

## Analisis Pengaruh Konsentrasi Filler Jagung dan Kedelai terhadap Kekeruhan Larutan Kopi Menggunakan Sensor LDR

Adinda Lailatul Hajiroh<sup>1</sup>  
Mustika Ayu Maharani<sup>1</sup>

### **AFILIASI :**

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika  
dan Ilmu Pengetahuan, Universitas  
Jember

### **ALAMAT:**

Universitas Jember, Jalan  
Kalimantan Tegal Boto, Nomor 37,  
Jember, Jawa Timur 68121

### **ALAMAT:**

Universitas Jember, Jalan Kalimantan  
Tegal Boto, Nomor 37, Jember, Jawa  
Timur 68121

### **KORESPONDENSI:**

Adinda Lailatul Hajiroh  
Tel : +62 815-40049-4673  
Email adindalhj@gmail.com

### **KATA KUNCI:**

Filler Jagung,  
Filler Kedelai,  
Kekeruhan,  
Sensor LDR.

### **JEI**

<https://journal.unej.ac.id/JEI>  
jei@unej.ac.id  
FMIPA UNIVERSITAS JEMBER  
ISSN:3032 3398

### **ABSTRAK**

Kopi merupakan minuman populer yang disukai karena efek stimulasi dan manfaat kesehatannya. Kandungan bioaktif dalam kopi, seperti kafein dan antioksidan, memberikan manfaat seperti meningkatkan konsentrasi dan melawan radikal bebas. Untuk meningkatkan kualitas sensorik dan nilai gizi kopi, berbagai inovasi dilakukan, termasuk penambahan filler seperti kedelai dan jagung. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh konsentrasi filler jagung dan kedelai terhadap kekeruhan larutan kopi menggunakan sensor LDR (Light Dependent Resistor). Data yang dikumpulkan meliputi intensitas cahaya transmisi yang melewati larutan kopi dengan filler pada berbagai konsentrasi. Intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor LDR diukur dalam bentuk voltase (V) untuk merepresentasikan tingkat kekeruhan larutan, di mana kekeruhan yang lebih tinggi menghasilkan intensitas cahaya yang lebih rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis filler memberikan pengaruh berbeda terhadap kekeruhan larutan. Filler kedelai menunjukkan hubungan konsentrasi dan kekeruhan yang lebih konsisten dibandingkan filler jagung, yang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan ukuran dan distribusi partikel dalam larutan. Studi ini memberikan kontribusi bagi industri makanan dan minuman dalam mengembangkan metode efisien untuk mengukur kualitas visual produk menggunakan sensor berbasis cahaya. Namun, penelitian juga mencatat keterbatasan sensitivitas sensor LDR dalam mendeteksi intensitas cahaya pada konsentrasi tertentu, terutama untuk partikel filler berukuran besar. Penelitian lanjutan diperlukan untuk meningkatkan akurasi, misalnya dengan menggunakan sensor lebih sensitif atau metode alternatif pengukuran kekeruhan.

## PENDAHULUAN

Kopi adalah minuman yang sangat populer dengan tingkat konsumsi yang tinggi di seluruh dunia [1]. Popularitasnya tidak hanya disebabkan oleh efek stimulan dan manfaat kesehatan, tetapi juga oleh sensasi sensorik seperti rasa, warna, dan aroma yang dinikmati oleh konsumen [2]. Selain itu, kopi menjadi salah satu komoditas pertanian utama karena memiliki aroma khas dan karakteristik cita rasa yang unik [3]. Dalam menjaga kualitas sensorik dan meningkatkan nilai gizi minuman kopi, beberapa produsen mulai berinovasi dengan menambahkan berbagai *filler* pada produksi minuman kopi. Kedelai dan jagung merupakan jenis *filler* yang mulai diperkenalkan dalam industri kopi untuk mempengaruhi kualitas sensorik kopi yang lebih beragam.

Penelitian tentang kekeruhan dalam minuman dengan memanfaatkan teknologi sensor telah mengalami perkembangan pesat. Cuesta-Parra dkk. [1] menunjukkan bahwa polifenol dalam kopi memiliki peran penting dalam menentukan kejernihan dan stabilitas visual larutan kopi. Dengan pendekatan koagulasi dan sensor berbasis optik, penelitian ini relevan untuk memahami pengendalian kekeruhan. Sebaliknya, Scholz dkk. [2] menyoroti pengaruh komponen bioaktif dan proses pengolahan, termasuk penggunaan *filler*, terhadap karakteristik fisikokimia kopi. Temuan ini sejalan dengan studi Fereja dkk. [3] yang menekankan pentingnya teknologi sensorik, seperti pengukuran kekeruhan menggunakan *Light Dependent Resistor* (LDR), untuk memantau kualitas air limbah kopi. Selain itu, Song dkk. [4] mengidentifikasi bahwa *filler* seperti protein dan serat memengaruhi karakteristik optik larutan, termasuk kejernihan, yang relevan dengan fokus penelitian ini.

Dalam konteks ini, penggunaan *filler* kedelai dan jagung sebagai variabel bebas untuk mengukur kekeruhan kopi dapat memberikan wawasan baru bagi industri kopi. Chaniago dkk. [5] telah mempelajari potensi kedelai

sebagai sumber protein nabati, sementara Jayathilaka dkk. [6] mengungkap manfaat sereal jagung sebagai bahan aditif. Namun, penelitian yang mendalami pengaruh *filler* kedelai dan jagung terhadap kekeruhan kopi masih belum ditemukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan menganalisis efek *filler* terhadap kekeruhan menggunakan sensor berbasis LDR, sehingga diharapkan memberikan kontribusi signifikan bagi inovasi pengolahan kopi.

Kedelai dan jagung merupakan bahan yang memiliki potensi besar untuk inovasi dalam produk kopi karena kandungan nutrisinya yang kaya serta manfaat kesehatan yang ditawarkannya. Chaniago dkk. [5] menyatakan bahwa kedelai merupakan sumber protein nabati berkualitas tinggi yang hampir setara dengan protein hewani, dengan kandungan vitamin dan mineral seperti folat, vitamin K, kalsium, dan magnesium yang mendukung kesehatan tubuh. Sementara itu, jagung, sebagaimana dijelaskan oleh Jayathilaka dkk. [6], memiliki komposisi nutrisi yang meliputi protein, serat, lemak, dan pati, yang dapat meningkatkan efek sensorik kopi, terutama dari segi aroma dan tekstur. Inovasi dalam pembuatan kopi berbasis kedelai dan jagung tidak hanya menawarkan alternatif yang lebih sehat bagi konsumen, tetapi juga memberikan pengalaman sensorik baru melalui peningkatan aroma dan kejernihan.

*Sensor Light Dependent Resistor* (LDR) telah digunakan secara luas dalam berbagai penelitian, termasuk oleh Desmira dkk. [7] dan Wulandari & Asri [8], untuk mendeteksi intensitas cahaya berdasarkan perubahan resistansi yang dipengaruhi oleh jumlah cahaya yang diterima. Prinsip kerja LDR yang mengonversi energi foton menjadi elektron menjadikannya efektif untuk pengukuran intensitas cahaya, meskipun sensitivitasnya dapat bervariasi tergantung pada panjang gelombang cahaya [8]. Penelitian lebih lanjut oleh Cahyono dkk. [9] menunjukkan aplikasi LDR dalam mengukur kekeruhan air dengan memanfaatkan intensitas cahaya hamburan

balik sebagai indikator kejernihan. Suliyani dkk. [10] menguatkan potensi LDR dalam aplikasi pengukuran dengan mencatat sensitivitas sebesar 0,0082 mV per lux, linieritas 90,86%, presisi 92,58%, dan akurasi rata-rata 87,89%. Hasil ini menunjukkan bahwa LDR tidak hanya andal dalam pengukuran intensitas cahaya tetapi juga memiliki presisi dan akurasi yang tinggi, menjadikannya alat yang tepat untuk aplikasi dalam penelitian minuman berbasis kopi.

Pengukuran kekeruhan dilakukan untuk menentukan tingkat kejernihan berdasarkan jumlah cahaya yang dapat melewati partikel yang tersuspensi dalam air dimana semakin tinggi cahaya yang terserap oleh air maka semakin tinggi tingkat kekeruhan air. Dalam pengukuran kekeruhan diperlukan proses kalibrasi untuk memastikan keakuratan dan konsistensi hasil yang diperoleh dari instrument yang digunakan. Dalam proses kalibrasi, standar dengan nilai kekeruhan yang diketahui digunakan sebagai acuan untuk mengatur atau menyesuaikan sensor sehingga hasil pengukuran dapat dipercaya dan memenuhi standar yang diakui. Penentuan nilai kalibrasi yang tepat akan memperoleh data yang lebih akurat untuk melakukan sebuah pengukuran [11].

Pemanfaatan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) dalam pengukuran kekeruhan terus berkembang, termasuk pada alat pendeteksi kekeruhan air berbasis Arduino Uno yang dirancang dengan menggunakan LDR sebagai sensor utama. Penelitian yang dilakukan oleh Ikhsan *et al*, 2018 membuat desain alat yang memanfaatkan karakteristik LDR untuk mendeteksi perubahan intensitas cahaya, dengan indikator berupa lampu LED yang menunjukkan tingkat kekeruhan. Penelitian serupa dilakukan oleh Ramadhan & Rivai, 2017 Penelitian ini menggunakan Turbidity Sensor untuk mengendalikan kekeruhan air pada akuarium dengan dukungan mikrokontroler Arduino Uno. Sensor ini mengonversi data analog menjadi data digital melalui ADC untuk menentukan tingkat kekeruhan, yang kemudian dikontrol menggunakan metode proporsional.

Pada penelitian ini dilakukan dengan mendeteksi tingkat kekeruhan kopi sebagai upaya mendukung inovasi serta menjaga konsistensi tingkat kualitas sensorik kopi khususnya kejernihan yang berpengaruh terhadap preferensi konsumen. Berdasarkan literatur yang digunakan penggunaan *filler* dan jagung telah menjadi salah satu inovasi dalam meningkatkan nilai gizi dan cita rasa kopi, akan tetapi pengaruh terhadap efek sensorik dari penggunaan *filler* masih terbatas. Sehingga, penelitian ini dilakukan dengan melibatkan sensor LDR yang dianggap efektif dalam mendeteksi tingkat kekeruhan melalui prinsip kerja serta sensitivitas yang dimilikinya. Penelitian ini juga menggunakan *Software Phyton* dalam melakukan pengolahan data untuk menggambarkan hubungan karakteristik pengukuran resistansi LDR dan tingkat kekeruhan yang dihasilkan.

## METODE

### Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen kuantitatif untuk mengukur bagaimana variasi konsentrasi *filler* mempengaruhi tingkat kekeruhan kopi. Dalam penelitian ini, variabel bebas adalah konsentrasi *filler*, sementara variabel terikat adalah kekeruhan kopi yang diukur melalui intensitas cahaya transmisi menggunakan sensor LDR. Penelitian ini menggunakan beberapa konsentrasi *filler* yang berbeda untuk membandingkan hasil pengukuran kekeruhan yang ditangkap oleh sensor. Sampel yang digunakan adalah larutan kopi dengan konsentrasi *filler* jagung dan kedelai, yang dipilih melalui metode *purposive* sampling berdasarkan variasi konsentrasi (rendah, sedang, tinggi) guna melihat pengaruhnya terhadap hasil pengukuran. Pendekatan ini menghasilkan data kuantitatif yang akan dianalisis secara statistik untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi *filler* dan tingkat kekeruhan yang diukur.

### Data yang Dikumpulkan

Dalam penelitian ini, data yang dikumpulkan berupa intensitas cahaya transmisi dan

konsentrasi *filler* dalam larutan kopi. Data utama adalah intensitas cahaya yang melewati larutan kopi dengan *filler* jagung dan kedelai, yang diukur menggunakan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*). Sensor ini mengukur seberapa banyak cahaya yang berhasil melewati larutan kopi, di mana hasilnya mencerminkan tingkat kekeruhan: semakin tinggi kekeruhan, semakin rendah intensitas cahaya yang ditangkap. Intensitas cahaya ini biasanya diukur dalam satuan voltase (V) yang dihasilkan sensor. Selain itu, penelitian ini juga mengumpulkan data mengenai konsentrasi *filler* yang digunakan, yang dibagi menjadi beberapa variasi rendah, sedang, dan tinggi. Setelah itu dicatat dalam satuan gram atau persentase. Kedua jenis data ini, intensitas cahaya dan konsentrasi *filler*, kemudian dianalisis untuk menentukan apakah ada hubungan antara konsentrasi *filler* yang berbeda dan tingkat kekeruhan kopi yang dihasilkan.

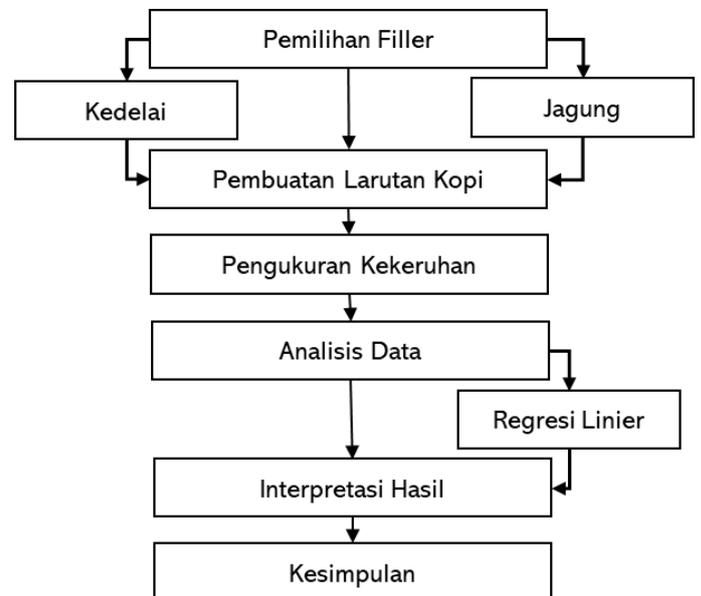
**Tabel 1.** Variasi Konsentrasi Kopi dan *Filler* (Kedelai atau Jagung).

Jenis Filler	(Kopi : <i>Filler</i> )	Jumlah Data
Kedelai	50:50	3
	60:40	3
	70:30	3
	80:20	3
	90:10	3
Jagung	50:50	3
	60:40	3
	70:30	3
	80:20	3
	90:10	3

Tabel 1 menunjukkan variasi konsentrasi kopi dan *filler* (kedelai atau jagung) masing-masing konsentrasi diantaranya 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, dan 90:10, dengan jumlah massa total yang digunakan adalah 2 gram. Dengan jumlah pengulangan yang konsisten, data yang diperoleh dianalisis lebih lanjut untuk melihat pengaruh masing-masing *filler* terhadap kekeruhan kopi menggunakan sensor LDR. Penelitian ini juga membantu

membandingkan efektivitas *filler* kedelai dan jagung dalam memengaruhi kekeruhan pada kopi.

### Prosedur Penelitian



**Gambar 1.** Alur Pengambilan Data Penelitian.

Gambar 1 merupakan alur pengambilan data pada penelitian ini, yang mana dimulai dengan persiapan awal terkait pemilihan *filler*. *Filler* dipilih berdasarkan dua jenis, yaitu jagung dan kedelai. Proses pembuatan larutan kopi dilakukan dengan penambahan *filler* dalam konsentrasi yang bervariasi yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Tingkat kekeruhan dari setiap larutan kopi yang diberi perlakuan diukur menggunakan sensor LDR. Data hasil pengukuran kekeruhan kemudian dianalisis menggunakan Python dengan metode regresi linear untuk mengetahui kekeruhan larutan kopi dengan *filler*. Hasil dan analisis data kemudian diinterpretasikan untuk menarik kesimpulan mengenai pengaruh *filler* jagung dan kedelai terhadap larutan kopi.

Prosedur penelitian ini diawali dengan mempersiapkan larutan kopi dengan variasi konsentrasi sesuai Tabel 1. Setiap campuran diaduk hingga merata agar *filler* terdistribusi secara homogen. Selanjutnya, sampel ditempatkan dalam wadah transparan dan diatur dalam jalur cahaya tetap, dengan sumber cahaya diarahkan melewati larutan

kopi tersebut. Sensor LDR ditempatkan di sisi berlawanan untuk mengukur intensitas cahaya yang berhasil menembus larutan, yang tercatat sebagai nilai voltase. Pengukuran dilakukan 3 kali untuk setiap variasi konsentrasi filler guna memastikan hasil yang konsisten. Setelah semua pengukuran selesai, data intensitas cahaya dari tiap konsentrasi filler dicatat dan dianalisis untuk mengetahui pengaruh konsentrasi filler terhadap tingkat kekeruhan kopi.

### Analisis Data

Proses analisis data dilakukan melalui beberapa tahap. Pertama, data yang diperoleh dari sensor LDR diolah menjadi nilai intensitas cahaya dalam satuan numerik, menggunakan persamaan yang sesuai dengan karakteristik sensor. Selanjutnya, data ini dinormalisasi untuk mengurangi bias akibat perbedaan intensitas cahaya awal. Kemudian, teknik regresi linier diterapkan, di mana konsentrasi filler menjadi variabel independen (X), dan nilai transmisi cahaya sebagai variabel dependen (Y). Model regresi ini digunakan untuk menentukan hubungan antara konsentrasi filler dan tingkat kekeruhan, serta untuk mengukur seberapa kuat hubungan tersebut. Akurasi model dinilai menggunakan parameter seperti koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan Mean Squared Error (MSE). Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup variabel bebas berupa konsentrasi filler (% berat) dan variabel terikat berupa nilai transmisi cahaya yang diukur oleh sensor LDR.

Analisis data dilakukan menggunakan teknik regresi linier untuk memahami hubungan antara konsentrasi filler dan intensitas cahaya yang ditangkap oleh sensor LDR. Hasil regresi linear menunjukkan bahwa hubungan ini lemah, dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,3531. Artinya, hanya 35,31% variasi intensitas cahaya yang dapat dijelaskan oleh konsentrasi filler. Selain itu, nilai MSE sebesar 1,0672 dan RMSE sebesar 1,0331 menunjukkan tingkat kesalahan yang masih cukup besar. Grafik linear memperlihatkan adanya peningkatan, tetapi data yang tersebar menunjukkan bahwa pendekatan linear kurang sesuai. Selanjutnya, analisis menggunakan regresi *quadratic*

dilakukan untuk memperbaiki hasil regresi linear. Model *quadratic* lebih cocok karena mampu menggambarkan hubungan yang melengkung (non-linear). Nilai  $R^2$  meningkat menjadi 0,3627, yang menunjukkan sedikit perbaikan. Selain itu, nilai MSE sebesar 1,0515 dan RMSE sebesar 1,0254 lebih kecil dibandingkan model linear, sehingga error menjadi lebih rendah. Grafik *quadratic* memperlihatkan pola kurva yang lebih sesuai dengan hubungan antara konsentrasi filler dan intensitas cahaya.

Python digunakan sebagai alat utama dalam analisis ini, dengan pustaka seperti *pandas* untuk pengelolaan data, *matplotlib* atau *seaborn* untuk visualisasi, serta *scipy* atau *statsmodels* untuk perhitungan regresi linier dan statistik. Ukuran statistik yang digunakan meliputi nilai p untuk mengukur signifikansi statistik, serta *confidence interval* untuk mengevaluasi keandalan hasil. Hasil korelasi antara variabel dapat dinyatakan dalam nilai *R-squared* ( $R^2$ ) dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Jika terdapat variasi antar kelompok filler (misalnya, jagung dan kedelai), uji ANOVA dapat diterapkan untuk menentukan apakah ada perbedaan signifikan dalam intensitas cahaya yang terukur. Hasilnya kemudian divisualisasikan melalui grafik regresi atau *boxplot* untuk memperjelas pola hubungan antar variabel.

### Validasi dan Pengendalian Kesalahan

Penelitian dilakukan pengulangan beberapa kali untuk mengurangi variasi dan bias, dengan setiap sampel diukur sebanyak 3 kali untuk memastikan konsistensi data. Sensor LDR yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya dikalibrasi sebelum penelitian untuk memastikan pengukuran yang tepat, dengan membandingkannya terhadap alat yang lebih presisi jika diperlukan. Pengendalian kesalahan sistematis dilakukan dengan menjaga kondisi penelitian yang konsisten, seperti sumber cahaya, jarak antara sensor dan sampel, serta suhu lingkungan. Selain itu, konsentrasi filler dalam larutan kopi juga dijaga agar akurat.

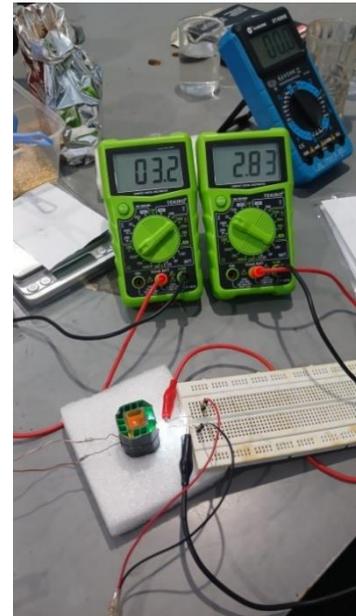
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data dan Temuan

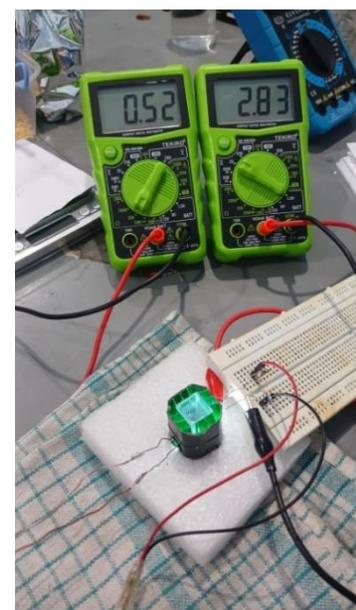
Gambar 2 menunjukkan pengambilan data yang dilakukan dengan mencampur kopi dan *filler* kedelai dalam perbandingan konsentrasi tertentu (50:50 sampai 90:10). Larutan diaduk hingga homogen, lalu dimasukkan ke dalam wadah transparan. Sumber cahaya diarahkan melewati larutan, dan intensitas cahaya yang diterima sensor LDR dicatat sebanyak 3 kali untuk tiap konsentrasi. Sementara, Gambar 3 menunjukkan kalibrasi yang dilakukan dengan menggunakan air sebagai standar karena sifatnya yang transparan. Air dimasukkan ke wadah yang sama dengan sampel uji, lalu intensitas cahaya yang melewati air diukur menggunakan sensor LDR. Data kalibrasi ini menjadi acuan untuk menilai keakuratan pengukuran pada larutan kopi dengan *filler*.

Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran resistansi ( $R$ ) dari masing-masing variasi larutan kopi dengan *filler*. Pengambilan data dilakukan 3 kali untuk setiap variasi, di mana  $R_0$  menyatakan hasil pengukuran menggunakan air sebagai data kalibrasi sebelum melakukan pengukuran. Berdasarkan kedua table tersebut, diketahui bahwa penambahan *filler* kedelai dan *filler* jagung pada larutan kopi menunjukkan pengaruh terhadap tingkat kekeruhan dan transmisi cahaya yang diukur menggunakan sensor LDR. Pada Tabel 2 untuk *filler* kedelai, peningkatan konsentrasi kopi dari 50% bertambah menjadi 90% menyebabkan peningkatan resistansi rata-rata dari  $3,64 \Omega$  hingga mencapai  $4,29 \Omega$ . Hal ini menunjukkan bahwa kekeruhan larutan semakin tinggi seiring dengan penurunan konsentrasi *filler* kedelai. Sementara itu, pada Tabel 3 untuk *filler* jagung, penurunan konsentrasi *filler* juga menurunkan transmisi cahaya melalui peningkatan resistansi yang terukur, namun penurunan yang terjadi pada *filler* jagung terjadi lebih cepat dari pada *filler* kedelai. Pernyataan tersebut dibuktikan dengan hasil pengukuran nilai resistansi yang semakin tinggi seiring dengan penurunan konsentrasi

*filler* jagung. Pada konsentrasi kopi 50% terukur nilai resistansi rata-rata sebesar  $1,51 \Omega$  dan meningkat menjadi  $3,63 \Omega$  pada konsentrasi 50%. Hal ini menunjukkan bahwa *filler* jagung memiliki pengaruh yang lebih rendah terhadap tingkat kekeruhan yang dihasilkan pada kopi dibandingkan *filler* kedelai.



**Gambar 2.** Pengambilan data menggunakan *filler* kedelai.



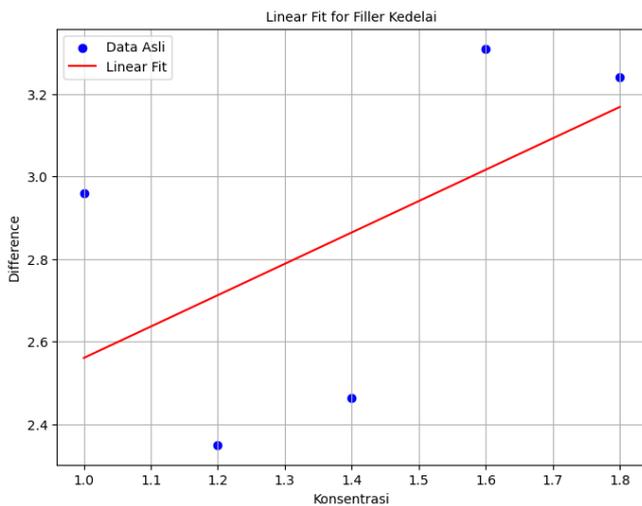
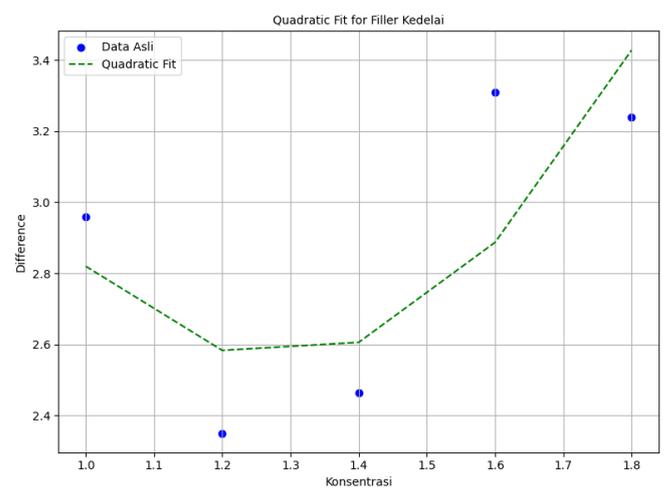
**Gambar 3.** Kalibrasi alat menggunakan air.

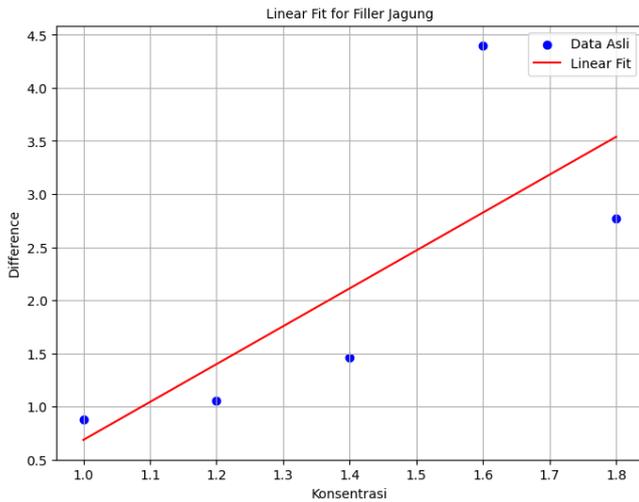
**Tabel 2.** Hasil Konsentrasi dari Kopi dan Kedelai.

No	Konsentrasi	R01	R02	R03	R1	R2	R3	Rata-rata	Filler
1	50 : 50	0.65	0.73	0.67	3.51	3.62	3.8	3,64	Kedelai
2	60 : 40	0.58	0.54	0.55	2.98	2.84	2.9	2,91	
3	70 : 30	0.57	0.6	0.54	3.53	2.79	2.78	3,03	
4	80 : 20	0.99	0.69	0.68	4.31	3.65	4.33	4,10	
5	90 :10	1.16	1.04	0.94	4.98	4.05	3.83	4,29	

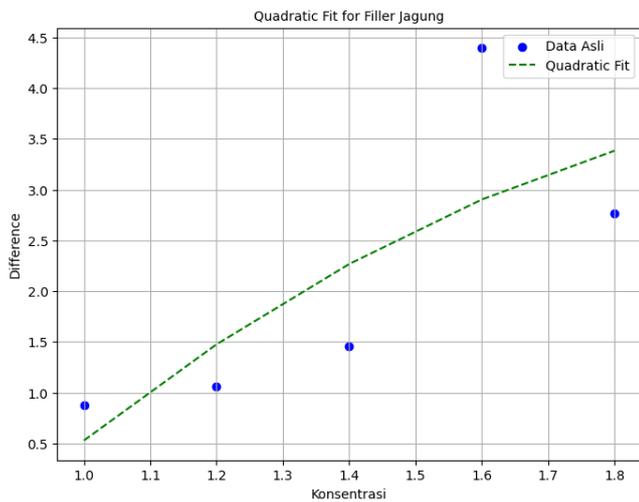
**Tabel 3.** Hasil Konsentrasi dari Kopi dan Jagung.

No	Konsentrasi	R01	R02	R03	R1	R2	R3	Rata-rata	Filler
1	50 : 50	1.49	0.64	1.6	0.64	1.45	0.64	1,51	Jagung
2	60 : 40	1.77	0.67	1.66	0.67	1.76	0.68	1,73	
3	70 : 30	2.55	0.8	2.64	1.37	2.11	0.75	2,43	
4	80 : 20	6.24	0.84	4.37	0.8	5.12	0.89	5,24	
5	90 :10	3.65	0.66	3.61	1.18	3.63	0.74	3,63	


**Gambar 4.** Hubungan Linear Konsentrasi terhadap Difference pada Kedelai.

**Gambar 5.** Hubungan Kuadratik Konsentrasi terhadap Difference pada Kedelai.



**Gambar 6.** Hubungan Linear Konsentrasi terhadap Difference pada Jagung.



**Gambar 7.** Hubungan Kuadratik Konsentrasi terhadap Difference pada Jagung.

Gambar 4 merupakan grafik antara konsentrasi kopi yang digunakan dengan *difference* hasil pengukuran. Dari gambar tersebut diketahui bahwa hubungan linear keduanya terlihat lemah. Pernyataan tersebut dibuktikan oleh nilai  $R^2$  yang dihasilkan yakni sebesar 0,2984, atau berarti hanya 29.84% variasi *difference* dapat dijelaskan oleh model regresi linear. Garis linear yang ditampilkan memiliki slope positif, menandakan ada kecenderungan kecil bahwa *difference* meningkat seiring kenaikan konsentrasi. Pemodelan linier pada penambahan *filler* kedelai menghasilkan nilai MSE (*Mean Squared Error*) sebesar 0.1086 dan RMSE (*Root Mean Squared Error*) sebesar 0.3296.

Pada Gambar 5, model regresi kuadratik menunjukkan kualitas yang jauh lebih baik dalam menjelaskan hubungan antara konsentrasi dengan *difference*. Nilai  $R^2$  yang dihasilkan pada pemodelan non-linier kuadratik adalah sebesar 0.6018 atau berarti sekitar 60.18% variasi *difference* dapat dijelaskan oleh model kuadratik. Kurva kuadratik yang ditampilkan dalam grafik membentuk pola seperti huruf “U” atau parabola, di mana *difference* awalnya menurun pada konsentrasi 50% (1 gram) hingga 60% (1.2 gram), namun meningkat kembali seiring bertambahnya konsentrasi. Selain itu, nilai kesalahan pada model ini lebih kecil dibandingkan model linear, dengan MSE sebesar 0.0617 dan RMSE sebesar 0.2483.

Pada Gambar 6 hubungan linear antara konsentrasi dan *Difference*, terlihat adanya tren peningkatan atau hubungan positif. Hal ini menunjukkan bahwa seiring meningkatnya konsentrasi, nilai *difference* cenderung ikut meningkat. Namun, berdasarkan evaluasi model, nilai  $R^2$  yang dihasilkan adalah sebesar 0,5827 di mana menunjukkan bahwa sekitar 58.27% variasi dari *difference* dapat dijelaskan oleh perubahan konsentrasi menggunakan model linear. Nilai yang dihasilkan tergolong rendah dan mengindikasikan bahwa model linear belum mampu menggambarkan hubungan tersebut dengan baik. Selain itu, nilai MSE yang dihasilkan adalah sebesar 0.7296 dan RMSE sebesar 0.8541 di mana menunjukkan rata-rata kesalahan prediksi model linear masih cukup besar atau mendekati nilai 1.

Pada Gambar 7 hubungan kuadratik antara konsentrasi dan *difference*, terlihat adanya pola hubungan melengkung (*non-linear*) yang lebih sesuai dengan data. Pada pola ini, kenaikan konsentrasi menunjukkan perubahan *difference* yang lebih signifikan dibandingkan pada hubungan linear. Evaluasi model kuadratik menunjukkan terdapat sedikit peningkatan kualitas pemodelan dibandingkan model linear. Nilai  $R^2$  sebesar 0,5924 yang dihasilkan menunjukkan bahwa sekitar 59.24% variasi *difference* dapat dijelaskan oleh model kuadratik. Selain itu, nilai MSE sebesar 0,7126

dan RMSE sebesar 0,8442 yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan pada model linear, di mana menunjukkan bahwa kesalahan prediksi model quadratic sedikit lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa model kuadratik lebih baik dalam menggambarkan pola hubungan antara konsentrasi dan *difference*.

### Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *filler* kedelai dalam kopi meningkatkan kekeruhan, yang terlihat dari penurunan intensitas cahaya yang diterima sensor LDR. Grafik yang ditampilkan pada gambar 4 dan gambar 5 mengonfirmasi bahwa pemodelan non-linier kuadratik antara konsentrasi *filler* dan kekeruhan dengan nilai R-squared sebesar 0,6018 atau menunjukkan bahwa 60.18% variabilitas data dapat dijelaskan melalui model ini. Meningkatnya kekeruhan disebabkan oleh efek *filler* kedelai yang menyerap cahaya, sehingga semakin banyak *filler*, semakin besar intensitas cahaya yang hilang. Penelitian ini konsisten dengan studi lain yang menunjukkan bahwa penambahan partikel dalam larutan meningkatkan kekeruhan dan mengurangi transmisi cahaya. Perbedaan mungkin timbul jika alat atau metode yang digunakan berbeda, seperti penggunaan spektrofotometer yang lebih sensitif daripada sensor LDR. Hasil yang diperoleh relevan bagi industri kopi, membantu produsen memahami bagaimana *filler* memengaruhi tampilan kopi. Namun, keterbatasan penelitian ini meliputi ketergantungan pada sensor LDR yang kurang presisi dan tidak memeriksa jenis *filler* lain atau ukuran partikelnya.

Grafik pada gambar 6 dan gambar 7 memperlihatkan hubungan antara konsentrasi *filler* jagung dalam kopi dan perubahan intensitas cahaya yang tertangkap oleh sensor LDR. Hasil analisis menunjukkan bahwa korelasi antara konsentrasi *filler* jagung dengan nilai *difference* ( $R_1 - R_0$ ) yang tertangkap oleh sensor cukup lemah, dengan nilai R-squared sebesar 0.5827. Artinya, hanya sekitar 58.27% variasi data yang dapat dijelaskan oleh

model linier, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain atau penyebaran data yang kurang sesuai dengan model linier. Model kuadratik memberikan kecocokan yang sedikit lebih baik dengan nilai R-squared sebesar 0,5924 atau sekitar 59.24%, namun nilai ini tetap tergolong rendah. Rendahnya nilai korelasi ini mungkin disebabkan oleh karakteristik fisik *filler* jagung yang tidak menghamburkan cahaya secara konsisten, berbeda dengan *filler* kedelai. Partikel jagung cenderung lebih kasar dan besar, sehingga efek penghamburan cahaya menjadi kurang stabil dan distribusi cahaya di dalam larutan kopi tidak merata. Selain itu, variabilitas tinggi pada data juga bisa berasal dari ketidakseragaman ukuran dan tekstur partikel jagung yang memengaruhi intensitas cahaya secara acak.

Ketika dibandingkan dengan penelitian oleh Wulandari & Asri [8] yang menyatakan bahwa sensor cahaya memiliki resistor atau nilai hambatan yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterimanya. Saat berada dalam kegelapan, hambatan LDR sangat tinggi, sekitar 10 M $\Omega$ , sementara di bawah cahaya terang, hambatannya turun menjadi sekitar 1 k $\Omega$  [7]. Hasil ini sejalan dengan temuan bahwa partikel kasar atau tidak seragam dalam larutan cenderung menghasilkan data transmisi cahaya yang tidak konsisten. Hasil yang kurang stabil ini mungkin juga dipengaruhi oleh penggunaan sensor LDR, yang mungkin tidak cukup sensitif dalam mendeteksi perubahan kecil pada kekeruhan, terutama ketika berhadapan dengan partikel yang tidak homogen seperti jagung. Hasil penelitian grafik 3 menunjukkan bahwa *filler* jagung dalam kopi memiliki hubungan yang lemah dengan kekeruhan yang terdeteksi oleh sensor LDR. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *filler* dengan partikel kasar seperti jagung menghasilkan data transmisi cahaya yang kurang konsisten, yang mungkin disebabkan oleh ketidakhomogenan ukuran dan bentuk partikel. Implikasi dari temuan ini bermanfaat bagi penelitian lanjutan yang berfokus pada pengukuran kekeruhan dalam minuman menggunakan teknologi sensor cahaya yang sederhana dan terjangkau. Hal ini berpotensi

diterapkan dalam industri makanan dan minuman untuk memantau kualitas produk yang mengandung *filler* atau aditif.

Keterbatasan dalam penelitian ini meliputi sensitivitas sensor LDR yang kurang optimal dalam mendeteksi perubahan kekeruhan yang halus dan ketidakseragaman ukuran partikel kedelai dan jagung yang menyebabkan variasi dalam hasil pengukuran. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan penggunaan alat pengukur yang lebih akurat seperti spektrofotometer dan memastikan *filler* berada dalam keadaan homogen sebelum dicampurkan, guna meningkatkan konsistensi hasil. Dengan perbaikan ini, penelitian lanjutan diharapkan dapat memperoleh hasil yang lebih valid dan memperkaya pemahaman mengenai pengaruh *filler* terhadap kekeruhan dalam larutan. Temuan ini menunjukkan bahwa transmisi cahaya LDR dapat menjadi indikator potensial untuk mengukur kualitas kopi dengan *filler* jagung dan kedelai, terutama dalam hal kekeruhan dan kandungan. Metode ini dapat diaplikasikan pada pengujian kualitas kopi secara cepat di lapangan untuk menguji keakuratan pada kondisi kopi yang lebih ekstrem.

## KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil menunjukkan bahwa jenis *filler* yang digunakan mempengaruhi tingkat kekeruhan kopi. Hasilnya menunjukkan bahwa *filler* kedelai memberikan hubungan yang lebih konsisten antara konsentrasi dan kekeruhan, dengan nilai R-squared yang lebih tinggi dibandingkan dengan *filler* jagung. Sebaliknya, *filler* jagung menunjukkan hubungan yang lebih lemah, kemungkinan disebabkan oleh variasi ukuran dan bentuk partikel yang tidak homogen. Penelitian ini memiliki implikasi penting untuk industri makanan dan minuman, terutama dalam pengembangan metode pengukuran kualitas visual produk menggunakan sensor cahaya seperti LDR. Penelitian ini juga mencatat keterbatasan pada sensitivitas sensor LDR dan perbedaan ukuran partikel *filler*, terutama pada jagung. Untuk penelitian

selanjutnya, disarankan untuk menggunakan alat ukur yang lebih sensitif seperti spektrofotometer dan memastikan homogenitas *filler* sebelum pencampuran. Singkatnya, penelitian ini memberikan dasar yang berarti untuk memahami pengaruh *filler* terhadap kekeruhan kopi dan bagaimana teknologi sensor sederhana dapat dimanfaatkan dalam pengujian kualitas minuman.

## DEKLARASI

Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dalam pelaksanaan penelitian ini. Selain itu, kami juga yakin bahwa penelitian ini bebas dari segala bentuk diskriminasi rasial, agama, suku bangsa, etnis, golongan sosial, politik, atau status sosioekonomi. Kami berkomitmen untuk menjaga integritas dan objektivitas penelitian agar hasilnya dapat dipercaya dan berguna bagi masyarakat. Semua data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh secara etis dan transparan, serta telah melalui proses analisis yang cermat untuk menjamin keakuratan dan validitas hasil. Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik di bidang terkait penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] D. M. Cuesta-Parra, F. Correa-Mahecha, J. P. Rodríguez-Miranda, O. J. Salcedo-Parra, and E. Rivas-Trujillo, "Extraction of Polyphenols from Unripened Coffee (*Coffea Arabica*) Residues and Use as a Natural Coagulant for Removing Turbidity," *Processes*, vol. 10, no. 6, p. 1105, Jun. 2022, doi: 10.3390/pr10061105.
- [2] M. B. D. S. Scholz, C. S. G. Kitzberger, S. H. Prudencio, and R. S. D. S. F. D. Silva, "The typicality of coffees from different terroirs determined by groups of physico-chemical and sensory variables and multiple factor analysis," *Food Research International*, vol. 114, pp. 72–80, Dec. 2018, doi: c.

- [3] W. M. Fereja, W. Tagesse, and G. Benti, "Treatment of coffee processing wastewater using *Moringa stenopetala* seed powder: Removal of turbidity and chemical oxygen demand," *Cogent Food & Agriculture*, vol. 6, no. 1, p. 1816420, Jan. 2020, doi: 10.1080/23311932.2020.1816420.
- [4] R. Chaniago, B. Muala, and R. Lasamadi, "Pelatihan Pembuatan Kopi Kedelai Di Desa Lauwon Kecamatan Luwuk Timur Kabupaten Banggai Propinsi Sulawesi Tengah," *SWGt*, vol. 4, no. 2, p. 133, Sep. 2020, doi: 10.12962/j26139960.v4i2.7094.
- [5] Q. Song, X. Shen, Y. Yang, D. Zhang, and H. Gao, "Genetically Similar Isolates of *Salmonella enterica* Serotype Enteritidis Persistent in China for a Long-Term Period," *Journal of Food Science*, vol. 81, no. 7, Jul. 2016, doi: 10.1111/1750-3841.13339.
- [6] I. Jayathilaka, T. U. Ariyadasa, and S. M. Egodage, "Powdered Corn Grain and Cornflour on Properties of Natural Rubber Latex Vulcanizates: Effect of Filler Loading," in *2018 Moratuwa Engineering Research Conference (MERCOn)*, Moratuwa: IEEE, May 2018, pp. 235–240. doi: 10.1109/MERCOn.2018.8421916.
- [7] D. Desmira, "Aplikasi Sensor Ldr (Light Dependent Resistor) Untuk Efisiensi Energi Pada Lampu Penerangan Jalan Umum: Aplikasi Sensor Ldr (Light Dependent Resistor) Untuk Efisiensi Energi Pada Lampu Penerangan Jalan Umum," *Prosisko*, vol. 9, no. 1, pp. 21–29, May 2022, doi: 10.30656/prosisko.v9i1.4465.
- [8] Wulandari, I. K., & Y. N. Asri. 2020. Analysis of Feasibility Indicators of Two Wheel Engine Oil Using Light Sensor (LDR). *Journal of Applied Science and Advanced Technology*. Vol 3 (2): 51-56. DOI: <https://dx.doi.org/10.24853/JASAT.3.2.51-56>
- [9] B. E. Cahyono, "Karakterisasi Sensor LDR dan Aplikasinya pada Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Air Berbasis Arduin o UNO," *J. Teori Apl. Fis.*, vol. 7, no. 2, pp. 179–186, Jul. 2019, doi: 10.23960/jtaf.v7i2.2247.
- [10] N. Suliyani, S.W. Suciayati, G. A. Pauzi, and, A. Surtono, "Rancang Bangun Alat Ukur Kekeruhan Air Menggunakan Fototransistor dan LED Inframerah Berbasis Arduino Uno," *Journal of Energy, Material, and Instrumentatin Technology (JEMIT)*, Vol. 2, no. 2, pp. 39-47, May. 2021, doi: 10.23960/jemit.v2i2.53.
- [11] A. A. Azman, M. H. F. Rahiman, M. N. Taib, N. H. Sidek, I. A. Abu Bakar, and M. F. Ali, "A low cost nephelometric turbidity sensor for continual domestic water quality monitoring system," in *2016 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, Selangor: IEEE, Oct. 2016, pp. 202–207. doi: 10.1109/I2CACIS.2016.7885315.
- [12] Nursyiwani *et al.* (2019). Penyaringan Air Keruh Menggunakan Sensor Ldr Dan Bluetooth Hc-05 Sebagai Media Pengontrolan Guna Meningkatkan Mutu Kebersihan Air Di Sekolah. *Logista*. 3(1).
- [13] Ikhsan *et al.* (2018). Pendeteksi Kekeruhan Air Di Tandon Rumah Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Qua Teknika*. 8(2).
- [14] Ramadhan, M.S. & M. Rivai, (2017) Sistem Kontrol Tingkat Kekeruhan Pada Aquarium Menggunakan Arduino Uno, *JURNAL TEKNIK ITS* Vol. 7, No. 1, pp A87-A91.