akurat [15]. Disisilain, thermogun lebih sederhana dan umumnya digunakan untuk mengukur suhu permukaan yang lebih rendah. Meski thermogun cepat dan mudah digunakan, hasil pengukurannya sering kali bervariasi karena dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti besar kecilnya rasio energi permukaan baja, sudut pengukuran, serta jarak antara alat dan permukaan. Thermogun lebih rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan, terutama pada material yang mengkilap atau tidak rata, sehingga

keakuratannya biasanya lebih rendah dibandingkan dengan pyrometer, terutama saat mengukur suhu tinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian mengenai validasi pengukuran suhu baja dengan pyrometer, disimpulkan bahwa pyrometer adalah alat yang efisien dan akurat untuk mengukur suhu tinggi, terutama dalam industri baja. Alat ini dapat mendeteksi radiasi inframerah yang dipancarkan baja tanpa kontak langsung, sehingga memberikan keamanan dan kecepatan dalam proses produksi. Namun, tingkat akurasi pengukuran pyrometer sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan baja, seperti variasi emisivitas akibat oksidasi atau korosi. Oleh karena itu, untuk mendapatkan hasil yang akurat, perlu dilakukan penyesuaian emisivitas dan kalibrasi pyrometer secara teratur.

Penelitian ini juga menegaskan pentingnya validasi pengukuran suhu dengan pyrometer untuk meningkatkan akurasi pengukuran dalam kondisi industri yang ekstrem. Selain itu, perbandingan hasil pengukuran pyrometer dengan menggunakan alat ukur thermogun sebagai pembanding. Metode ini digunakan untuk melihat dari kedua alat tersebut mana yang lebih presisi dapat membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi. Oleh karena itu, disarankan agar industri baja menggunakan pyrometer yang telah divalidasi dan dikalibrasi dengan baik, serta memperhatikan kondisi lingkungan dan material untuk mendapatkan hasil pengukuran yang maksimal.

REFERENSI

- [1] Widoyono R, "Thermogun Otomatis Berbasis Arduino Uno". *Tugas Akhir*, pp. 8-10, 1 September 2021.
- [2] Fathurrohman M; Anugrah E E; Robby D R, "Optimalisasi Sistem Monitoring Temperatur Logam Cair pada Proses". *TEKNIK*, vol. III, no. 42, p. 2, 2021.
- [3] Supriyanto; Sri W, "Alat Pengukur Suhu Tubuh Non Kontak". *Medika Teknika : Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, vol. III, no. 1, pp. 2-7, 2021.
- [4] Rahmadhani, Putri., Ardi, "View of Studi literatur: Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Terhadap Keterampilan Jurnal Amplifier November 2024 Vol 14 No 2 P-ISSN 2089-2020 dan E-ISSN 2622-2000 10.33369/jamplifier.v14i2.37321 Kolaborasi Peserta Didik". *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. VIII, no. 1, pp. 5153-5162, 2024.
- [5] A. Rustamana, P. Wahyuningsih, M. F. Azka, P. Wahyu, "Penelitian Metode Kuantitatif". *Sindora Cendikia Pendidikan*, vol. V, no. 6, pp. 1-10, 2004.
- [6] A. Ultavia. B, P. Jannati, F. Malahati, Qathrunnada, Shaleh, "Kualitatif : Memahami Karakteristik Penelitian Sebagai Metodologi," *Jurnal Pendidikan Dasar*, vol. II, no. 11, 2023.
- [7] S. Husein. 2024. *Preventive Maintenance Mesin Induction Heat 300 kW/6 kHz Di PT. Pulogadung Tempa Jaya*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2024.
- [8] Rosanti M N; Dwi T R; Dewanto H. "Pengembangan Thermogun Berbasis IOT Menggunakan Aplikasi," *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, vol. XII, no. 1, p. 36, 2022.
- [9] M. I. D. P. R. O. A. W. Finaka, Artist, *Thermo Gun Klinis Aman Untuk Cek Suhu Tubuh*. [Art]. Indonesia Baik, 2021.
- [10] M. Z. A. Khafid, Artist, *Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Intidaya Dinamika Sejati*. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 2024.
- [11] Syahputra E F. "Pengendalian Kualitas Produk Billet Baja KS1008 Di PT. Krakatau Steel Cilegon Menggunakan Grafik Kendali Maximum Multivariate Exponential Weighted Moving Average (MAX-MEWMA)," in *Tugas Akhir*, Surabaya, Program Studi Sarjana Departemen Statistika Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data Institute Teknologi Sepuluh November, 2019, pp. 1-7.
- [12] Wang L; Li J, "Advances in pyrometric measurement in high-temperature industrial processes," *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, vol. V, p. 141, 2019.
- [13] hexanasemestaid, "Hexana Semesta," Pyrometer, 27 September 2022. [Online]. Available: <https://www.hexana.co.id/post/pyrometer>. [Accessed 22 Oktober 2024].
- [14] F. Muhammad , et. al, "Optimalisasi Sistem Monitoring Temperatur Logam Cair pada Proses Pengecoran menggunakan Pyrometer Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal TEKNIK*, vol. III, no. 42, pp. 299-308, 2021.
- [15] Setiawan, I., "Pengaruh Emisivitas dan Lingkungan terhadap Akurasi Pengukuran Suhu

Thermogun," *Jurnal Teknologi dan Industri*, vol.
I, no. 12, pp. 45-53, 2019.