

**TUGAS AKHIR**

**DETEKSI PENGINDERAAN JAUH *UNMANNED AERIAL VEHICLE* POHON KELAPA SAWIT BERBASIS *YOU ONLY LOOK ONCE* DAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***



**Oleh:**

**M Rama Nopan Ariyadi      1923250035**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN REKAYASA  
UNIVERSITAS MULTI DATA PALEMBANG  
PALEMBANG  
2023**

**Fakultas Ilmu Komputer dan Rekayasa  
Universitas Multi Data Palembang**

---

Program Studi Informatika  
Tugas Akhir Sarjana Komputer  
Semester Genap Tahun 2022/2023

**Deteksi Penginderaan Jauh *Unmanned Aerial Vehicle* Pohon Kelapa Sawit  
Berbasis *You Only Look Once* dan *Convolutional Neural Network***

M Rama Nopan Ariyadi      1923250035

**Abstrak**

Kelapa sawit (*Elaeis Guinensis Jacq*) adalah salah satu dari beberapa palma yang menghasilkan minyak dengan tujuan komersil. Indonesia merupakan penghasil minyak terbesar di dunia dari perkebunan yang sangat luas dimilikinya. Pemasaran minyak kelapa sawit dan inti sawit di Indonesia mempunyai potensi baik di dalam maupun di luar negeri. Dengan luasnya perkebunan kelapa sawit di Indonesia terjadi masalah dalam pengelolaan dalam manajemen sumber daya seperti penghitungan pohon kelapa sawit. Apabila dihitung secara konvensional dari data citra udara akan memakan waktu yang lama. Penelitian ini dilakukan untuk membantu menyelesaikan permasalahan itu dan berkontribusi pada pertanian modern atau *precision farming*. Dataset yang digunakan berjumlah 500 citra penginderaan jauh *unmanned aerial vehicle* pohon kelapa sawit. Dengan pembagian data training sebesar 80%, data testing 10% dan data validation 10%. Algoritma yang digunakan yaitu *you only look once version 7* dengan arsitektur *convolutional neural network*. Pengujian dilakukan pada 50 data testing pohon kelapa sawit. Hasil dari kinerja model dalam penelitian ini untuk mendeteksi pohon kelapa sawit mendapatkan tingkat *precision* sebesar 98.45%, *recall* sebesar 98.17%, *overall accuracy* sebesar 98.31% dan *mean average precision* sebesar 99.7%.

**Kata kunci:** Kelapa Sawit, Penginderaan Jauh, *Unmanned Aerial Vehicle*, *Tree Counting*, *Convolutional Neural Network*, *You Only Look Once*.

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang dari penelitian ini dilakukan, perumusan masalah yang akan diselesaikan, ruang lingkup pengerjaan, tujuan dan manfaat yang akan diperoleh, metode penelitian, serta sistematika penulisan laporan penelitian.

### **1.1 Latar Belakang**

Kelapa sawit (*Elaeis guinensis jacq*) adalah salah satu dari beberapa palma yang menghasilkan minyak dengan tujuan komersil. Kelapa sawit merupakan tanaman tahunan yang sebagian besar dibudayakan di Asia Tenggara (Lardi, 2022). Negara Indonesia merupakan penghasil minyak terbesar di dunia. Pemasaran minyak kelapa sawit dan inti sawit di Indonesia mempunyai potensi baik di dalam maupun di luar negeri. Minyak kelapa sawit dapat digunakan untuk berbagai peruntukan, diantaranya yaitu untuk minyak masak, minyak industry, maupun bahan bakar berupa biodiesel (Badan Pusat Statistik, 2021).

Luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia sebesar 14,33 juta hektar dengan produksi mencapai 42,9 juta ton. Kemudian pada tahun 2019 luas areal perkebunan kelapa sawit meningkat sebesar 1,88 persen menjadi 14,60 juta hektar

dengan peningkatan *Crude Palm Oil* (CPO) sebesar 12,92 persen menjadi 48,42 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2019). Pada tahun 2020 luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia hampir tidak mengalami perkebangan yang diakibatkan oleh pandemi *covid-19*. Peningkatan luas perkebunan kelapa sawit hanya sebesar 0,90 persen menjadi 14,59 juta hektar. sedangkan jumlah produksi *crude palm oil* (CPO) di Indonesia pada tahun 2020 mengalami penurunan sebesar 5,01 persen dibanding tahun 2019 menjadi 45,74 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2020). Pada tahun 2021 luas areal perkebunan kelapa sawit tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan. Luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2021 yaitu sebesar 14,62 juta hektar. jumlah produksi *crude palm oil* (CPO) pada tahun 2021 mengalami penurunan yaitu menjadi 45,12 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2021).

Dari lahan kelapa sawit yang sangat luas dan total produksi yang sangat besar pada minyak kelapa sawit di Indonesia. Hasil dari produksi minyak kelapa sawit di Indonesia sebagian besar diekspore ke luar negara dan sisanya di pasarkan di dalam negeri. Pada tahun 2021, ada beberapa negara besar sebagai pengimport minyak dari Indonesia diantaranya India, Kenya, Italia, Belanda, dan Spanyol (Badan Pusat Statistik, 2021). Nilai ekspor *crude palm oil* (CPO) Indonesia sepanjang tahun 2020 mencapai US\$5,11 miliar, bertambah US\$597 juta atau tumbuh 13,3% dari tahun 2019. Nilai ekspor *crude pal oil* (CPO) Indonesia mencapai 46,8% dari total ekspor *crude palm oil* (CPO) dunia dengan jumlah US\$10,91 miliar pada tahun 2020. Kemudian nilai ekspor *crude pal oil* (CPO) Malaysia mencapai US\$3,36 miliar atau 30,70% dari total ekspor *crude palm oil* (CPO) didunia. Kemudian di ikuti dengan nilai ekspor *crude palm oil*

(CPO) dari beberapa negara lainnya (Kusnandar, 2022). Pada tahun 2021 nilai ekspor *crude palm oil* (CPO) Indonesia meningkat 54,61% menjadi US\$28,52 miliar. Nilai ekspor *crude palm oil* (CPO) Indonesia meningkat karena membaiknya harga *crude palm oil* (CPO) di pasar global, seiring naiknya harga komoditas pangan (Kusnandar, 2022).

Berdasarkan catatan Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI). Jumlah tenaga kerja yang terserap pada industri kelapa sawit juga tidak sedikit, kurang lebih sekitar 4,6 juta pekerja yang ada di industri kelapa sawit (wiyanto, 2020). Dapat dilihat dari manfaat-manfaat tersebut, jelaslah bahwa industri perkebunan, khususnya kelapa sawit di Indonesia, sangat penting untuk pengembangan komoditas perkebunan strategis. Secara khusus, penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) akan mendukung Gerakan Peningkatan Produksi, Nilai Tambah, dan Daya Saing Perkebunan (GRASIDA) yang dicanangkan oleh Kementerian Pertanian. (ditjenbun, 2020). Terdapat beberapa permasalahan dalam pengelolaan sumber daya, seperti perhitungan jumlah pohon kelapa sawit karena luasnya lahan perkebunan, dan membutuhkan waktu yang lama jika dilakukan secara konvensional, misalnya perhitungan secara manual dengan menggunakan data foto udara.

Kemajuan teknologi informasi yang sangat cepat dan juga pesat bisa bermanfaat di berbagai sektor, salah satu contoh yaitu *precision farming*. *Precision farming* (PF) merupakan sebuah sistem pertanian yang menggabungkan teknologi dan informasi untuk menemukan, menilai, dan mengendalikan setiap jenis tanaman di lahan pertanian secara tepat dan juga mempunyai potensi dalam memenuhi tantangan

yang bisa ditimbulkan oleh ambisi public dalam menghasilkan lebih banyak sambil mengonsumsi lebih sedikit sumber daya (Coluccia dkk., 2020; Khanal dkk., 2017). *Precision farming* bertujuan dalam menyesuaikan pengelolaan dengan cara yang koheren dan holistic, terutama dalam memanfaatkan variabilitas spasial dan temporal yang tinggi dari sifat tanaman dan lingkungan (Lowenberg-DeBoer J, 2015). Teknologi georeferensi seperti *global positioning system* (GPS) dan pemetaan melalui sistem informasi geografis (GIS), merupakan elemen kunci dari banyak aplikasi PF. Alat diagnostik mengumpulkan informasi menggunakan teknik penginderaan atau pengambilan sampel dalam berbagai skala (Weersink dkk., 2018). Sebagai contoh, perkebunan kelapa sawit dapat dipantau dengan lebih cepat dan hemat biaya dengan menggunakan teknologi penginderaan jarak jauh. *Unmanned aerial vehicles* (UAV), seperti *drone*, yang dapat menangkap gambar di lahan perkebunan. (Agili dkk., 2018). *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan *drone* merupakan kendaraan yang sangat baik untuk digunakan jika terjadi gangguan awan. Data citra perkebunan dapat diambil dengan menggunakan pesawat *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dengan resolusi dan kejelasan yang sangat tinggi. Deteksi pohon kelapa sawit dapat dilakukan dengan lebih cepat dan tepat dengan menggunakan citra perkebunan kelapa sawit. (Santoso, 2020).

Demi menjamin keberlangsungan industri perkebunan kelapa sawit secara finansial, Indonesia yang merupakan produsen minyak mentah kelapa sawit terbesar di dunia, seharusnya menggunakan teknik pertanian *precision farming* di semua perkebunan kelapa sawitnya. Akan tetapi, Indonesia masih belum bisa memenuhi hal tersebut dikarenakan masih adanya berbagai macam tantangan, tantangan tersebut

yakni Pemahaman sumber daya manusia yang terbatas di sektor perkebunan, sistem precision farming saat ini yang masih terlalu kaku, penolakan sosial dan budaya dari sebagian pekerja perkebunan, masalah infrastruktur yang belum mendukung kemajuan teknologi sebagai pondasi penerapan sistem precision farming, serta biaya yang relatif tinggi dalam penerapan *precision farming* menjadi sebagian penyebabnya. (ginting & wiratmuko, 2021; manaf dkk., 2018). Oleh karena itu, investasi teknologi untuk penerapan *precision farming* di perkebunan kelapa sawit perlu diperhitungkan dan direncanakan secara matang dengan memperhatikan kesiapan sumber daya yang ada, baik sumber daya alam maupun sumber daya manusia, infrastruktur pendukung, dan budaya kerja di setiap perkebunan kelapa sawit, sehingga transformasi proses bisnis melalui penerapan *precision farming* dapat berjalan secara berkelanjutan. (manaf dkk., 2018).

Pada penelitian sebelumnya, model *convolutional neural network* (CNN) yang menggunakan perangkat lunak sistem informasi geografis digunakan untuk mendeteksi pohon pada perkebunan kelapa sawit secara otomatis (Samuel dkk., 2022). Arsitektur *ResNet-34* digunakan dalam teknik *convolutional neural network* (CNN) ini. Model terbaik yang diperoleh adalah model yang menggunakan dataset dari *unmanned aerial vehicle* (UAV) atau pesawat tanpa awak di perkebunan kelapa sawit, dengan nilai F1-Score sebesar 84% saat *training* dan 71% saat *testing*. Namun hasil penelitian ini mengalami kendala akibat dari kualitas citra *unmanned aerial vehicle* yang buruk. Waktu pengambilan gambar yang direkam oleh kamera yang dibawa oleh UAV memiliki perbedaan waktu, dan kondisi cuaca yang berbeda juga menyebabkan kualitas

gambar yang buruk. Kurangnya akurasi dalam mengidentifikasi tanaman kelapa sawit dipengaruhi oleh kualitas gambar yang buruk.

*Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan salah satu algoritma dari *deep learning* yang merupakan pengembangan dari *Multi Layer Perceptron* (MLP) yang di rancang untuk melakukan pengelolaan data dalam bentuk dua dimensi. *Convolutional Neural Network* (CNN) juga digunakan untuk mengenali pokok pohon kelapa sawit secara otomatis pada data citra perkebunan yang di ambil dengan teknologi penginderaan jauh. dengan adanya algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) ini dapat dilakukan deteksi untuk menghitung pohon sawit secara otomatis (Alfredo & suharjito, 2022). Namun pada penelitian (Rizki dkk., 2020) yang membahas perbandingan antara *Faster R- CNN* dan CNN. Di penilitan ini menemukan bahwa algoritma *Faster R-CNN* lebih baik dari pada CNN. Klasifikasi menggunakan *Faster R-CNN* mendapatkan hasil akurasi 82,14%, presisi 91,38%, dan recal 91,36%. Sedangkan pada CNN diperoleh akurasi 76%, presisi 74% dan recall 72,3%. *Faster R-CNN* lebih unggul dari semua pengujian parameter dengan selisih 6,14% untuk akurasi, 17,28% untuk presisi dan 19,06% untuk nilai recall.

Kemudian penelitian sebelumnya (liu dkk., 2020) telah melakukan penelitian untuk melakukan deteksi dan penghitungan pohon kelapa sawit dengan dataset dari citra UAV dengan menggunakan metode *deep learning*. Pada penelitian ini algoritma *deep learning* yang di gunakan yaitu *Faster R-CNN* digunakan untuk membangun model, mengekstraksi fitur dari gambar dan mengidentifikasi pohon kelapa sawit. Model kemudian dilatih dan digunakan untuk mendeteksi individu pohon kelapa sawit



berdasarkan data *testing*. Setelah dilakukan pengujian pada tiga lokasi berbeda didapatkan akurasi deteksi kelapa sawit yaitu 97,6%, 96,58% dan 97,79%. Hasil menunjukkan bahwa metode yang digunakan lebih efektif dari algoritma CNN dan SVM. Serta deteksi yang akurat dan dapat menghitung jumlah pohon kelapa sawit dengan benar dari citra UAV. Namun hasil penelitian ini mengalami kendala pada saat deteksi objek ketika ukuran pohon kelapa sawit dalam gambar terlalu kecil, ada latar belakang yang tumpang tindih dan resolusi objek yang rendah. Sehingga menyebabkan ketidak berhasilan saat melakukan deteksi objek.

Dan selanjutnya pada penelitian tentang autonomous palm tree detection from remote sensing images dengan kumpulan dataset *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) (Al-Saad dkk., 2022). Dilakukan penghitungan pohon palem secara otonom dari citra penginderaan jarak jauh di Uni Emirat Arab. penghitungan pohon palem secara otomatis pada penelitian ini dapat menghemat tenaga dan sumber daya dengan cara meminimalkan campur tangan manusia sehingga mengurangi potensi kesalahan dalam penghitungan. Dataset yang digunakan yaitu dataset penginderaan jauh dengan resolusi tinggi untuk mendeteksi pohon palem di Uni Emirat Arab. Kumpulan dataset dikumpulkan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) dan di beri label dalam format PASCAL VOC dan YOLO setelah pra-pemrosesan dan pemeriksaan kualitas secara visual. Metode yang digunakan yaitu algoritma *You Only Look Once Version 4* (YOLOv4) dengan akurasi 96,22% serta presisi 99.02% dan juga algoritma *Faster-RCNN* dengan akurasi 66,12% serta presisi 84,24%. Hasil dari penelitian menemukan

bahwa YOLOv4 mengungguli *Faster-RCNN* dalam hal semua metric kuantitatif dan juga lebih cepat 58 detik.

Algoritma *You Only Look Once* (YOLO) menggunakan arsitektur *convolution neural network* (CNN) dalam melakukan deteksi objek pada gambar atau video secara *real-time* (Redmon dkk., 2016). Pada YOLOv4 sangat bergantung pada anotasi gambar training. Serta data training minimal yang digunakan untuk memiliki hasil optimal berkisar 3000 hingga 4000 untuk objek individu. Karena hal itu pada penelitian ini membandingkan YOLOv4 dengan YOLOv7 dengan hasil bahwa YOLOv7 lebih baik dari pada YOLOv4. Untuk mendapatkan tingkat akurasi klasifikasi yang sama YOLOv7 membutuhkan data training lebih sedikit dari YOLOv4 (Yuan, 2023). YOLOv7 dapat menungguli semua object detector yang dikenal dalam hal kecepatan dan akurasi. YOLOv7 tidak hanya mengungguli YOLOv4 akan tetapi YOLOv7 mengungguli beberapa algoritma lainnya seperti YOLOR, YOLOX, Scaled-YOLOv4, YOLOv5, DETR, Deformable DETR, DINO-5scale-R50, ViT-Adapter-B dan object detector lainnya yang dalam kecepatan dan akurasi (Wang dkk., 2022).

Berdasarkan paparan yang telah dijelaskan diatas, maka untuk penelitian ini akan melakukan pendeteksian dengan memanfaatkan penggunaan algoritma *You Only Look once version 7* (YOLOv7) yang menggunakan arsitektur *Convolutional neural network* (CNN) pada perkebunan kelapa sawit dikarenakan memiliki kemampuan dalam mendeteksi sebuah objek dengan performa yang lebih baik. Serta dapat digunakan untuk melakukan pendeteksian pengindraan jauh dengan *unmanned aerial vehicle* atau pesawat tanpa awak. Oleh karena itu, diharapkan dengan penelitian ini

dapat membantu dalam proses perhitungan jumlah pohon kelapa sawit di Indonesia dengan cepat dan akurat.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini bagaimana mendeteksi penginderaan jauh *unmanned aerial vehicle* atau pesawat tanpa awak pada pohon kelapa sawit berbasis *you only look once version 7* dan *convolutional neural network*

## 1.3 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini ditentukan ruang lingkup atau batasan masalah sebagai berikut:

1. Menggunakan algoritma *You Only Look Once Version 7* (YOLO) dan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mendeteksi kelapa sawit yang sedang dilakukan dalam penelitian ini.
2. Dataset yang digunakan adalah gambar citra kelapa sawit di ambil dengan penginderaan jauh dengan wahana *unmanned aerial vehicle* (UAV) atau pesawat tanpa awak.
3. *Unmanned aerial vehicle* (UAV) yang digunakan yaitu drone *fixed wing* dengan kamera sony alpha 6000.
4. Elevasi pada saat pengambilan gambar UAV adalah 100 meter.
5. Dataset gambar berjumlah 500.

6. Dataset gambar yang digunakan memiliki ukuran 3000x2000 piksel.
7. Dataset gambar yang digunakan berupa format \*.jpg
8. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Python.
9. Tools yang digunakan untuk anotasi citra dataset yaitu *labelImg* dari label studio community
10. Tools yang digunakan untuk mengimplementasikan algoritma adalah google colab pro.
11. Tools yang digunakan untuk melakukan *cropping* gambar adalah website Iloveimg.com .

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan algoritma *You Only Look Once version 7* (YOLOv7) dan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam melakukan deteksi kelapa sawit dari dataset penginderaan jauh dengan *unmanned aerial vehicle* atau pesawat tanpa awak.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah

1. Memahami penerapan algoritma *You Only Look Once version 7* (YOLOv7) dan *Convolutional Neural Network* (CNN).
2. Mengetahui hasil deteksi kelapa sawit dari dataset penginderaan jauh *unmanned aerial vehicle* dengan algoritma yang diterapkan.

3. Mengetahui tingkat akurasi pengenalan dengan algoritma *You Only Look Once version 7* (YOLOv7) dan *Convolutional Neural Network* (CNN).
4. Berkontribusi pada penelitian di dunia pertanian modern atau *precision farming* tentang deteksi kelapa sawit.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang dilakukan pada tugas akhir ini akan di kelompokkan dalam 5 bab yaitu pendahuluan, landasan teori, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan, serta penutup.

### BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang dari penelitian ini dilakukan, perumusan masalah yang akan diselesaikan, ruang lingkup pengerjaan, tujuan dan manfaat yang akan diperoleh, metode penelitian, serta sistematika penulisan laporan penelitian.

### BAB 2 LANDASAN TEORI

Pada bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang berkaitan dengan penelitian deteksi pohon kelapa sawit, *tree counting*, penginderaan jauh, *unmanned aerial vehicle* (uav), *convolutional neural network* (cnn), dan *you only look once* (yolo) serta penelitian-penelitian terdahulu.

### BAB 3 METODE PENELITIAN

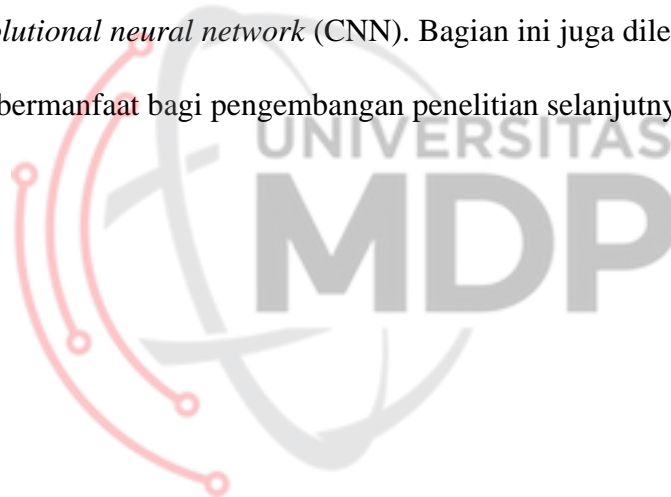
Pada bab ini menjelaskan tentang kebutuhan perangkat keras dan lunak, serta penjelasan tahapan metode penelitian yang digunakan.

## **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini membahas tentang hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada penelitian deteksi pohon kelapa sawit.

## **BAB 5 PENUTUP**

Pada bab ini berisi penjelasan tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, yaitu deteksi penginderaan jauh *unmanned aerial vehicle* pada pohon kelapa sawit berbasis *you only look once version 7* (YOLOv7) dan *convolutional neural network* (CNN). Bagian ini juga dilengkapi dengan saran yang bermanfaat bagi pengembangan penelitian selanjutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alfredo, I., & Suharjito, S. (2022). Perbaikan model alexnet untuk mendeteksi kematangan TBS kelapa sawit dengan menggunakan image enhancement dan hyperparameter tuning. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 27(1), 56-68.
- Al-Saad, M., Aburaed, N., Al Mansoori, S., & Al Ahmad, H. (2022, July). Autonomous palm tree detection from remote sensing images-uae dataset. In *IGARSS 2022-2022 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 2191-2194). IEEE.
- Asshiddiqie, M. A. J., Rahmat, B., & Anggraeny, F. T. (2020). Deteksi tanaman tebu pada lahan pertanian menggunakan metode convolutional neural network. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 1(1), 229-237.
- Badan Pusat Statistika. (2020, November). *Statistik kelapa sawit Indonesia 2019* (no. 05130.2002). Diambil dari <https://www.bps.go.id/publication/2020/11/30/36cba77a73179202def4ba14/statistik-kelapa-sawit-indonesia-2019.html>
- Badan Pusat Statistika. (2021, Maret). *Statistik kelapa sawit Indonesia 2020* (no. 05100.2111). Diambil dari <https://www.bps.go.id/publication/2021/11/30/5a3d0448122bc6753c953533/statistik-kelapa-sawit-indonesia-2020.html>
- Badan Pusat Statistika. (2022, November). *Statistik kelapa sawit Indonesia 2021* (no. 05100.2209). Diambil dari <https://www.bps.go.id/publication/2022/11/30/254ee6bd32104c00437a4a61/statistik-kelapa-sawit-indonesia-2021.html>
- Bhattacharyya, R., & Bhattacharyya, A. (2020). Crown detection and counting using satellite images. In *Emerging Technology in Modelling and Graphics: Proceedings of IEM Graph 2018* (pp. 765-773). Springer Singapore.
- Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. *arXiv preprint arXiv:2004.10934*.

- Coluccia, B., Valente, D., Fusco, G., De Leo, F., & Porrini, D. (2020). Assessing agricultural eco-efficiency in Italian Regions. *Ecological Indicators*, 116, 106483.
- Ditjenbun. (2020). Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Perkebunan. Retrieved from Peluang Ekspor Perkebunan Masih Bertahan: <http://ditjenbun.pertanian.go.id/peluang-eksporperkebunan-masih-bertahan/>
- Endrianti, F., Setiawan, W., & Wihardi, Y. (2018). Sistem pencatatan kehadiran otomatis di ruang kelas berbasis pengenalan wajah menggunakan metode convolutional neural network (CNN). *Jurnal Aplikasi dan Teori Ilmu Komputer*, 1(1), 40-44.
- Finger, R., Swinton, S. M., El Benni, N., & Walter, A. (2019). Precision farming at the nexus of agricultural production and the environment. *Annual Review of Resource Economics*, 11, 313-335.
- Foody, G. M. (2019). Remote sensing of the environment: An earth observation perspective. Routledge.
- Ginting, E. N., & Wiratmoko, D. (2021). Potensi dan Tantangan Penerapan Precision Farming dalam Upaya Membangun Perkebunan Kelapa Sawit yang Berkelanjutan. *War. PPKS*, 26(2), 55-65.
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1968). Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. *The Journal of physiology*, 195(1), 215-243.
- Jocher, G., Stoken, A., Borovec, J., Changyu, L., & Hogan, A. (2020). ultralytics/yolov5: v3. 1-bug fixes and performance improvements. *Zenodo*.
- Khanal, S., Fulton, J., & Shearer, S. (2017). An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 139, 22-32.
- Kusnandar, V. B. (2022, April 26). *Indonesia Kuasai 46% Ekspor CPO Dunia pada 2020*. Diambil dari <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/04/26/indonesia-kuasai-46-eksporcpo-dunia-pada-2020>
- Kusnandar, V. B. (2022, Juli 27). *Volume Ekspor CPO Indonesia menurut Negara Tujuan (2021)*. Diambil dari <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/07/27/tiongkok-pasar-terbesar-cpo-indonesia-pada-2021>



- Lai, Y., Ma, R., Chen, Y., Wan, T., Jiao, R., & He, H. (2023). A pineapple target detection method in a field environment based on improved YOLOv7. *Applied Sciences*, 13(4), 2691.
- Lardi, S. (2022). Bididaya tanaman kelapa sawit. Diambil dari [https://www.researchgate.net/publication/358981459\\_E-book\\_Buku\\_Ajar\\_Budidaya\\_Kelapa\\_Sawit](https://www.researchgate.net/publication/358981459_E-book_Buku_Ajar_Budidaya_Kelapa_Sawit)
- Li, Z., Liu, F., Yang, W., Peng, S., & Zhou, J. (2021). A survey of convolutional neural networks: analysis, applications, and prospects. *IEEE transactions on neural networks and learning systems*.
- Liu, X., Ghazali, K. H., Han, F., & Mohamed, I. I. (2021). Automatic detection of oil palm tree from UAV images based on the deep learning method. *Applied Artificial Intelligence*, 35(1), 13-24.
- Lowenberg-DeBoer, J. (2015). The Precision agriculture revolution. *Foreign Aff.*, 94, 105.
- Manaf, S. F. A., Jahim, J. M., Harun, S., & Luthfi, A. A. I. (2018). Fractionation of oil palm fronds (OPF) hemicellulose using dilute nitric acid for fermentative production of xylitol. *Industrial Crops and Products*, 115, 6-15.
- Mohsan, S. A. H., Khan, M. A., Noor, F., Ullah, I., & Alsharif, M. H. (2022). Towards the unmanned aerial vehicles (UAVs): A comprehensive review. *Drones*, 6(6), 147.
- Narayana, C. L., & Ramana, K. V. (2023). An Efficient Real-Time Weed Detection Technique using YOLOv7. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(2).
- Nauthika, T. A., Suprayogi, A., & Sudarsono, B. (2017). IDENTIFIKASI DAN ESTIMASI TINGKAT PRODUKTIVITAS KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI LiDAR (Studi Kasus: Air Upas, Kabupaten Ketapang). *Jurnal Geodesi UNDIP*, 6(4), 254-262.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 779-788).
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2017). YOLO9000: better, faster, stronger. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 7263-7271).

- Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An incremental improvement. *arXiv preprint arXiv:1804.02767*.
- Ridhovan, A., & Suharso, A. (2022). Penerapan metode residual network (resnet) dalam klasifikasi penyakit pada daun gandum. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 7(1), 58-65.
- Riyanto, V., Nawawi, I., Ridwansyah, R., Wijaya, G., & Haryanto, T. (2023). Optimization of the YOLOv7 object detection algorithm for estimating the amount of apple harvest. *Paradigma-Jurnal Komputer dan Informatika*, 25(1).
- Rizki, Y., Taufiq, R. M., Mukhtar, H., Wenando, F. A., & Al Amien, J. (2020, November). Comparison between faster R-CNN and CNN in recognizing weaving patterns. In *2020 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information System (ICIMCIS)* (pp. 81-86). IEEE.
- Samuel, S., Prilianti, K. R., Setiawan, H., & Mimboro, P. (2022). Metode deteksi pokok pohon secara otomatis pada citra perkebunan sawit menggunakan model convolutional neural network (CNN) pada perangkat lunak sistem informasi geografis. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(7), 1689-1698.
- Santoso, H. (2020). Pengamatan dan pemetaan penyakit busuk pangkal batang di perkebunan kelapa sawit menggunakan unmanned aerial vehicle (UAV) dan kamera multispektral. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 16(2), 69-80.
- Tong, P., Han, P., Li, S., Li, N., Bu, S., Li, Q., & Li, K. (2021). Counting trees with point-wise supervised segmentation network. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 100, 104172.
- Wang, C. Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H. Y. M. (2022). YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors. *arXiv preprint arXiv:2207.02696*.
- Weersink, A., Fraser, E., Pannell, D., Duncan, E., & Rotz, S. (2018). Opportunities and challenges for big data in agricultural and environmental analysis. *Annual Review of Resource Economics*, 10, 19-37.
- Wiyanto. (2020, Februari 29). Informasi manfaat sawit bagi perekonomian. Diambil dari <https://www.industry.co.id/read/61493/informasi-manfaat-sawit-bagi-perekonomian>

- Wu, D., Jiang, S., Zhao, E., Liu, Y., Zhu, H., Wang, W., & Wang, R. (2022). Detection of camellia oleifera fruit in complex scenes by using YOLOv7 and data augmentation. *Applied Sciences*, 12(22), 11318.
- Yuan, W. (2023). Accuracy comparison of YOLOv7 and YOLOv4 regarding image annotation quality for apple flower bud classification. *AgriEngineering*, 5(1), 413-424.
- Yildirim, E., Sefercik, U. G., & Kavzoglu, T. 5th Intercontinental Geoinformation Days.
- Yusuf, A., Wihandika, R. C., & Dewi, C. (2019). Klasifikasi emosi berdasarkan ciri wajah menggunakan convolutional neural network. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer e-ISSN*, 2548, 964X.

