

Pengaruh Kecepatan Pengadukan Air Kopi Terhadap Resistansi Sensor CuNi, Konsentrasi CO₂, Suhu Dan Kelembaban Udara Di Sekitar Kopi Seduh

Faiz Alhasan* , Moh. Thoifur
Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia
Email: faizalhasan@mulia.or.id*

Abstrak

Penelitian ini menyelidiki pengaruh kecepatan pengadukan terhadap karakteristik kopi seduh dengan pendekatan eksperimental. Pengadukan dilakukan secara otomatis menggunakan stirrer. Lima variasi kecepatan pengadukan yang didasarkan pada tegangan yang terbaca oleh multimeter yang terhubung dengan stirrer. Lima variasi terbut pada 2.75V, 3.00V, 3.25V, 3.50V, dan 3.75V diaplikasikan pada kopi yang diseduh dengan air 65°C sebanyak 400ml dalam sistem tertutup. Pengukuran dilakukan menggunakan sensor CuNi untuk resistansi, sensor gas CO₂, serta sensor suhu dan kelembaban, dengan data direkam setiap 0.5 detik selama 5 menit menggunakan Logger Pro sehingga secara keseluruhan menghasilkan 300 data. Hasil menunjukkan pola resistansi sensor CuNi yang berbeda secara signifikan, dengan nilai terendah (38-40 Ω) dan paling stabil pada kecepatan 3.50V. Deteksi gas CO₂ terjadi lebih cepat seiring meningkatnya kecepatan pengadukan, dengan waktu deteksi tercepat pada 3.75V. Parameter lingkungan menunjukkan bahwa suhu mulai terbaca pada rentang 25-35°C dan kemudian meningkat secara gradual selama rentang waktu pengamatan, sementara kelembaban mencapai kondisi stabil dalam waktu kurang dari 30 detik tanpa adanya perbedaan berarti antar perlakuan. Temuan ini mengindikasikan bahwa kecepatan pengadukan 3.50V merupakan kondisi optimal untuk distribusi partikel yang homogen dan stabilitas pengukuran sensor, tanpa memberikan dampak signifikan terhadap kondisi termal dan higrometrik lingkungan seduhan. Penelitian ini memberikan dasar ilmiah untuk optimasi metode penyeduhan kopi berbasis sensor.

Kata kunci: sensor CuNi, dinamika seduhan kopi, pelepasan CO₂, Suhu, Kelembaban



PENDAHULUAN

Kopi termasuk komoditas perkebunan yang populer dan menjadi minuman favorit masyarakat luas, tidak hanya di Indonesia tetapi juga di seluruh dunia (Wahyudi, Martini, & Suswatiningsih, 2018). Hal tersebut sampai sekarang menjadi kebiasaan bagi sebagian masyarakat yang menjadikan alasan kebutuhan akan kopi ini pun semakin besar (Solikaton, Kartono, & Demartoto, 2015). Sebagai salah satu negara pengasil kopi, Indonesia juga turut andil menyediakan stok kopi di kancah dunia (Widiastutie, Kusuma, Pradhanawati, & Sardjono, 2022). Tahun 2020 komoditas kopi di Indonesia konsisten selama 9 tahun berturut-turut menempati posisi keempat (Ibnu & Rosanti, 2022). Produksi kopi di Indonesia pada tahun 2022 mencapai 794,8 (Sholikhati et al., 2023) dan sebagian produksi tersebut meramaikan keanekaragaman produk kopi dunia dengan nilai angka ekspor sebesar 437,5 ton berdasarkan data BPS yang dikeluarkan tahun 2024.

Kopi telah merasuk ke dalam keseharian masyarakat, dinikmati di berbagai tempat mulai dari rumah hingga kafe (Nediari & Hendrassukma, 2021). Cita rasanya yang khas serta aromanya yang berbagai macam menjadikannya lebih dari sekadar minuman saja melainkan sebuah budaya dan gaya hidup (Yusuf, Sentosa, & Marnis, 2022). Faktor seperti daerah asal, proses panen, dan teknik pengolahan turut membedakan rasa setiap jenis kopi, menawarkan pengalaman yang unik bagi penikmatnya (Nurul Asiah et al., 2022). Hal tersebut bisa terjadi dikarenakan kimia ekstrak kopi yang membuat aroma dan rasa kopi yang beragam serta

memberikan dampak positif maupun negatif pada kesehatan penikmatnya (Sholikhati et al., 2023).

Sebelum siap dikonsumsi, biji kopi melalui proses transformasi melibatkan berbagai tahap pengolahan sampai menjadi minuman (Sunarharum et al., 2025). Mutu kopi yang sesungguhnya baru bisa dinilai setelah melalui proses penyeduhan dan terwujud dalam cangkir sajian, memamerkan kompleksitas rasa dan keharumannya yang khas (Susandi, 2019). Kopi yang diseduh dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kualitas biji kopi, cara pemanggangan, air yang digunakan untuk menyeduh dan termasuk juga metode penyeduhan (Amri et al., 2021). Ada banyak cara penyeduhan kopi seperti seperti tubruk atau diaduk secara manual, Vietnam drip, espresso dan sebagainya (Putri et al., 2023). Kesemua cara yang dipilih pada penyeduhan kopi tersebut akan mempengaruhi karakteristik kopi yang dihasilkan (Asiah, Septiyana, Saptono, Cempaka, & Sari, 2017).

Dalam konteks ilmiah, penyeduhan kopi merupakan proses transfer massa yang melibatkan ekstraksi senyawa volatil dan non-volatil dari matriks padat (bubuk kopi) ke dalam medium cair (air panas). Proses ini dipengaruhi oleh faktor termodinamika fluida, termasuk konveksi paksa yang dihasilkan oleh pengadukan mekanis. Pengadukan meningkatkan laju transfer massa melalui pengurangan lapisan batas difusi di sekitar partikel kopi, sehingga mempercepat pelepasan senyawa kimia seperti kafein, asam klorogenat, dan gas terlarut seperti CO₂ (Li et al., 2023). Pemahaman mengenai dinamika termal dan pelepasan gas selama penyeduhan sangat penting dalam pengembangan sistem otomatisasi kontrol kualitas seduhan kopi, terutama dalam industri kopi spesialti yang menuntut konsistensi profil sensoris.

Hal sederhana seperti penyeduhan kopi dengan cara diaduk pun dapat memberikan efek pada hasil kopi tersebut. Menurut (Eltri et al., 2022) metode penyeduhan kopi (termasuk pengadukan) mempengaruhi rasa hasil seduhan kopi. Dibuktikan pula oleh (Ahmed et al., 2019) bahwa cara penyeduhan yang berbeda dalam hal ini konvensional dan non konvensional mempengaruhi senyawa yang ada di kopi. Kopi yang diseduh akan melepaskan senyawa volatil seperti CO₂ dan asam organik selama penyeduhan (Amri et al., 2021).

Penyeduhan kopi yang merupakan pertemuan bubuk kopi dengan air akan memicu fenomena pelepasan karbon dioksida (CO₂) akibat proses tersebut. Gas CO₂ ini awalnya terbentuk saat pemanggangan biji kopi dan sebagian besar terperangkap dalam pori-pori biji. Pelepasan gas CO₂ akan meningkat jika perlakuan pengadukan pada proses penyeduhan itu dilakukan secara berbeda. Hal ini terjadi karena adanya kontak yang lebih luas antara lingkungan sekitar dengan air kopi yang telah diseduh. Semakin tinggi intensitas pengadukan maka akan mempercepat proses penguapan gas CO₂ dalam kopi (Novita, 2021). Selain itu, proses penyeduhan kopi juga mempengaruhi lingkungan sekitar seduhan kopi akibat penguapan air panas yang bisa jadi menambahkan kelembaban ataupun perubahan suhu dari kondisi sebelumnya.

Pemilihan material CuNi (tembaga-nikel) sebagai sensor dalam penelitian ini didasarkan pada sifat elektrokimia dan termal yang unggul. Paduan CuNi menunjukkan konduktivitas listrik yang tinggi akibat kombinasi sifat konduktif tembaga dan stabilitas korosif nikel, yang membuatnya sensitif terhadap perubahan lingkungan ionik dan termal (Yang et al., 2022). Dalam aplikasi sensor elektrokimia, material CuNi telah terbukti memiliki respons yang cepat dan stabil terhadap perubahan komposisi larutan, suhu, dan konsentrasi ion, menjadikannya kandidat ideal untuk pemantauan real-time kondisi seduhan kopi (Zhang et al., 2024). Lebih

lanjut, sensor berbasis logam bimetalik seperti CuNi telah diaplikasikan dalam berbagai sistem deteksi di industri pangan untuk mengukur parameter kualitas seperti pH, konduktivitas, dan aktivitas redoks (Wang et al., 2023). Oleh karena itu, penggunaan sensor CuNi dalam penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan informasi kuantitatif mengenai perubahan lingkungan mikro selama proses penyeduhan kopi (Nurcholis et al., 2025).

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Novita et al. (2021) membahas tentang variasi pengadukan kopi dengan perlakuan sama sebagaimana rencana pada penelitian ini, akan tetapi penelitian tersebut terbatas pada parameter kekeruhan dan warna kopi serta tidak mengukur dampak lain seperti terhadap adanya kandungan gas CO₂, kelembaban ataupun suhu. Sementara itu, penelitian Amri et al. (2021) membahas tentang ekstraksi senyawa kopi termasuk CO₂ pada saat penyeduhan, akan tetapi tidak ada variasi pengadukan yang diberlakukan dalam penelitian tersebut. Di sisi lain, Luo et al. (2025) dalam penelitiannya menggunakan material CuNi sebagai sensor suhu dalam bentuk termokopel yang dikombinasikan dengan material lain untuk meningkatkan ketahanan pada kondisi ekstrem, namun aplikasinya tidak dalam konteks sistem cair atau industri pangan. Penelitian Yang et al. (2022) menunjukkan bahwa sensor CuNi bimetalik berbasis elektrodeposisi memiliki sensitivitas tinggi dalam deteksi glukosa secara non-enzimatik, mengindikasikan potensi aplikasinya dalam sistem berbasis larutan. Namun, belum ada penelitian yang mengintegrasikan penggunaan sensor CuNi dalam mengukur dinamika resistansi pada sistem penyeduhan kopi dengan variasi kecepatan pengadukan (Muhammad, 2023).

Berdasarkan analisis komparatif literatur di atas, teridentifikasi adanya research gap yang signifikan (Septiani, Sapitri, & Rahmatsyah, 2025). Pertama, belum ada penelitian yang secara simultan mengukur respons sensor CuNi, pelepasan CO₂, serta parameter lingkungan (suhu dan kelembaban) dalam satu sistem eksperimen penyeduhan kopi. Kedua, belum ada kajian yang menghubungkan kecepatan pengadukan dengan perubahan resistansi sensor logam dalam konteks sistem cair kompleks seperti kopi seduh. Ketiga, mekanisme fisik dan kimia yang mendasari hubungan antara intensitas pengadukan, distribusi ion dalam larutan, dan respons sensor elektrokimia masih belum banyak dieksplorasi dalam literatur sains pangan.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan industri kopi modern terhadap metode penyeduhan yang konsisten dan terukur secara objektif. Pengembangan sistem sensor berbasis CuNi yang dapat memantau kondisi penyeduhan secara real-time memiliki implikasi praktis dalam otomatisasi quality control pada produksi kopi skala industri. Selain itu, pemahaman mengenai dinamika pelepasan CO₂ dan perubahan parameter fisikokimia selama pengadukan dapat memberikan landasan ilmiah bagi optimasi protokol penyeduhan yang menghasilkan profil sensoris superior. Dari perspektif sains dasar, penelitian ini mengisi gap antara aspek rekayasa sensor dan sains pangan dengan mengintegrasikan pendekatan elektrokimia, termodinamika, dan teknologi pangan dalam satu framework eksperimental.

Oleh karena itu, penelitian ini ditujukan untuk menjembatani gap tersebut dengan menginvestigasi efek pengadukan yang bervariasi terhadap respon resistansi sensor CuNi, konsentrasi CO₂, suhu dan kelembaban dalam sistem kopi seduh. Tujuan spesifik penelitian ini adalah: (1) mengidentifikasi pola perubahan resistansi sensor CuNi sebagai fungsi kecepatan pengadukan, (2) menganalisis kinetika pelepasan gas CO₂ dari seduhan kopi pada berbagai intensitas pengadukan, (3) mengevaluasi pengaruh pengadukan terhadap parameter termal (suhu) dan higrometrik (kelembaban) lingkungan mikro seduhan kopi, dan (4) menentukan

kecepatan pengadukan optimal yang menghasilkan stabilitas pengukuran sensor dan distribusi partikel yang homogen.

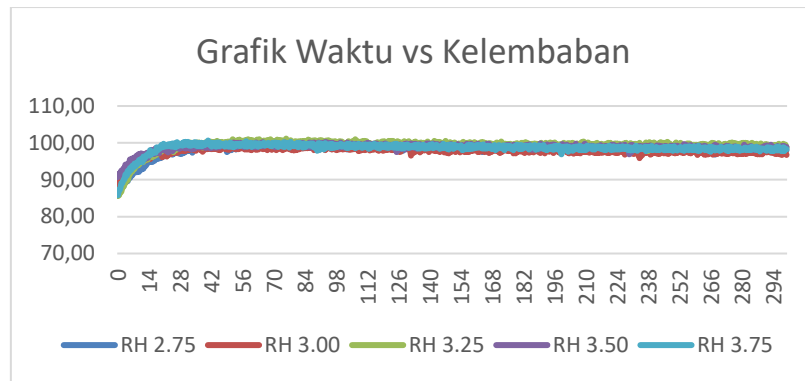
Manfaat teoretis penelitian ini adalah memberikan kontribusi pada pengembangan teori sensor elektrokimia berbasis logam bimetalik dalam sistem larutan kompleks, serta memperkaya pemahaman mengenai fenomena transfer massa dan dinamika fluida dalam proses ekstraksi senyawa dari matriks padat-cair. Manfaat praktis penelitian ini mencakup penyediaan data empiris untuk desain sistem monitoring kualitas seduhan kopi berbasis sensor, yang dapat diaplikasikan dalam pengembangan mesin kopi otomatis dengan kontrol kualitas terintegrasi. Implikasi jangka panjang dari penelitian ini adalah mendukung standarisasi metode penyeduhan kopi berbasis bukti ilmiah, yang dapat meningkatkan konsistensi produk dan kepuasan konsumen dalam industri kopi spesialti.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen deskriptif kuantitatif. Variabel independen berupa kecepatan pengadukan air kopi divariasikan sebanyak 5 level. Kecepatan pengadukan ini berdasar pada tegangan yang terukur pada multimeter yaitu pada tegangan 2.75V, 3.00V, 3.25V, 3.50V, dan 3.75V. Pengadukan ini berlangsung masing-masing satu kali pada setiap kecepatannya dengan kontrol ketat berupa jenis kopi, volume air, massa kopi yang sama serta panas air masing-masing konsisten pada suhu 65oC. Alur pengambilan data dibuat sama pada masing-masing kecepatan mulai dari penyiapan air panas pada alat yang tersedia, penempatan sensor-sensor yang digunakan serta pengaturan aplikasi logger pro yang digunakan. Aplikasi logger pro yang digunakan diatur supaya bisa membaca 2 data setiap detiknya dalam selang waktu 5 menit. Artinya selama 5 menit sensor membaca kondisi lingkungan air kopi yang diamati terbaca sebanyak 600 data. Data yang diperoleh berupa data kuantitatif setiap 0.5 detik serta grafik yang menampilkan visual tren pada masing-masing variabel terikat yaitu suhu, kandungan gas CO₂, resistansi sensor CuNi dan kelembaban udara lokal.

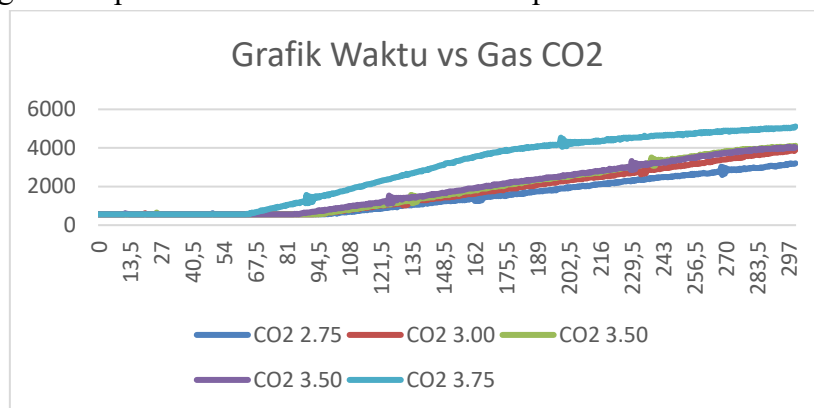
HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen pengadukan air kopi dalam tempat tertutup yang diamati dengan 4 sensor yaitu sensor suhu, kelembaban, sensor gas CO₂, serta sensor CuNi menghasilkan 300 data setiap variasinya. Variasi kecepatan berdasarkan dengan keterbacaan tegangan pengaduk pada multimeter dengan variasi pada 2.75V, 3.30V, 3.25V 3.50V, dan 3.75V. Dari masing-masing variasi eksperimen inilah didapatkan data secara *realtime* sebanyak 300 pada aplikasi *logger pro* yang digunakan. Hal ini dikarenakan aplikasi *logger pro* diatur supaya dapat membaca data pengamatan selama 5 menit serta pengambilan data setiap 0.5 detik. Data-data yang terbaca ini kemudian digabungkan dengan sejenisnya menghasilkan tampilan grafik seperti pada gambar 1, gambar 2, dan gambar 3.



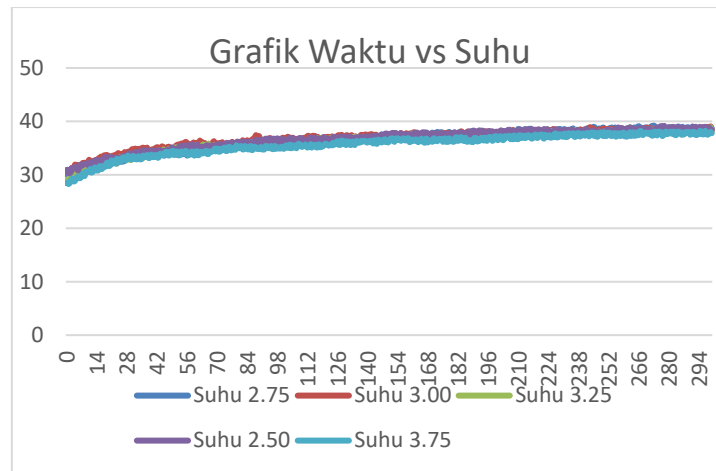
Gambar 1. Grafik waktu vs kelembaban

Data yang ditampilkan gambar 1, kelembaban yang teramati pada lingkungan seduhan kopi menunjukkan perubahan sejak detik pertama terbaca oleh sensor kelembaban. Dari kelima data variasi kecepatan pengadukan, kelembaban masing-masing kondisi relatif sama tidak ada perbedaan yang signifikan. Kondisi lingkungan secara masif berubah semakin lembab sejak detik pertama, akan tetapi kurang dari 30 detik kondisi kelembaban lingkungan terbaca stagnan pada semua variasi kecepatan. Hal ini memberikan gambaran bahwa pengaruh variasi kecepatan pengadukan pada kelembaban seduhan air kopi relatif kecil.



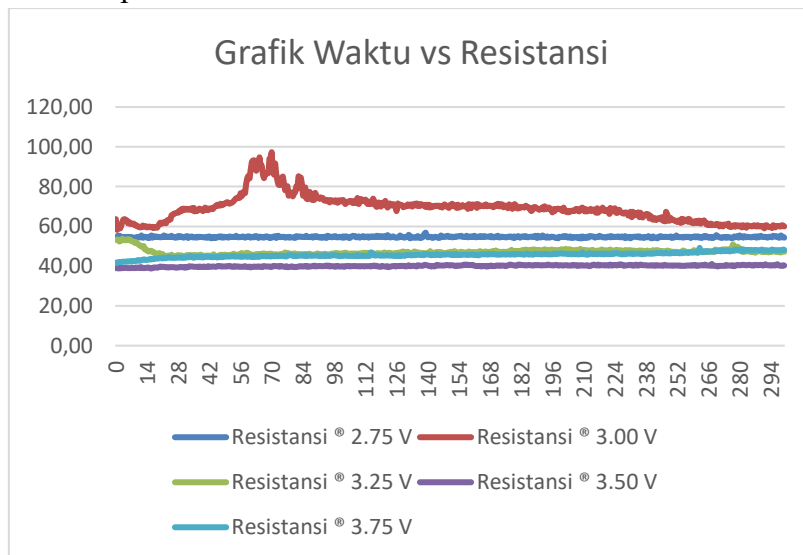
Gambar 2. Grafik Waktu vs gas CO₂

Sensor gas CO₂ yang digunakan dalam eksperimen membaca data kandungan gas CO₂ pada lingkungan seduhan air kopi secara berbeda-beda. Kandungan gas CO₂ paling cepat terdeteksi oleh sensor lebih dari 60 detik. Pada 60 detik awal, sensor belum bisa mendeteksi gas CO₂ pada semua variasi kecepatan, sedangkan pada adukan tercepat yaitu pada kecepatan variasi 3.75V gas CO₂ mulai terdeteksi dan menjadi yang tercepat deteksinya. Secara berurutan gas CO₂ terdeteksi lebih awal dengan semakin cepatnya pengadukan. Jadi mulai dari variasi kecepatan pada 3.75V gas CO₂ terdeteksi paling cepat sedangkan pada variasi kecepatan pengadukan 2.75V awal deteksi kandungan gas CO₂ terlama. Pada gambar 2 menunjukkan semua variasi kecepatan adukan bahwa kandungan gas CO₂ pada lingkungan seduhan air kopi meningkat signifikan setelah mulai terdeteksi kandungannya. Penjelasan serta data yang ditampilkan gambar 2 menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan ini memberikan pengaruh pada waktu terdeteksinya kandungan gas CO₂. Secara berurutan semakin tinggi kecepatan pengadukan semakin cepat juga gas CO₂ terdeteksi oleh sensor gas yang digunakan.



Gambar 3. Grafik waktu vs Suhu

Data ketiga yang bersumber dari gambar 3 merupakan data suhu yang terbaca oleh sensor suhu yang digunakan pada eksperimen. Suhu panas pada tempat eksperimen berasal dari air yang digunakan dalam penyeduhan kopi. Air yang digunakan awalnya berada pada suhu 65⁰C sebelum dimasukkan dalam tempat eksperimen dan ini sebagai kontrol suhu air yang digunakan sama untuk semua variasi kecepatan. Suhu lingkungan air seduhan kopi langsung terbaca oleh sensor suhu dengan rentang suhu 25-35⁰C. Semua data yang terbaca meski berbeda kecepatan adukan air seduhan kopi, terlihat tidak adanya perbedaan yang signifikan. Grafik suhu yang terbaca terlihat berhimpit satu sama lain dengan awal suhu pada rentang 25-35⁰C kemudian naik secara perlahan terus-menerus sampai waktu pengamatan selesai yang diatur selama 5 menit. Meskipun hanya dilakukan satu kali percobaan pada masing-masing variasi, kelima data yang didapat saling menguatkan sebagaimana tampilan grafik pada gambar 3 yang konsisten pada semua variasi kecepatan.



Gambar 4. Grafik waktu vs resistansi

Data terakhir pada gambar 4 merupakan data resistansi yang sebelumnya diketahui dari perhitungan tegangan serta arus yang diperoleh pada saat eksperimen. Data tersebut terbaca oleh sensor dan ditampilkan pada program *logger pro*. Dari data inilah dihitung nilai resistansi berdasarkan persamaan hukum Ohm. Resistansi pada masing-masing kecepatan menjadi terlihat setelah proses perhitungan sebagaimana yang ada pada grafik di gambar 4.

Data resistansi sensor CuNi yang diukur pada berbagai tegangan menunjukkan hubungan yang jelas antara kecepatan pengadukan dan nilai resistansi. Pada kecepatan pertama (2.75V), resistansi cenderung tinggi (rata-rata $\sim 54\text{-}56\ \Omega$) dan stabil, menunjukkan bahwa pengadukan seduhan kopi secara lambat mempengaruhi distribusi ion yang kurang merata. Sementara itu, pada voltase 3.00V, resistansi menunjukkan nilai menengah ($\sim 60\text{-}65\ \Omega$) namun dengan fluktuasi signifikan, termasuk lonjakan tiba-tiba hingga $81.16\ \Omega$ dan $97.31\ \Omega$ pada detik tertentu. Hal ini berbeda dengan data pada kecepatan pertama yang stabil. Perbedaan data ini mengindikasikan bahwa pada kecepatan kedua merupakan zona transisi dimana pengadukan mulai efektif akan tetapi memang belum optimal.

Ketika tegangan ditingkatkan menjadi 3.25V yang merupakan kecepatan ketiga, resistansi turun signifikan ($\sim 45\text{-}53\ \Omega$), memberi gambaran bahwa adanya perubahan pengadukan yang lebih cepat memberikan efek pada seduhan sehingga mempengaruhi homogenitas larutan menjadi lebih baik. Pada kecepatan keempat (3.50V), resistansi mencapai titik terendah ($\sim 38\text{-}40\ \Omega$) dengan stabilitas tinggi, menandakan kecepatan pengadukan ideal dimana distribusi ion seragam dan kontak sensor yang digunakan dengan lingkungan seduhan kopi maksimal. Namun, terjadi keanehan pada kecepatan yang tertinggi (voltase 3.75V), resistansi tidak mengikuti tren seperti sebelumnya yang menurun, justru data menunjukan resistansi mulai meningkat kembali ($\sim 41\text{-}48\ \Omega$) meskipun stabil. Hal ini bisa jadi dipengaruhi oleh kecepatan yang berlebihan pada pengadukan seduhan kopi sehingga mempengaruhi sensor dalam mendeteksi keadaan lingkungan seduhan kopi.

Berdasarkan analisis menyeluruh ini, dapat menunjukan bahwa kecepatan pengadukan memiliki pengaruh signifikan dan kompleks terhadap resistansi sensor CuNi. Hal ini terlihat dari data pada gambar 4 yang menunjukan perbedaan resistansi pada masing-masing kecepatan. Pada tegangan 3.50V terbukti paling optimal dengan resistansi terendah dan stabil, sementara 3.00V menunjukkan karakteristik transisi dengan fluktuasi kurang jelas. Sedangkan pada pengadukan dengan kecepatan sebagaimana yang terukur pada stirrer yaitu 2.75V terbaca terlalu pelan dan pada tegangan 3.75V terlalu cepat sehingga keduanya sama-sama menghasilkan resistansi kurang ideal.

Integrasi hasil pengukuran keempat parameter (resistansi CuNi, CO₂, suhu, dan kelembaban) mengungkapkan bahwa dinamika penyeduhan kopi merupakan sistem multifisika yang kompleks. Korelasi antara waktu deteksi CO₂ dan penurunan resistansi sensor mengindikasikan bahwa pelepasan gas disertai dengan perubahan komposisi ionik larutan, kemungkinan akibat desorpsi senyawa terlarut yang bermuatan. Fakta bahwa suhu dan kelembaban tidak menunjukkan variasi signifikan antar perlakuan menunjukkan bahwa efek pengadukan lebih dominan pada skala mikroskopis (transport massa dan distribusi ion) dibandingkan skala makroskopis (kondisi termal bulk). Temuan ini memiliki implikasi penting untuk desain sistem sensor kopi otomatis, dimana pemilihan kecepatan pengadukan optimal (3.50V) dapat memaksimalkan akurasi dan repeatabilitas pengukuran tanpa menimbulkan gangguan signifikan pada parameter lingkungan.

KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan berupa penyeduhan kopi yang dilakukan dengan air panas pada suhu 650C serta volume air 400ml dan dilakukan dengan variasi kecepatan sebanyak lima

kali memberikan kesimpulan bahwa: Adanya pengaruh pengadukan seduhan kopi terhadap resistansi sensor CuNi, hal ini terbukti dari grafik yang diperoleh dari hasil olahan data yang dikerjakan. Kecepatan pengadukan mempengaruhi resistansi terbukti bahwa pada tegangan 3.50V resistansi paling rendah dan stabil sedangkan pada tegangan 2.75V dan 3.75V resistansi tidak ideal karena kecepatan yang terlalu pelan dan terlalu kencang. Keterbacaan adanya gas CO₂ pada lingkungan seduhan kopi terpengaruh adanya adukan yang divariasikan. Semakin cepat pengadukan memberikan dampak penyebaran gas CO₂ yang lebih cepat. Kondisi suhu serta kelembaban pada lingkungan sekitar seduhan kopi setelah diberikan perlakuan pengadukan yang bervariasi menunjukkan hasil tidak adanya pengaruh yang signifikan. Dari semua variasi yang dilakukan, suhu relatif menunjukkan perbedaan yang kecil, meskipun setelah terbaca oleh sensor suhu semakin naik sedikit demi sedikit selama waktu pengamatan. Senada dengan suhu, kelembaban juga tidak terlalu terpengaruh dengan variasi adukan yang diberikan, perbedaan tidak signifikan. Hanya saja kelembaban lingkungan seduhan kopi hanya terjadi pada awal waktu pengamatan dan kemudian stabil sampai akhir waktu pengamatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M., Jiang, G. H., Park, J. S., Lee, K. C., Seok, Y. Y., & Eun, J. B. (2019). Effects of ultrasonication, agitation and stirring extraction techniques on the physicochemical properties, health-promoting phytochemicals and structure of cold-brewed coffee. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), 290–301. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9186>
- Amri, A. F., Taqiyuddin, M., Atmaka, W., & Herawati, E. R. N. (2021). Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Kopi Arabika Menoreh dengan Teknik Seduhan Cold Brew. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, 8(3), 173. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v8n3.2021.p173-182>
- Eltri, A. P., Simanjuntak, A., Saputra, M. G., Haviz, M., Rafli Akbar, M., Putu, N., Nandini, A., & Darni, Y. (2022). Pengaruh Waktu Blooming Dan Massa Air Terhadap pH, TDS, Dan EC Pada Kopi Robusta Liwa Lampung dengan Metode Aeropress. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri*, 03(01), 16–22.
- Luo, J., Pan, Z., Wu, Z., Li, H., Wang, Q., Lin, Y., Lin, L., Zheng, A., & Liu, C. (2025). A New Type of CuNi/TiB₂ Thin-Film Thermocouple Fabricated by Magnetron Sputtering. *Coatings*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/coatings15020142>
- Novita, Elida, PradanaH. A., & Siti Nur Aenia. 2021. Perlakuan Waktu dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Efektivitas Adsorpsi Air Limbah Kopi. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 9(2),
- Putri, S. V. A. R., Mulyadi, A. F., & Maligan, J. M. (2023). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan-VIII Literature Review: The Effect of Brewing Techniques on the Chemical, Physical, and Sensory Characteristics of Robusta Coffee.
- Sholikhati, A., Sukoharjanti, B. T., & Rusidah, Y. (2023). Potensi Ekstrak Kopi (*Coffea Sp.*) Sebagai Antioksidan: Review. In *Jurnal Medika Indonesia* (Vol. 4, Issue 2).
- Asiaah, Nurul, Septiyana, Feny, Saptono, Uji, Cempaka, Laras, & Sari, Dessy Agustina. (2017). Identifikasi cita rasa sajian tubruk kopi robusta cibulao pada berbagai suhu dan tingkat kehalusan penyeduhan. *Barometer*, 2(2), 52–56.
- Ibnu, Muhammad, & Rosanti, Novi. (2022). Tren produksi dan perdagangan negara-negara

- produsen kopi terbesar di dunia dan implikasinya bagi Indonesia. *Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan*, 16(2).
- Muhammad, Reza. (2023). *Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kekentalan Minuman Kopi Menggunakan Sensor Light Dependent Resistor (LDR) Berbasis Arduino*. Universitas Malikussaleh.
- Nediari, Amarena, & Hendrassukma, Dila. (2021). Transformasi Desain Interior KEdai Kopi Dalam Mendukung Perubahan gaya Hidup Masyarakat Penikmati Kopi Lokal Indonesia di Jakarta. *Prosiding Seminar Nasional Desain Sosial (SNDS)*, 1(1), 289–295.
- Nurcholis, Mochamad, Maligan, Jaya Mahar, Sunarharum, Wenny Bakti, Mahatmanto, Tunjung, Mulyadi, Arie Febrianto, & Sriherfyna, Feronika Heppy. (2025). *Fermentasi Kopi: Dinamika Perubahan Karakteristik Selama Proses*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Nurul Asiah, S. T., Md, Chelsea Epriyani A., Ikom, Ari Kurnia M., Ramadhan, Kurnia, Hidayat, Steve Ganiputra, & Apriyantono, Ir Anton. (2022). *Profil Kopi Arabika Kintamani Bali*. AE Publishing.
- Septiani, Nira, Sapitri, Intan, & Rahmatsyah, Firman. (2025). Digital Transformation in Manufacturing: A Systematic Literatur Review of Performance Impacts and Strategic Gaps Analysis. *IJESM Indonesian Journal of Economics and Strategic Management*, 3(2), 188–206.
- Solikatun, Solikatun, Kartono, Drajat Tri, & Demartoto, Argyo. (2015). Perilaku Konsumsi Kopi Sebagai Budaya Masyarakat Konsumsi (Studi Fenomenologi Pada Peminum Kopi Di Kedai Kopi Kota Semarang). *Jurnal Analisa Sosiologi*, 4(1).
- Sunarharum, Wenny Bakti, Nurcholis, Mochamad, Prananto, Yuniar Ponco, Satria, Dias, Kartika, Annisa Aurora, & Mudzaffar, Syahdad Nabil. (2025). *Pengolahan dan Penyajian Kopi: Untuk Bisnis UMKM Kopi Keliling*. Universitas Brawijaya Press.
- Susandi, Eris. (2019). *Coffee Roasting: Karena Seduhan Kopi Nikmat Berasal dari Proses yang Tepat*. AgroMedia.
- Wahyudi, Enggar, Martini, Rupiati, & Suswatiningsih, Tri Endar. (2018). Perkembangan perkebunan kopi di Indonesia. *Jurnal Masepi*, 3(1).
- Widiastutie, Sophiana, Kusuma, Chusnu Syarifah Diah, Pradhanawati, Ari, & Sardjono, Mustofa Agung. (2022). Diplomasi Kopi Indonesia di Kancanah Dunia. *Indonesian Perspective*, 7(2), 180–204.
- Yusuf, Muhammad Andri, Sentosa, Endri, & Marnis, Marnis. (2022). Pengaruh Gaya Hidup, Cita Rasa, Dan Lokasi Terhadap Minat Beli Konsumen Kopi Pulu Basuki Rachmat Jakarta Timur. *Ikraith-Ekonomika*, 5(1), 10–19.

