

# SEMINAR NASIONAL IPA XIII

“Kecemerlangan Pendidikan IPA untuk Konservasi Sumber Daya Alam”

---

## KOMPARASI TEKNIK HEMISPHERICAL PHOTOGRAPHY DALAM ESTIMASI KERAPATAN KANOPI DI SUB DAS KRIPIK

Gilang Syahbananto<sup>1</sup>, Mahendra Gunawan<sup>1</sup>, Naufal Hartanto<sup>1</sup>, Shabrina Maulida Arifin<sup>1</sup>, Andhina Putri Heriyanti<sup>1</sup>, Trida Ridho Fariz<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Universitas Negeri Semarang, Kota Semarang  
Email korespondensi: [gilangsyahbananto22@students.unnes.ac.id](mailto:gilangsyahbananto22@students.unnes.ac.id)

### ABSTRAK

Pada pengelolaan Daerah Aliran Sungai atau DAS, daerah hulu dan tengah merupakan kawasan konservasi. Salah satu upaya untuk pengelolaan DAS adalah dengan kajian tingkat erosi. Kajian tingkat erosi membutuhkan data kerapatan kanopi. Studi kerapatan kanopi memegang peranan penting dalam pengelolaan DAS karena berkaitan dengan kajian erosi dan jumlah karbon. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi kerapatan kanopi adalah *hemispherical photography*. Namun, metode ini masih jarang dibahas padahal memiliki potensi yang besar. Studi tentang *hemispherical photography* sudah banyak dilakukan, namun masih terbatas dengan menggunakan kamera DSLR atau bisa juga menggunakan handphone. Oleh karena itu, artikel ini akan membahas perbandingan antara *hemispherical photography* dari handphone dan dari DSLR di sub DAS Kripik, dimana akan berguna dalam pengelolaan sub DAS Kripik itu sendiri.

**Kata kunci:** *Hemispherical photography*; Kanopi; Komparasi; Sub DAS Kripik

# SEMINAR NASIONAL IPA XIII

“Kecemerlangan Pendidikan IPA untuk Konservasi Sumber Daya Alam”

---

## PENDAHULUAN

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), definisi DAS sebagai wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan sungai dengan anak-anak sungainya yang berfungsi menyimpan, menampung, dan mengalirkan air dari curah hujan yang secara alami menuju ke danau atau ke laut. DAS dibagi menjadi tiga yaitu daerah bagian hulu, tengah, dan hilir (Fariz & Nurhidayati, 2020). Daerah hulu berfungsi sebagai daerah tangkapan air yang utama dan pengatur aliran, daerah tengah berfungsi sebagai pemasok dan pengatur tata air, dan daerah hilir sebagai pemakai air. Perubahan luas lahan bervegetasi dan non vegetasi sangat menentukan keseimbangan fungsi ekosistem termasuk fungsi aliran yang terjadi pada sebuah DAS. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi dapat menyebabkan penurunan jumlah aliran pada musim kemarau secara drastis dan peningkatan selisih jumlah aliran pada musim hujan (Rachman et al., 2022). Salah satu DAS yang berada di Kota Semarang adalah DAS Garang. DAS Garang secara administratif, merupakan DAS lintas kabupaten yang melintasi Kabupaten Semarang, Kota Semarang dan Kabupaten Kendal, Jawa Tengah. DAS Garang terbagi menjadi empat sub DAS, yaitu sub DAS Kreo, sub DAS Garang Hulu, sub DAS Kripik, sub DAS Garang hilir. Aliran sungainya berasal dari Kali Kreo, Kali Garang Hulu, dan Kali Kripik yang menjadi satu yaitu Kali Garang pada bagian hilir DAS (Fatahilah, 2013).

Melindungi tanah dari kekuatan energi kinetik hujan penyebab terjadinya kerusakan struktur tanah dan meningkatkan kepekaan tanah terhadap erosi merupakan fungsi dari vegetasi. Semakin rapat vegetasi atau pohon, maka proses sekuestrasi karbon, produksi serasah, dan tingkat kesuburan tanah juga meningkat. Hilangnya atau berkurangnya penutup vegetasi menyebabkan tanah tidak terlindungi dari energi kinetik hujan (Suyana et al., 2022). Penyebab utama terjadinya erosi ada dua yaitu erosi yang disebabkan secara alamiah dan erosi non alamiah yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Erosi alamiah dapat terjadi guna mempertahankan keseimbangan tanah secara alami. Erosi karena faktor alamiah umumnya masih memberikan media yang layak untuk keberlangsungan hidup tanaman. Sedangkan erosi non alamiah karena kegiatan manusia umumnya disebabkan oleh proses bercocok tanam yang tidak sesuai kaidah konservasi tanah atau kegiatan pembangunan yang sifatnya merusak keadaan fisik tanah seperti pembuatan jalan di daerah yang memiliki kemiringan lereng cukup besar sehingga lapisan tanah menjadi terkelupas. Secara berurutan, proses terjadinya erosi terdiri dari pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*). Kajian lebih lanjut yang disebabkan oleh erosi adalah munculnya sedimentasi (Alie, 2015). Untuk mengkaji tingkat erosi membutuhkan data kerapatan kanopi atau kerapatan vegetasi.

Studi kerapatan kanopi memegang peranan penting dalam pengelolaan DAS karena berkaitan dengan kajian erosi (erosi percik maupun erosi *run-off*) dan jumlah karbon (Fariz et al, 2023). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi kerapatan kanopi adalah *hemispherical photography*. Namun, metode ini masih jarang dibahas, padahal memiliki potensi yang besar. Studi tentang *hemispherical photography* sudah banyak dilakukan, namun masih terbatas dengan menggunakan kamera DSLR atau bisa juga menggunakan handphone. Oleh karena itu, artikel ini akan membahas perbandingan antara *hemispherical photography* dari handphone dan DSLR di sub DAS Kripik, dimana akan berguna dalam pengelolaan sub DAS Kripik itu sendiri.

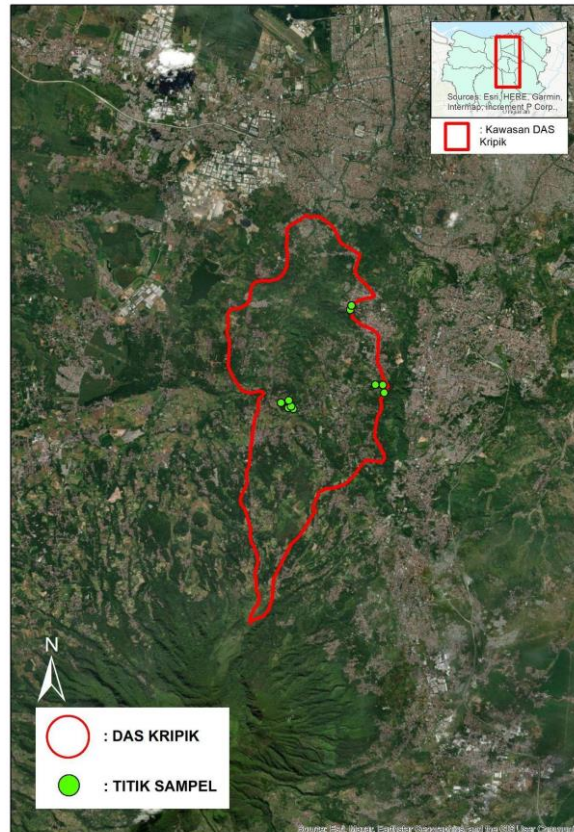
# SEMINAR NASIONAL IPA XIII

“Kecemerlangan Pendidikan IPA untuk Konservasi Sumber Daya Alam”

---

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode survei dan random sampling. Lokasi penelitian dilakukan di kawasan sub DAS Kripik dengan pengambilan data lapangan berupa dokumentasi. Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah persentase kerapatan kanopi di area sub DAS Kripik. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan dua perangkat yakni kamera Canon DSLR 1300D dan handphone Xiaomi Redmi Note 8 dengan pengambilan gambar dilakukan menggunakan lensa wide 0,8 di 10 titik yang telah ditentukan sebelumnya.



Gambar 1. sub DAS Kripik

Hasil pengambilan gambar diolah menggunakan aplikasi ImageJ. Secara prinsip, ImageJ adalah *software* pemrosesan gambar yang dapat digunakan untuk menghitung rasio piksel foto dan juga menghitung kepadatan populasi biologi. Piksel yang kontras antara tutupan kanopi dan langit dijadikan dasar pemisahan. Analisa perhitungan persentase tutupan kanopi dihitung dengan analisis gambar biner.

$$\% \text{ Tutupan kanopi} = \frac{P_{255}}{\Sigma P} \times 100\%$$

Keterangan:  $P_{255}$  = jumlah piksel yang bernilai 255 sebagai interpretasi tutupan kanopi  
 $\Sigma P$  = jumlah seluruh piksel (Purnama, 2020)

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *RMSE (Root Mean Square Error)*. *Root Mean Square Error (RMSE)* adalah besarnya rasio kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai *RMSE* maka semakin akurat hasil prediksinya (Mahyudin, 2014). *Root Mean Square Error* adalah metode yang menggunakan jumlah kuadrat

# SEMINAR NASIONAL IPA XIII

“Kecemerlangan Pendidikan IPA untuk Konservasi Sumber Daya Alam”

*error* atau perbedaan antara nilai sebenarnya (aktual) dan nilai prediksi, kemudian hasil tersebut dibagi dengan banyaknya data estimasi dan kemudian menarik akarnya, atau dapat dirumuskan dengan:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Aktual - Prediksi)^2}{n}}$$

Keterangan: n = jumlah data (Budiman, 2016).

Untuk menghitung jumlah kerapatan kanopi menggunakan aplikasi ImageJ, kemudian data yang telah diperoleh dengan ImageJ dianalisis menggunakan microsoft excel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Umum

Kawasan yang menjadi titik pengambilan sampel didominasi oleh kebun campuran yang memiliki lebih dari satu fungsi lahan, dimana lahan yang diambil sampel kanopinya memiliki beberapa jenis vegetasi yang berupa pepohonan dan tanaman-tanaman kecil (Gambar 2). Pepohonan yang tumbuh pada kawasan-kawasan tersebut terdiri dari berbagai jenis pohon baik pohon buah-buahan dan kayu-kayuan. Pohon buah yang paling banyak ditemukan pada lokasi pengambilan data adalah pohon durian dimana hampir di setiap titik terdapat jenis pohon tersebut. Mahoni menjadi pohon kayu-kayuan yang paling banyak ditemukan karena tumbuh di setiap titik pengambilan data. Sedangkan, tanaman-tanaman yang tumbuh di bawah pepohonan merupakan tanaman produksi yang berupa tanaman pangan seperti singkong, pepaya, cabe, nanas, dan tanaman rempah.



Gambar 2. Kenampakan Kebun Campuran

Berdasarkan fungsi dan tata guna lahan Kota Semarang, kawasan sub DAS Kripik adalah kawasan konservasi yang seharusnya menjadi zona hijau. Zona hijau adalah kawasan yang seharusnya tidak banyak terjadi pembangunan dan alih fungsi lahan. Zona hijau memiliki kerapatan kanopi lahan karena adanya beberapa tumbuhan. Kerapatan kanopi menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi besarnya erosi pada suatu lahan. Hal tersebut dapat menjadi penghambat erosi yang baik karena dapat menahan laju air hujan. Disamping itu, kanopi juga menjadi faktor yang menyebabkan terjadinya erosi percik dimana hal tersebut berasal dari pantulan atau percikan air yang mengenai daun lalu ke tanah. Erosi percik ini dipengaruhi oleh rapatnya kanopi pada suatu lahan hijau. Begitu pula dengan sub DAS Kripik yang memiliki tutupan kanopi sehingga mempengaruhi tingkat erosi aliran sungai tersebut.

### Perhitungan Kerapatan Kanopi




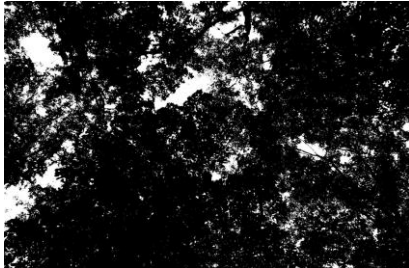


Metode perhitungan kerapatan kanopi dilakukan dengan metode *hemispherical photography* menggunakan kamera DSLR dan handphone. Foto kerapatan kanopi diambil

# SEMINAR NASIONAL IPA XIII

“Kecemerlangan Pendidikan IPA untuk Konservasi Sumber Daya Alam”

dengan arah pengambilan gambar secara vertikal akan membuat vegetasi dan langit memiliki kontras warna yang sangat jelas. Kekontrasan warna inilah yang dimanfaatkan sebagai cara untuk menghitung tingkat kerapatan kanopi. Analisis diawali dengan melakukan konversi foto menjadi format 8 bit, kemudian dijadikan hitam dan putih dimana warna putih merujuk pada langit dan warna hitam merujuk pada kanopi. Selanjutnya dilakukan fungsi *Threshold* untuk memisahkan pixel. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan data pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil gambar dengan menggunakan kamera Handphone dan kamera DSLR pada aplikasi ImageJ serta spesifikasi spesies pada titik lokasi pengambilan.

No	Smartphone	DSLR	Spesies
1	 68,75%	 73,71%	<i>Swietenia mahagoni</i> <i>Albizia chinensis</i>
2	 81,17%	 86,89%	<i>Swietenia mahagoni</i> <i>Terminalia catappa</i>
3	 78,19%	 82,79%	<i>Artocarpus heterophyllus</i> <i>Durio</i> <i>Nephelium lappaceum</i> <i>Swietenia mahagoni</i>

# SEMINAR NASIONAL IPA XIII

“Kecemerlangan Pendidikan IPA untuk Konservasi Sumber Daya Alam”

---

4



68,33%



65,54%

*Swietenia mahagoni*  
*Albizia chinensis*  
*Cocos nucifera*  
*Artocarpus heterophyllus*  
*Durio*

5



66,51%



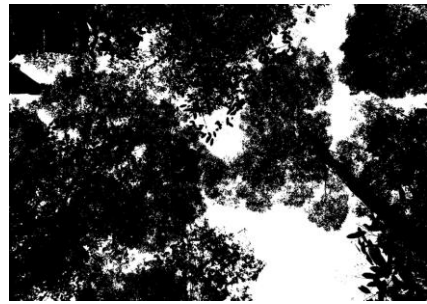
59,91%

*Artocarpus heterophyllus*  
*Durio*  
*Hibiscus tiliaceus*  
*Nephelium lappaceum*

6



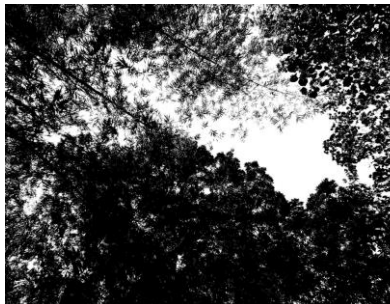
72,97%



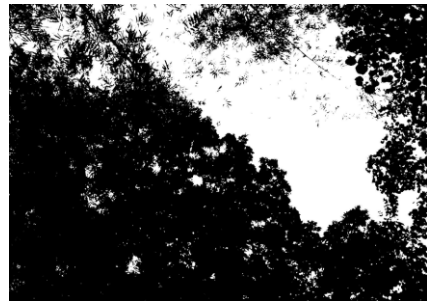
75,12%

*Durio*  
*Swietenia mahagoni*  
*Terminalia catappa*  
*Musa*  
*Albizia chinensis*

7



72,32%



68,46%

*Bambusoideae*  
*Swietenia mahagoni*  
*Hibiscus tiliaceus*

# SEMINAR NASIONAL IPA XIII

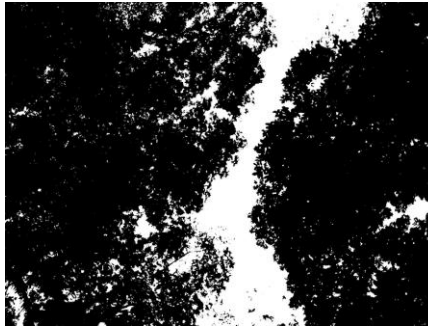
“Kecemerlangan Pendidikan IPA untuk Konservasi Sumber Daya Alam”

---

8



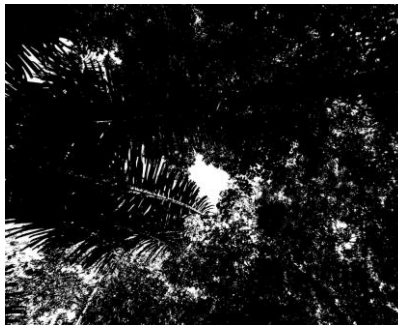
77,27%



82,30%

*Albizia chinensis*  
*Lansium domesticum*  
*Swietenia mahagoni*  
*Artocarpus heterophyllus*

9



90,88%



89,97%

*Garcinia mangostana*  
*Swietenia mahagoni*  
*Arenga pinnata*  
*Durio*

10



83,36%



74,79%

*Tectona grandis*  
*Cocos nucifera*  
*Nephelium lappaceum*  
*Swietenia mahagoni*  
*Durio*  
*Artocarpus heterophyllus*

---

## Uji komparasi

Hasil perhitungan persentase tutupan kanopi menggunakan kamera handphone dan kamera DSLR memiliki perbedaan selisih terhadap kerapatan tutupan kanopi pada lokasi penelitian. Hasil tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor internal seperti spesifikasi alat, fitur kamera, dan fungsi alat. Sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhi hasil kerapatan tutupan kanopi adalah posisi pengambilan foto, dan intensitas cahaya matahari.

Spesifikasi alat dari kamera handphone dan kamera DSLR sangat mempengaruhi persentase hasil perhitungan. Data diambil menggunakan handphone Xiaomi Redmi Note 8 dengan lensa wide 0,8mm dan kamera Canon 1300D dengan lensa wide canon 17-85mm. Perbedaan lensa dan tingkat kekaburan (*blur*) dari kedua perangkat juga berpengaruh terhadap hasil perhitungan. Selain itu, posisi pengambilan foto akan mempengaruhi persentase perhitungan kanopi seperti penggunaan tripod akan membantu kesamaan ketinggian pengambilan gambar. Titik fokus pada kamera juga sangat mempengaruhi hasil pemrosesan gambar yang diambil dimana banyak bagian vegetasi yang tertutup cahaya sehingga akan

# SEMINAR NASIONAL IPA XIII

“Kecemerlangan Pendidikan IPA untuk Konservasi Sumber Daya Alam”

terbaca sebagai langit. Titik fokus yang paling baik adalah fokus ke daerah yang cerah atau sumber cahaya sehingga vegetasi yang ada bisa tertangkap seluruhnya.

Selisih persentase dari penggunaan handphone dan DSLR memiliki rentang yang tidak terlalu besar. Pada umumnya, kamera handphone sudah dilengkapi dengan berbagai macam fungsi dan juga fitur seperti fokus otomatis, zoom dan beberapa fitur lainnya. Kemampuan kamera handphone dapat bekerja sebagai kamera digital atau dapat merekam video. Salah satu karakteristik paling penting ialah resolusi kamera yang diukur dalam satuan MP (megapixel). Untuk menghasilkan kualitas atau foto yang lebih baik maka harus didukung pula dengan ukuran megapixel yang lebih tinggi. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan Handphone dalam pengambilan data tutupan kanopi nilainya cukup akurat. Namun, jika dibandingkan dengan penggunaan kamera DSLR hasil yang didapatkan akan lebih akurat karena spesifikasi alat yang lebih unggul dibandingkan Handphone.

Berikut merupakan data hasil perhitungan selisih persentase antara perhitungan kerapatan kanopi menggunakan kamera handphone dan persentase menggunakan kamera DSLR dengan menggunakan metode RMSE pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil gambar dengan menggunakan kamera Handphone dan kamera DSLR pada aplikasi ImageJ serta spesifikasi spesies pada titik lokasi pengambilan.

Titik	Persentase Hp (%)	Persentase DSLR (%)	Selisih
1	68,75	73,71	4,96
2	81,17	86,89	5,72
3	78,19	82,79	4,6
4	68,33	65,54	-2,79
5	66,51	59,91	-6,6
6	72,97	75,12	2,15
7	72,32	68,46	-3,86
8	77,27	82,3	5,03
9	90,88	89,97	-0,91
10	83,36	74,79	-8,57
<b>RMSE</b>			<b>4,989189</b>

Berdasarkan perhitungan RMSE dengan DSLR sebagai data aktual dan handphone sebagai data prediksi, lalu dibagi dengan jumlah data yang diambil yaitu 10 titik dan menarik akarnya sehingga didapatkan nilai sebesar 4,989189. Hasil tersebut nilainya mendekati 0, sehingga jika dikaitkan dengan teori RMSE maka akurasi dinilai cukup baik. Dalam studi yang kami lakukan ditemukan bahwa sinar matahari mempengaruhi besar nilai yang didapat. Selain itu waktu pengambilan data juga mempengaruhi besar nilai, dimana pada pengambilan data diambil di waktu yang berbeda yaitu pagi hari dan siang hari. Hal tersebut menyebabkan perbedaan sinar matahari yang ditangkap oleh perangkat yang digunakan, sehingga



# SEMINAR NASIONAL IPA XIII

“Kecemerlangan Pendidikan IPA untuk Konservasi Sumber Daya Alam”

---

mempengaruhi nilai persentase yang dihitung menggunakan imageJ. Untuk mengatasi hal tersebut waktu pengambilan data harus sama atau sebisa mungkin pada rentang waktu yang singkat. Selain itu, untuk mengatasi perbedaan sinar matahari yang ditangkap bisa dilakukan dengan mengatur kecerahan dan fokus pada perangkat yang digunakan dalam pengambilan data. Sehingga data yang dihasilkan bernilai akurat dan error yang dihasilkan bernilai kecil semakin mendekati 0.

Kelemahan dari penelitian ini meliputi beberapa hal yaitu kurang merepresentasikan kondisi keseluruhan dari sub DAS Kripik. Hal ini disebabkan karena pemilihan titik yang cenderung terpusat di wilayah tertentu. Sebaiknya pengambilan data dilakukan dengan metode transek agar merepresentasikan keadaan lapangan yang sebenarnya. Selain itu penelitian ini hanya menggunakan satu metode analisis data yaitu akurasi. Menurut halnya penelitian ini bisa dikembangkan lagi menggunakan metode analisis lainnya. Kelemahan pada penelitian ini dapat menjadi acuan pada penelitian berikutnya agar menghasilkan data yang jauh lebih akurat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan RMSE diketahui bahwa perbedaan nilai yang didapat tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena hasil pemrosesan foto tidak jauh berbeda. Hasil perhitungan RMSE antara penggunaan kamera handphone dan kamera DSLR sebesar 4,989189. DSLR memiliki keunggulan terutama pada penentuan titik fokus cahaya. Hasil nilai penggunaan kamera handphone sebagai alat dalam pengambilan data tutupan kanopi nilainya cukup akurat. Foto kamera DSLR memiliki hasil yang lebih baik karena memiliki fokus yang baik. Sedangkan pada handphone, karena proses pemfokusan harus dilakukan secara manual, maka foto yang dihasilkan kurang maksimal. Hal lain yang perlu diperhatikan dalam proses *hemispherical photography* adalah bagaimana memilih waktu pengambilan gambar agar tidak terganggu sumber cahaya yaitu matahari yang akan menyorot ke kamera secara langsung. Selain itu, cuaca juga dapat menjadi faktor yang mengganggu intensitas cahaya sehingga akan mempengaruhi kontras pada gambar. Kontras gambar dapat mempengaruhi pembagian antara bagian gelap dan terang pada saat pemrosesan gambar sehingga hasilnya menjadi tidak akurat. Secara keseluruhan, handphone memiliki keunggulan dimana bisa mengimbangi kualitas gambar DSLR yang dari segi harga jauh di atasnya, namun dalam hal pemfokusan, handphone masih tertinggal cukup jauh karena penggunaannya yang harus manual.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alie, M. E. R. (2015). *Kajian Erosi Lahan Pada DAS Dawas Kabupaten Musi Banyuasin-Sumatera Selatan* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Budiman, H. (2016). Analisis Dan Perbandingan Akurasi Model Prediksi Rentet Waktu Support Vector Machines Dengan Support Vector Machines Particle Swarm Optimization Untuk Arus Lalu Lintas Jangka Pendek. *Systemic: Information System and Informatics Journal*, 2(1), 19-24.
- Fariz, T. R., Ihsan, H. M., Lutfiananda, F., Sartohadi, J., Darmajati, Y., & Syahputra, A. (2023). Perbandingan Pengukuran Kerapatan Kanopi Dari Hemispherical Photography Dan UAV Untuk Pemetaan Menggunakan Citra Sentinel-2. *Jurnal Hutan Tropis*, 11(1), 123-132.
- Fariz, T. R., & Nurhidayati, E. (2020). Mapping Land Coverage in the Kapuas Watershed Using Machine Learning in Google Earth Engine. *Journal of Applied Geospatial Information*, 4(2), 390-395.

# SEMINAR NASIONAL IPA XIII

“Kecemerlangan Pendidikan IPA untuk Konservasi Sumber Daya Alam”

---

- Fatahilah, M. (2013). Kajian Keterpaduan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Das) Garang Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 10(2), 136-153.
- Lisnawati, Y., & Wibowo, A. (2010). Analisis fluktuasi debit air akibat perubahan penggunaan lahan di kawasan puncak Kabupaten Bogor. *Jurnal Penelitian Hutan sekunder*, 7(4), 221-226.
- Mahyudin, M., Suprayogi, I., & Trimaijon, T. (2014). Model Prediksi Liku Kalibrasi Menggunakan Pendekatan Jaringan Saraf Tiruan (ZST)(Studi Kasus: Sub DAS Siak Hulu). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Dan Sains*, 1(1), 1-18.
- Purnama, M., Pribadi, R., & Soenardjo, N. (2020). Analisa tutupan kanopi mangrove dengan metode hemispherical photography di Desa Betahwalang, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 9(3), 317-325.
- Rachman, L. M., Hidayat, Y., & Ridwansyah, I. (2022). DINAMIKA PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DI SUB DAS CIRASEA (DAS CITARUM HULU)(The Dynamics of Land Use Change in The Cirasea Sub-Watershed (Citarum Hulu Watershed)). *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Journal of Watershed Management Research)*, 6(2), 161-178.
- Shahfahad, S., Naikoo, M. W., Islam, A. R. M. T., Mallick, J., & Rahman, A. (2022). Land use/land cover change and its impact on surface urban heat island and urban thermal comfort in a metropolitan city. *Urban Climate*, 4(1), 101052.
- Suyana, J., Krismonanto, W., Muliawati, E. S., & Widijanto, H. (2022). Karakteristik Vegetasi, Hara Nitrogen Dan Karbon Organik Tanah Pada Tegakan Hutan Taman Nasional Gunung-Merbabu Dan Tegalan. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Journal of Watershed Management Research)*, 6(2), 141-160.