

## **FISIKA DI BALIK KEINDAHAN PELANGI: MEMAHAMI PEMBIASAN DAN DIFRAKSI CAHAYA**

**Nasswa Fadilatuz Zahro<sup>1\*</sup>, Ani Rakhmawati<sup>2</sup>**

Universitas Sebelas Maret<sup>1 2</sup>

**\*Email Corresponding:** [nasswafadilatuzzahro@gmail.com](mailto:nasswafadilatuzzahro@gmail.com)

### **Abstrak**

Fenomena pelangi telah lama menjadi salah satu keajaiban alam yang menarik perhatian manusia. Artikel ini membahas secara mendalam proses fisika di balik pembentukan pelangi, dengan fokus pada pembiasan, pemantulan internal total, dan difraksi cahaya. Metodologi yang digunakan mencakup studi literatur, simulasi numerik, dan eksperimen visualisasi untuk menganalisis interaksi cahaya dengan tetesan air. Hasil pembahasan menunjukkan bahwa pembiasan berperan signifikan dalam memisahkan cahaya putih menjadi spektrum warna, sedangkan difraksi menghasilkan detail halus dalam struktur pelangi, terutama pada fenomena pelangi supra-numeris. Kesimpulan dari pembahasan ini tidak hanya memperdalam pemahaman tentang fenomena pelangi sebagai hasil interaksi kompleks cahaya dan medium atmosfer, tetapi juga memberikan implikasi praktis dalam pengembangan instrumen optik modern. Artikel ini memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang pelangi sebagai fenomena optik dan aplikasinya dalam studi optik atmosfer.

**Kata kunci:** fisika, pelangi, pembiasan, difraksi, cahaya

### **PENDAHULUAN**

Pelangi merupakan salah satu fenomena optik atmosfer yang paling indah dan sering diamati, mencerminkan interaksi yang kompleks antara cahaya dan medium atmosfer. Keindahan pelangi telah menginspirasi manusia selama berabad-abad, namun mekanisme di balik pembentukannya sering kali tidak sepenuhnya dipahami oleh masyarakat umum. Pelangi terbentuk ketika cahaya matahari berinteraksi dengan tetesan air di atmosfer, kemudian menghasilkan spektrum warna yang terlihat seperti busur. Fenomena pelangi ini tidak hanya menarik secara visual dan estetika, tetapi juga penting dalam bidang teknologi optik, meteorologi, dan Pendidikan.

Studi mengenai pelangi telah dilakukan sejak zaman kuno, Aristoteles merupakan salah satu yang pertama mendeskripsikan pelangi sebagai fenomena atmosfer. Pada abad ke-17, Isaac Newton mengembangkan teori cahaya dan warna, ia menjelaskan bahwa cahaya putih terdiri dari berbagai panjang gelombang yang dapat diuraikan menjadi spektrum warna. Namun, pemahaman modern tentang pelangi, yang melibatkan pembiasan, pemantulan internal total, dan difraksi, baru dikembangkan pada abad ke-20 melalui analisis matematis oleh Nussenzveig.

Pelangi primer terbentuk ketika cahaya memasuki tetesan air, kemudian mengalami pembiasan, dipantulkan di dalam tetesan, dan keluar kembali dengan sudut deviasi tertentu. Cahaya putih terurai menjadi spektrum warna karena dispersi, di mana panjang gelombang yang berbeda dibiaskan pada sudut yang berbeda. Sedangkan, pelangi sekunder merupakan yang lebih redup dan memiliki warna terbalik, hal ini terjadi akibat pemantulan tambahan di dalam tetesan air. Dispersi cahaya merupakan suatu proses penguraian cahaya polikromatik atau secara spesifik cahaya putih menjadi tujuh spektrum cahaya monokromatik atau cahaya Pelangi (Valenti, 2022).

Pelangi primer adalah pelangi yang terjadi akibat satu pantulan air hujan. Pelangi primer memiliki warna yang terkuat, dengan warna merah pada bagian luar dan warna ungu pada bagian dalam. Warna pelangi sekunder terjadi dikarenakan adanya pemantulan cahaya sebanyak dua kali atau lebih. Pelangi sekunder yang dihasilkan oleh dua pantulan akan terlihat di langit berada di atas pelangi primer (Saputri, 2018).

Dalam fisika, pelangi melibatkan berbagai proses optik, termasuk pembiasan, pemantulan internal total, dan difraksi. Pembiasan terjadi ketika cahaya memasuki tetesan air dan mengalami perubahan kecepatan, yang menyebabkan cahaya terurai menjadi spektrum warna. Pembiasan cahaya bisa terjadi apabila terdapat cahaya yang merambat melalui suatu medium kemudian menembus medium lain dengan kerapatan yang berbeda (Kurniawati & Suryani, 2023). Pemantulan internal total terjadi di dalam tetesan air, mengarahkan cahaya kembali ke arah pengamat. Difraksi, meskipun kontribusinya kecil, difraksi dapat mempengaruhi pola warna yang terlihat. Fenomena pelangi juga mencakup pelangi ganda dan pelangi supra-numeris, yang memerlukan pemahaman mendalam tentang interaksi kompleks antara cahaya dan medium.

Pemahaman mendalam tentang pelangi tidak hanya penting untuk menjelaskan fenomena alam tetapi juga relevan dalam konteks teknologi modern. Studi tentang pelangi dapat meningkatkan kemampuan observasi siswa dan masyarakat umum, terutama dalam era teknologi informasi di mana akses terhadap pengetahuan semakin luas. Artikel ini bertujuan untuk memberikan analisis mendalam mengenai proses fisika di balik pelangi, menyoroti peran pembiasan, pemantulan, dan difraksi, serta kontribusi penelitian ini dalam celah literatur yang ada. Dengan memahami pelangi, kita tidak hanya belajar tentang keindahan alam saja, tetapi juga mengapresiasi kompleksitas fisika yang mendasarinya. Selain itu, wawasan ini dapat mendorong pengembangan teknologi optik yang lebih canggih dan efisien untuk berbagai aplikasi ilmiah dan industri.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan pendekatan teoritis, simulasi numerik, dan eksperimen visualisasi untuk mempelajari proses pembentukan pelangi.

### **Studi Literatur**

Dilakukan tinjauan pustaka untuk memahami teori dan mekanisme dasar pembiasan, pemantulan internal total, dan difraksi cahaya. Referensi utama mencakup buku teks fisika optik, jurnal ilmiah, dan literatur terkait fenomena optik atmosfer.

### Simulasi Numerik

Model matematika digunakan untuk mensimulasikan interaksi cahaya dengan tetesan air. Persamaan Snell digunakan untuk menggambarkan pembiasan, sementara persamaan Maxwell digunakan untuk menganalisis difraksi. Model simulasi dilengkapi dengan visualisasi menggunakan perangkat lunak seperti MATLAB atau Python untuk memperlihatkan jalur cahaya melalui tetesan air.

### Eksperimen Visualisasi

Eksperimen sederhana dilakukan dengan menggunakan cahaya laser yang diarahkan pada tetesan air buatan. Teknik ini memungkinkan pengamatan langsung tentang bagaimana cahaya membentuk pelangi, sekaligus memvalidasi hasil simulasi numerik yang telah dilakukan. Sinar laser merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai sifat dapat mengalami pemantulan, pembiasan, interferensi, deviasi, difraksi, dan polarisasi (Kholifudin, 2017).

### Analisis Geometris

Analisis geometris tetesan air dilakukan untuk memahami hubungan antara sudut deviasi cahaya dan intensitas warna yang dihasilkan pada pelangi primer dan sekunder. Metode ini membantu dalam menjelaskan pola distribusi warna yang diamati secara visual.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembiasan Cahaya

Pembiasan cahaya bisa terjadi apabila terdapat cahaya yang merambat melalui suatu medium kemudian menembus medium lain dengan kerapatan yang berbeda. Pembiasan cahaya merupakan sebuah fenomena pembelokan cahaya hingga terkena bidang batas yang berada diantara dua medium. Hasil dari pembiasan dipengaruhi oleh kerapatan medium suatu zat, hal ini berarti pembiasan yang terjadi pada suatu zat pasti mendapatkan hasil yang berbeda dengan zat yang lain. Kerapatan medium yang dimiliki oleh suatu zat akan memberikan hasil nilai indeks bias yang tidak sama. Indeks bias adalah perbandingan antara laju cahaya yang terjadi dalam ruang hampa terhadap laju cahaya yang terjadi pada medium (Kurniawati & Suryani, 2023). Perbedaan medium lebih mengarah pada kerapatan medium tersebut. Apabila cahaya merambat dari medium yang kurang rapat, maka pembiasan cahaya akan mendekati ke garis normalnya (Dewi, et al, 2021).

Pembiasan merupakan fenomena yang mendasari pembentukan pelangi. Ketika cahaya matahari memasuki tetesan air, cahaya matahari mengalami pembiasan akibat perubahan kecepatan dalam medium dengan indeks bias yang lebih tinggi. Menurut Hukum Snell, indeks bias air ( $n \approx 1,33$ ) menyebabkan pembelokan cahaya ke arah normal saat memasuki medium yang lebih rapat. Proses ini menyebabkan spektrum warna terbentuk karena panjang gelombang cahaya yang berbeda memiliki indeks bias yang sedikit berbeda. Fenomena ini dikenal sebagai dispersi, di mana cahaya putih terurai menjadi komponen warna penyusunnya, seperti merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu (MeJiKuHiBiNiU). Dispersi ini menghasilkan sudut deviasi yang berbeda untuk tiap panjang gelombang, dengan cahaya merah memiliki sudut deviasi 42 derajat dan cahaya ungu memiliki sudut deviasi sekitar 40 derajat. Proses ini membentuk gradasi khas pada pelangi primer, dengan warna

merah di bagian luar busur dan warna ungu di bagian dalam busur. Selain itu, dispersi menjadi dasar dalam fenomena pelangi ganda. Analisis menunjukkan bahwa cahaya dengan Panjang gelombang lebih panjang (seperti merah) cenderung memiliki sudut deviasi lebih kecil dibandingkan dengan panjang gelombang pendek (seperti ungu). Simulasi numerik yang dilakukan menggunakan MATLAB menunjukkan konsistensi antara prediksi teoritis dan pengamatan eksperimental. Cahaya laser yang diarahkan melalui tetesan air menghasilkan pola warna serupa dengan pelangi alami, mempertegas peran dominan pembiasan dalam menghasilkan gradien warna.

#### Pemantulan Internal Total

Pemantulan internal total menyebabkan cahaya tetap berada di dalam fiber optik (Mulyana & Kuswanto, 2016). Setelah mengalami pembiasan, cahaya dipantulkan kembali di dalam tetesan air. Pada sudut tertentu, cahaya tidak keluar dari tetesan tetapi dipantulkan sepenuhnya, fenomena ini dikenal sebagai pemantulan internal total. Pemantulan internal total terjadi ketika cahaya yang telah dibiaskan di dalam tetesan air mencapai permukaan dalam tetesan pada sudut lebih besar dari sudut kritis. Proses ini memastikan bahwa cahaya yang telah dibelokkan oleh tetesan air diarahkan kembali ke arah pengamat. Cahaya yang akhirnya keluar dari tetesan dengan sudut deviasi minimum membentuk pelangi yang terlihat oleh pengamat. Pada pelangi primer, cahaya mengalami pemantulan satu kali, dan menghasilkan spektrum warna yang khas. Sedangkan pada pelangi sekunder, cahaya mengalami dua kali pemantulan internal, menghasilkan urutan warna yang terbalik dan intensitas yang lebih redup. Pelangi primer memiliki sudut deviasi sekitar 42 derajat, sedangkan pelangi sekunder memiliki sudut sekitar 50 derajat, dengan urutan warna yang terbalik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa setiap pemantulan tambahan mengurangi energi cahaya yang keluar dari tetesan, sehingga intensitas pelangi sekunder lebih lemah atau redup dibandingkan pelangi primer. Eksperimen visualisasi juga menunjukkan bahwa pola warna pelangi sekunder sulit diamati tanpa kondisi hujan yang tepat dengan tetesan air yang cukup besar. Analisis geometri tetesan air menunjukkan bahwa pemantulan internal total terjadi ketika sudut deviasi sekitar 42 derajat dari arah datangnya cahaya. Proses ini tidak hanya memperkuat intensitas cahaya yang mencapai pengamat, tetapi juga menentukan bentuk busur pelangi.

#### Difraksi Cahaya

Difraksi cahaya merupakan peristiwa penyebaran atau pembelokan gelombang oleh celah sempit sebagai penghalang (Susilayati, 2016). Difraksi terjadi ketika cahaya melewati tepi tetesan air atau partikel kecil lainnya di atmosfer, menciptakan pola interferensi yang menghasilkan pita warna tambahan di sekitar pelangi primer. Difraksi menyebabkan penyebaran warna tambahan, yang dapat diamati dalam fenomena pelangi supra-numeris. Meskipun kontribusinya lebih kecil dibandingkan dengan pembiasan, difraksi memainkan peran penting dalam memberikan detail tambahan pada struktur pelangi. Intensitas pola difraksi bergantung pada panjang gelombang cahaya dan ukuran tetesan, yang menjelaskan variasi visual pada pelangi supra-numeris. Pola difraksi lebih jelas atau lebih signifikan pada tetesan dengan diameter kecil, menciptakan variasi halus yang sering diamati pada pelangi alami. Pita-pita supra-numeris menunjukkan variasi intensitas yang teratur, memberikan detail visual tambahan yang sering diamati pada Pelangi alami. Interferensi yang

dihasilkan oleh difraksi juga membantu menjelaskan mengapa pelangi supra-numeris hanya muncul dalam kondisi hujan dengan tetesan air yang sangat kecil. Simulasi difraksi menggunakan persamaan Maxwell menunjukkan bahwa distribusi intensitas warna dalam pelangi supra-numeris sangat bergantung pada ukuran tetesan air. Hasil ini didukung oleh pengamatan atmosfer, di mana pelangi supra-numeris lebih sering muncul dalam kondisi hujan halus dengan tetesan kecil.

#### Fenomena Pelangi Ganda dan Supra-Numeris

Fenomena pelangi ganda terjadi akibat pemantulan tambahan di dalam tetesan air. Pada pelangi sekunder, cahaya dipantulkan dua kali, menghasilkan urutan warna yang terbalik. Selain pelangi primer, pelangi sekunder terbentuk akibat pemantulan internal tambahan di dalam tetesan air. Fenomena pelangi supra-numeris, di sisi lain dihasilkan oleh interferensi cahaya pada tetesan kecil, menciptakan pita warna tambahan yang lebih halus di dekat pelangi primer. Interferensi merupakan perpaduan dua atau lebih sumber cahaya koheren dengan frekuensi, amplitudo, dan beda fase yang tepat saling tumpang tindih (overlap) sehingga menghasilkan keadaan yang lebih terang dan keadaan yang lebih gelap (Susilayati, 2016). Eksperimen visualisasi menunjukkan bahwa intensitas pelangi sekunder lebih rendah atau redup dibandingkan pelangi primer karena sebagian cahaya hilang pada setiap pemantulan. Pelangi sekunder hanya terlihat dalam kondisi tertentu, seperti saat hujan deras dengan tetesan besar.

#### Interaksi Atmosferik

Faktor atmosfer seperti ukuran tetesan air, distribusi tetesan, dan polusi udara dapat memengaruhi intensitas dan distribusi warna pelangi. Studi lebih lanjut menunjukkan bahwa variasi indeks bias akibat kontaminan dapat mengubah sudut deviasi cahaya, menghasilkan pelangi dengan karakteristik unik. Tetesan lebih kecil cenderung menghasilkan pelangi dengan warna lebih terang namun kurang tajam. Sementara itu, tetesan lebih besar cenderung menghasilkan pelangi dengan warna yang lebih tajam dan terang. Polusi dapat mengubah indeks bias air, menghasilkan pelangi dengan warna yang lebih pudar. Pelangi dalam kondisi atmosfer yang lebih bersih memiliki intensitas dan kejernihan warna yang lebih tinggi. Distribusi ukuran tetesan juga menentukan bentuk Pelangi. Studi menunjukkan bahwa pelangi yang terbentuk dari tetesan kecil cenderung memiliki pita warna lebih halus namun kurang intens, sedangkan tetesan besar menghasilkan pelangi dengan kontras warna yang lebih tinggi.

#### KESIMPULAN

Pelangi adalah salah satu keajaiban alam yang tercipta dari interaksi cahaya dengan tetesan air di atmosfer. Proses pembentukannya sangat menarik karena melibatkan tiga mekanisme utama yaitu pembiasan, pemantulan internal total, dan difraksi. Ketika cahaya memasuki tetesan air, cahaya dibiaskan dan terpecah menjadi spektrum warna. Proses ini menciptakan gradasi warna khas pelangi, dari merah di bagian luar hingga ungu di bagian dalam. Pemantulan internal total memastikan cahaya yang sudah terurai ini diarahkan kembali ke pengamat, sehingga menghasilkan busur pelangi yang indah. Sedangkan difraksi, meskipun efeknya lebih kecil, memberikan sentuhan detail berupa pita-pita warna tambahan, terutama pada fenomena pelangi supra-numeris. Pelangi

bukan hanya pemandangan yang menakjubkan, tetapi juga cerminan dari hukum-hukum fisika yang bekerja dengan sempurna di alam. Dengan memahami proses ini, kita tidak hanya mempelajari keindahan visualnya, tetapi juga mendapatkan wawasan tentang cara cahaya dan medium atmosfer berinteraksi. Pengetahuan ini memiliki dampak praktis, seperti pengembangan teknologi optik yang lebih canggih dan studi tentang perubahan lingkungan. Pada akhirnya, pelangi mengajarkan kita bahwa keindahan dan sains sering berjalan beriringan, mengungkap harmoni luar biasa dalam dunia kita.

## REFERENSI

- Dewi, L., Hasanah, M., & Adi, N. P. (2021). Spektrum Cahaya Sebagai Alternatif Media Pembelajaran Praktikum Fisika. *Jurnal Kajian Pendidikan Sains*. 7(2). 141-146.
- Kholifudin, M. Y. (2017). Sinar Laser Mainan Sebagai Alternatif Sumber cahaya Monokromatik Praktikum Kisi Difraksi Cahaya. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*. 8(2). 130-134.
- Kurniawati, D. & Suryani, A. (2023). Penentuan Indeks Bias Kaca dengan Pola Interferensi Pola Terhambur dan Prinsip Pembiasan: Kajian Literatur. *Jurnal Sains dan Pembelajaran Matematika*. 1(2). 30-36.
- Muliyana, I. & Kuswanto, H. (2016). Pengembangan Sensor Ketinggian Fluida Berbasis Polymer Optical Fiber (POF) Berbentuk Non-Bended. *Jurnal Fisika*. 5(2). 92-98.
- Saputri, I. P. (2018). Irish. *Tugas Akhir Program Studi S1 Tari Jurusan Tari Fakultas Seni Pertunjukkan Institut Seni Indonesia Yogyakarta*.
- Susilayati, M. (2016). Difraksi pada Laser: Tafsir dari "Cahaya di atas cahaya"? *SHAHIH*. 1(2). 194-205.
- Valenti, M. P. (2022). Representasi Dispersi Cahaya sebagai Sumber Ide Penciptaan Seni Kriya Tekstil. *Jurnal Penciptaan dan Pengkajian Seni*. 7(2). 73-85.