

**REMOTE SENSING UNTUK MEMPREDIKSI
PRODUKSI TANAMAN PADI SAWAH
DI KABUPATEN BANDUNG
MENGUNAKAN ALGORITMA *GRADIENT BOOSTING REGRESSOR***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
Program Studi Ilmu Komputer



oleh
AFINA HADAINA YUDIANITA
NIM 1605201

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
DEPARTEMEN PENDIDIKAN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2020**

***REMOTE SENSING UNTUK MEMPREDIKSI
PRODUKSI TANAMAN PADI SAWAH
DI KABUPATEN BANDUNG
MENGUNAKAN ALGORITMA GRADIENT BOOSTING REGRESSOR***

Oleh
Afina Hadaina Yudianita
NIM 1605201

Sebuah Skripsi yang Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Komputer di Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam

© Afina Hadaina Yudianita 2020
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2020

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

AFINA HADAINA YUDIANITA

1605201

***REMOTE SENSING UNTUK MEMPREDIKSI
PRODUKSI TANAMAN PADI SAWAH
DI KABUPATEN BANDUNG
MENGUNAKAN ALGORITMA GRADIENT BOOSTING REGRESSOR***

DISETUJUI DAN DISAHKAN OLEH PEMBIMBING:

Pembimbing I,

Lala Septem Riza, M.T., Ph.D.

NIP. 197809262008121001

Pembimbing II,

Eki Nugraha, S.Pd., M.Kom.

NIP. 920171219850822101

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Ilmu Komputer

Lala Septem Riza, M.T., Ph.D.

NIP. 197809262008121001

PERNYATAAN

Dengan ini, penulis menyatakan bahwa skripsi dengan judul “*Remote Sensing* untuk Memprediksi Produksi Tanaman Padi Sawah di Kabupaten Bandung Menggunakan Algoritma *Gradient Boosting Regressor*” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya penulis sendiri. Penulis tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, penulis siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya penulis ini.

Bandung, Agustus 2020
Yang Membuat Pernyataan,

Afina Hadaina Yudianita
NIM 1605201

**REMOTE SENSING UNTUK MEMPREDIKSI
PRODUKSI TANAMAN PADI SAWAH
DI KABUPATEN BANDUNG
MENGUNAKAN ALGORITMA GRADIENT BOOSTING REGRESSOR**

Oleh

Afina Hadaina Yudianita — afina233@student.upi.edu

1605201

ABSTRAK

Tanaman padi merupakan sumber karbohidrat utama bagi mayoritas penduduk dunia. Produksi padi menempati urutan ketiga setelah jagung dan gandum di seluruh dunia. Tanaman padi juga memegang peranan sebagai makanan pokok di Indonesia. Pada tahun 2011 – 2015, produksi padi di Indonesia mengalami peningkatan sebesar 9,64 juta ton atau sebesar 14,66%. Selain itu, tanaman padi juga berperan sebagai pendorong pertumbuhan ekonomi nasional dilihat dari kontribusinya dalam sektor pertanian sebagai sektor penyumbang terbesar kedua Produk Domestik Bruto. Dilihat dari peranannya di Indonesia, prediksi produksi padi menjadi hal yang krusial. Penelitian ini memanfaatkan teknologi *remote sensing* untuk memprediksi produksi tanaman padi sawah di sebagian wilayah Kabupaten Bandung. Data citra satelit Landsat 8 diekstraksi informasinya menggunakan aplikasi *remote sensing* ENVI, menghasilkan transformasi indeks vegetasi NDVI untuk diperoleh hubungan regresinya dengan produksi tanaman padi sawah. Prediksi dilakukan dengan membangun model *Gradient Boosting Regression* (GBR). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa skenario terbaik menghasilkan nilai RMSE sebesar 9677,22 dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,60.

Kata Kunci: *Remote sensing*, produksi padi, NDVI, ENVI, satelit Landsat 8, *Gradient Boosting Regressor*, *machine learning*

**REMOTE SENSING FOR YIELD PREDICTION OF PADDY RICE
AT KABUPATEN BANDUNG
USING GRADIENT BOOSTING REGRESSOR ALGORITHM**

Arranged by

Afina Hadaina Yudianita — afina233@student.upi.edu

1605201

ABSTRACT

Paddy rice is the main source of carbohydrates for the majority of the world's population. Paddy rice got third place as the largest crop in the world, after corn and wheat. Paddy rice also plays an important role as Indonesia's most important staple food. From 2011 to 2015, paddy rice production in Indonesia increased by 9.64 million tons, or 14.66%. In addition, paddy rice also plays a role as one of the main boosters of national economic growth based on its contribution to Indonesia's gross domestic product (GDB), which means yield prediction of paddy rice is crucial in Indonesia. This research exploits the technology of remote sensing to predict the yield of paddy rice using Landsat 8 satellite imagery. The satellite imagery is processed by remote sensing software (ENVI), resulting in the transformation of vegetation indices called NDVI that later will be used to obtain its relationship with the yield of paddy rice. The prediction is done by building the model of the Gradient Boosting Regressor algorithm. The experimental result shows that the best scenario produces an RMSE value of 9677.22 with a coefficient of determination (R²) score of 0.60.

Keywords: Remote sensing, yield of paddy rice, NDVI, ENVI, Landsat 8 satellite, Gradient Boosting Regressor, machine learning

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah Swt., atas kehendak dan izin-Nya-lah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Remote Sensing* untuk Memprediksi Produksi Tanaman Padi Sawah di Kabupaten Bandung Menggunakan Algoritma *Gradient Boosting Regressor*” ini tepat pada waktunya. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi sebagian syarat dalam meraih gelar sarjana komputer atas jenjang studi S1 pada Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dan keterbatasan yang perlu disempurnakan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran maupun kritik yang membangun agar tidak terjadi kesalahan yang sama di kemudian hari dan dapat meningkatkan kualitas ke tahap yang lebih baik.

Bandung, Agustus 2020

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah Rabbil 'Aalamiin, puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmay dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kelancaran dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Dalam proses menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dorongan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, peneliti mengucapkan terimakasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua orang tua, Papah Mochamad Yudhi Purnasetia dan Mamah Neneng Mulyani, serta kakak Muhammad Naufan Yuslim Awwabin yang tanpa henti-hentinya memberikan doa dan dukungan, baik itu dukungan moral, materiil, maupun spiritual sehingga dapat memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Lala Septem Riza, M.T., Ph.D. selaku pembimbing I serta Ketua Departemen Pendidikan Ilmu Komputer FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia atas segala waktu yang dicurahkan untuk membimbing penulis demi terselesaikannya skripsi ini.
3. Bapak Eki Nugraha, S.Pd., M.Kom. selaku pembimbing II yang telah memberikan saran kepada penulis selama proses penyelesaian penelitian dan penulisan skripsi.
4. Bapak Herbert Siregar, M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penulis menjalani perkuliahan.
5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Pendidikan Ilmu Komputer yang telah berbagi ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis.
6. Bapak Dr. Lili Somantri, S.Pd, M.Si., Bapak Dr. rer. nat. Nandi, S.Pd., MT., M.Sc., serta Bapak Riki Ridwana, S.Pd., M.Sc. dari Program Studi Sains Informasi Geografi (SaIG) UPI yang telah berbagi ilmu yang sangat bermanfaat terkait *remote sensing*.

7. Rizal Alfarizi sebagai penyemangat, pendukung, sekaligus *partner* dalam segala hal mulai dari akademik, hobi, termasuk sebagai *partner* berproses dalam penelitian skripsi ini.
8. Putri Nursofiyanti Juliashakti sebagai teman seperjuangan dalam mempelajari *remote sensing*, mulai dari menyusun proposal skripsi, mengikuti kelas *remote sensing* bersama-sama di Program Studi SaIG UPI, hingga melakukan konsultasi dengan para dosen SaIG UPI.
9. Tim *Programming* 8 yaitu Ibu Rosa Ariani Sukanto, M.T., Gitgit, Faris, Ilham, dan Iqdam yang telah memberikan pengalaman dan kenangan mengenai indahnya berbagi ilmu selama empat semester kepada penulis.
10. Teman-teman Kelas C 2016 Program Studi Ilmu Komputer, khususnya untuk Anggi, Gina, Isna, Putri, Silvi, Tari, Tia, Winda, Adjo, Cacuk, Faiz, dan Rifky sebagai penyemangat dan pendukung bagi penulis selama masa perkuliahan.
11. Teman-teman mahasiswa Departemen Ilmu Komputer FPMIPA UPI 2016, terkhusus teman-teman dari kelas C 2016 yang telah berjuang bersama dari awal masa kuliah hingga selesai.
12. Teman-teman KKN Lagadar 1 2019 yaitu Anis, Dekha, Desi, Farah, Fitri, Malia, Ridhuy, Risnandi, Septi, dan Yunita yang telah memberikan inspirasi dan kenangan manis bagi penulis selama mengabdikan di Desa Lagadar.
13. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberi arti dan dukungan pada penulis.

Semoga semua amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan yang berlipat dari Allah Swt. Aamiin.

Bandung, Agustus 2020

Afina Hadaina Yudianita

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| ABSTRAK | i |
| <i>ABSTRACT</i> | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| UCAPAN TERIMA KASIH | iv |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | xiv |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 5 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 5 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Agrikultur | 7 |
| 2.1.1 Pengertian Agrikultur..... | 7 |
| 2.1.2 Agrikultur di Indonesia | 9 |
| 2.1.3 Tanaman Padi di Indonesia | 10 |
| 2.1.4 Penelitian di Bidang Agrikultur | 16 |
| 2.2 <i>Remote Sensing</i> | 17 |
| 2.2.1 Pengenalan dan Sejarah <i>Remote Sensing</i> | 17 |
| 2.2.2 Radiasi..... | 18 |
| 2.2.3 Spektrum Elektromagnetik..... | 19 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.2.4 | <i>Absorption Band</i> dan Jendela Atmosfer..... | 20 |
| 2.2.5 | <i>Spectral Signatures</i> | 21 |
| 2.2.6 | Piksels dan <i>Bits</i> | 22 |
| 2.2.7 | Warna pada Citra..... | 23 |
| 2.2.8 | Metode pada <i>Remote Sensing</i> | 24 |
| 2.3 | Satelit Landsat 8 | 25 |
| 2.3.1 | Pengenalan Landsat 8..... | 25 |
| 2.3.2 | Misi Landsat 8..... | 26 |
| 2.3.3 | Fitur dan Kapabilitas Sistem Landsat 8 | 26 |
| 2.3.4 | Ketersediaan Produk Data Landsat 8 | 29 |
| 2.3.5 | Pengenalan dan Konsep Observatorium Landsat 8..... | 29 |
| 2.3.6 | Sensor <i>Operational Land Imager (OLI)</i> Landsat 8..... | 30 |
| 2.3.7 | Sensor <i>Thermal Infrared Sensor (TIRS)</i> Landsat 8..... | 32 |
| 2.3.8 | Produk Data Landsat 8 | 33 |
| 2.3.9 | Format Data Ilmiah Landsat 8..... | 34 |
| 2.3.10 | Pencarian dan Akses Data Landsat 8 Menggunakan EarthExplorer35 | |
| 2.4 | Indeks Vegetasi NDVI | 37 |
| 2.4.1 | Pengenalan Indeks Vegetasi..... | 37 |
| 2.4.2 | Pengenalan NDVI | 39 |
| 2.4.3 | Gelombang Inframerah Dekat pada NDVI | 41 |
| 2.4.4 | Gelombang Merah pada NDVI | 42 |
| 2.4.5 | Penggunaan Indeks Vegetasi NDVI..... | 42 |
| 2.5 | Perangkat Lunak ENVI | 43 |
| 2.5.1 | Pengenalan ENVI..... | 43 |
| 2.5.2 | Contoh Penggunaan ENVI..... | 43 |
| 2.5.2.1 | Menampilkan Data Citra Landsat 8 Pada ENVI..... | 43 |

| | | |
|-------------------------------------|--|----|
| 2.5.2.2 | Memperoleh <i>File</i> ROI dari Data Citra..... | 44 |
| 2.5.2.3 | <i>Resize</i> dan <i>Subset</i> Data Citra | 46 |
| 2.5.2.4 | Menghapus Piksel Awan dan Bayangannya pada Data Citra.. | 46 |
| 2.5.2.5 | Kalibrasi Radiometrik dan Koreksi Atmosferik pada Data Citra 47 | |
| 2.5.2.6 | Kalkulasi NDVI pada Data Citra | 50 |
| 2.5.2.7 | Memperoleh Suhu Permukaan Bumi pada Data Citra..... | 50 |
| 2.5.2.8 | Melakukan Teknik <i>Sampling</i> Piksel pada ENVI | 52 |
| 2.6 | Stratified Random Sampling | 53 |
| 2.7 | Algoritma <i>Gradient Boosting Regressor</i> | 55 |
| 2.7.1 | Pengenalan Algoritma <i>Gradient Boosting Regressor</i> | 55 |
| 2.7.2 | Tahapan Algoritma <i>Gradient Boosting Regressor</i> | 56 |
| 2.7.3 | Penelitian Terdahulu Terkait <i>Gradient Boosting Regressor</i> | 60 |
| 2.8 | Bahasa Pemrograman Python..... | 62 |
| 2.8.1 | Pengenalan Bahasa Pemrograman Python | 62 |
| 2.8.2 | Instalasi Bahasa Pemrograman Python dan Jupyter Notebook Melalui Anaconda | 63 |
| 2.8.3 | Contoh Penggunaan Bahasa Pemrograman Python | 64 |
| 2.8.4 | <i>One-Hot Encoding</i> pada Python..... | 67 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | | 70 |
| 3.1 | Desain Penelitian | 70 |
| 3.2 | Alat dan Bahan Penelitian | 72 |
| 3.2.1 | Alat Penelitian..... | 72 |
| 3.2.2 | Bahan Penelitian..... | 73 |
| 3.3 | Metode Penelitian..... | 73 |
| 3.3.1 | Metode Pengumpulan Data..... | 73 |

| | | |
|----------------------------------|--|-----|
| 3.3.2 | Metode Pengembangan Perangkat Lunak | 74 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | 76 |
| 4.1 | Pengumpulan Data..... | 76 |
| 4.1.1 | Mengunduh Data dari EarthExplorer | 76 |
| 4.1.2 | Mengunduh Data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung .. | 78 |
| 4.1.3 | Mengunduh Data dari Badan Pusat Statistik Indonesia | 80 |
| 4.1.4 | Mengunduh Data dari Portal Geospasial Indonesia..... | 82 |
| 4.2 | Perancangan Model Komputasi untuk Memprediksi Produksi Tanaman Padi Sawah | 83 |
| 4.2.1 | Pengumpulan Data <i>Remote Sensing</i> | 85 |
| 4.2.1.1 | Perolehan ROI Per Desa dan Per Kecamatan di Kabupaten Bandung | 85 |
| 4.2.1.2 | <i>Resize</i> dan <i>Subset</i> Data Citra Kabupaten Bandung..... | 88 |
| 4.2.1.3 | Penghapusan Piksel Awan dan Bayangannya pada Data Citra Kabupaten Bandung | 89 |
| 4.2.1.4 | Kalibrasi Radiometrik dan Koreksi Atmosferik pada Data Citra Kabupaten Bandung | 90 |
| 4.2.1.5 | Kalkulasi NDVI pada Data Citra Kabupaten Bandung | 90 |
| 4.2.1.6 | Penentuan Titik-titik Piksel Sebagai Sampel..... | 90 |
| 4.2.1.7 | Perolehan Nilai NDVI dan Suhu Permukaan Bumi..... | 92 |
| 4.2.1.8 | Finalisasi Data <i>Remote Sensing</i> | 94 |
| 4.2.1.9 | Contoh Pengumpulan Data di Kecamatan Ciparay | 95 |
| 4.2.2 | <i>Data Preprocessing</i> | 102 |
| 4.2.3 | <i>Data Standardization</i> | 103 |
| 4.2.4 | <i>Training</i> Model Algoritma Gradient Boosting | 104 |
| 4.2.5 | <i>Testing</i> Model Algoritma Gradient Boosting..... | 110 |
| 4.3 | Pengembangan Perangkat Lunak | 111 |

| | | |
|---------------------------------|---|-----|
| 4.3.1 | Analisis..... | 111 |
| 4.3.2 | Desain..... | 112 |
| 4.3.2.1 | Proses Operasional Perangkat Lunak | 112 |
| 4.3.2.2 | Perancangan Fungsi | 112 |
| 4.3.3 | Implementasi..... | 114 |
| 4.3.3.1 | Pengumpulan Data <i>Remote Sensing</i> | 114 |
| 4.3.3.2 | <i>Data Preprocessing</i> | 117 |
| 4.3.3.3 | <i>Data Standardization</i> | 118 |
| 4.3.3.4 | <i>Data Training</i> | 118 |
| 4.3.4 | Pengujian..... | 120 |
| 4.4 | Rancangan Skenario Eksperimen..... | 121 |
| 4.4.1 | Skenario Pengujian Metode | 122 |
| 4.4.2 | Skenario Terhadap Nilai RMSE..... | 124 |
| 4.4.3 | Skenario Terhadap Kecepatan Komputasi..... | 126 |
| 4.5 | Hasil Eksperimen..... | 127 |
| 4.6 | Pembahasan | 129 |
| 4.6.1 | Pengujian Metode..... | 129 |
| 4.6.2 | Perbandingan Nilai RMSE..... | 131 |
| 4.6.2.1 | Perbandingan Akurasi Berdasarkan Nilai Estimator (Jumlah <i>Regression Tree</i>) | 133 |
| 4.6.2.3 | Perbandingan Akurasi Berdasarkan Nilai <i>Minimum Samples Split</i> | 134 |
| 4.6.2.4 | Perbandingan Akurasi Berdasarkan Nilai <i>Maximum Depth</i> .. | 135 |
| 4.6.3 | Perbandingan Kecepatan Komputasi | 135 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | | 139 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 139 |

| | | |
|-----|---------------------|-----|
| 5.2 | Saran..... | 139 |
| | DAFTAR PUSTAKA..... | 141 |
| | LAMPIRAN | 147 |

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, C. C. (2015). Data Mining: The Textbook. In *Springer International Publishing*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14142-8>
- Barsi, J. A., Lee, K., Kvaran, G., Markham, B. L., & Pedelty, J. A. (2014). The spectral response of the Landsat-8 operational land imager. *Remote Sensing*, 6(10), 10232–10251. <https://doi.org/10.3390/rs61010232>
- Barsi, J. A., Schott, J. R., Hook, S. J., Raqueno, N. G., Markham, B. L., & Radocinski, R. G. (2014). Landsat-8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. *Remote Sensing*, 6(11), 11607–11626. <https://doi.org/10.3390/rs61111607>
- Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. In *Information Science and Statistics*. Retrieved from <https://www.springer.com/gp/book/9780387310732>
- BPS. (2018). *Luas Panen dan Produksi Padi di Jawa Barat 2018*.
- Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., & Stone, C. J. (2017). Classification and regression trees. In *Classification and Regression Trees*. <https://doi.org/10.1201/9781315139470>
- CAESS. (1988). Understanding Agriculture. In *Understanding Agriculture*. <https://doi.org/10.17226/766>
- Danoedoro, P. (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital (I)*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Ding, C. S., Hsieh, C. T., Wu, Q., & Pedram, M. (1998). Stratified random sampling for power estimation. *Low-Power CMOS Design*, (94), 501–507. <https://doi.org/10.1109/9780470545058.sect13>
- Friedman, J. H. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *Annals of Statistics*, 29(5), 1189–1232. <https://doi.org/10.1214/aos/1013203451>
- Gamon, J. A., Field, C. B., Goulden, M. L., Griffin, K. L., Applications, S. E., & Feb, N. (1995). Relationships Between NDVI , Canopy Structure , and Photosynthesis in Three Californian Vegetation Types E . Hartley , Geeske Joel , Josep Peñuelas and Riccardo Valentini. *Ecological Applications*, 5(1),

- 28–41. <https://doi.org/10.2307/1942049>
- Graham, S. (1999). *Remote Sensing: Introduction and History*. Harris Geospatial Solutions. (2018). Generate a Random Sample. Retrieved from <https://www.harrisgeospatial.com/docs/GeneratingRandomSample.html>
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). Springer Series in Statistics. In *The Elements of Statistical Learning* (Vol. 27). <https://doi.org/10.1007/b94608>
- ILIE, G. A. (2011). *Spaceborne SAR Tomography: Application in Urban Environment*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22514.71365>
- Irons, J. R., & Dwyer, J. L. (2010). An overview of the Landsat Data Continuity Mission. *Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XVI*, 7695, 769508. <https://doi.org/10.1117/12.850416>
- Irons, J. R., Dwyer, J. L., & Barsi, J. A. (2012). The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission. *Remote Sensing of Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.026>
- Iskandar, B. S., Iskandar, J., Wibawa, H. A., & Partasasmita, R. (2017). Farmers and tumpang sari: Case study in Palintang Hamlet, Cipanjal Village, Bandung, Indonesia. *Biodiversitas*. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d180335>
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2000). An introduction to Statistical Learning. In *Current medicinal chemistry* (Vol. 7). <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7138-7>
- Jensen, J. R. (2005). Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Fourth Edition. In *Keith, C.C., Ed.; Prentice Hall Series in Geographic Information Science: Saddle River, NJ, USA*.
- Jin, Z., Azzari, G., Burke, M., Aston, S., & Lobell, D. B. (2017). Mapping smallholder yield heterogeneity at multiple scales in eastern Africa. *Remote Sensing*. <https://doi.org/10.3390/rs9090931>
- Kadiyala, A., & Kumar, A. (2018, March 1). Applications of python to evaluate the performance of decision tree-based boosting algorithms. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, Vol. 37, pp. 618–623. <https://doi.org/10.1002/ep.12888>
- Kementerian Pertahanan RI. (2015). *Statistik Pertanian 2015*. Jakarta.

- Keprate, A., & Ratnayake, R. M. C. (2018). Using gradient boosting regressor to predict stress intensity factor of a crack propagating in small bore piping. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2017-December*, 1331–1336.
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290109>
- Kidder, S. Q., & Haar, T. H. V. (1995). Orbits and Navigation. In *Satellite Meteorology* (pp. 15–46). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-057200-0.50006-7>
- Li, X., Li, W., & Xu, Y. (2018). Human age prediction based on DNA methylation using a gradient boosting regressor. *Genes*, 9(9).
<https://doi.org/10.3390/genes9090424>
- Linge, S., & Langtangen, H. P. (2020). Programming for Computations - Python. In *Springer Open*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-16877-3>
- Loh, W. (2008). Classification and Regression Tree Methods. In *Encyclopedia of Statistics in Quality and Reliability* (pp. 315–323).
<https://doi.org/10.5860/choice.45-6515>
- Maas, S. J. (1988). Using Satellite Data to Improve Model Estimates of Crop Yield. *Agronomy Journal*.
<https://doi.org/10.2134/agronj1988.00021962008000040021x>
- Maksum, C. (1998). Sistem Pengumpulan dan Pengolahan Data Statistik Tanaman Padi di Indonesia. In *Lokakarya Sistem Pemantauan dan Prediksi Padi di Indonesia*. Jakarta: SARI Project – BPPTeknologi.
- Malingreau, J. (1985). Remote sensing for monitoring rice production in the wet tropics: approaches and implications. *Interactive International Symposium on Applications of Remote Sensing for Rice Production*. Secunderabad (India): A. Deepak Pub.
- McKinnon, K. (2016). The Climate Data Guide: GHCN-D: Global Historical climatology Network daily temperatures. Retrieved from National Center for Atmospheric Research website: <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/ghcn-d-global-historical-climatology-network-daily-temperatures>
- Moore, G. E. (1987, February). The states of agricultural education prior to the Smith-Hughes act. *The Agricultural Education Magazine*, 8–10.

- Napitupulu, T. E. M. (1998). Sistem Estimasi Hasil Peramalan Produksi dalam Konteks Pengamanan Produksi Pangan Nasional. In *Lokakarya Sistem Pemantauan dan Prediksi Padi di Indonesia*. Jakarta: SARI Project-BPPTeknologi.
- NASA. (2018). What is Remote Sensing? Retrieved December 1, 2019, from Earthdata website: <https://earthdata.nasa.gov/learn/remote-sensing>
- Papendick, R. I., Sanchez, P. A., Triplett, G. B., Andrews, D. J., & Kassam, A. H. (1976). *The Importance of Multiple Cropping in Increasing World Food Supplies*. <https://doi.org/10.2134/asaspecpub27.c1>
- Patil, S., Desai, S., Patil, A., Phalle, V. M., Handikherkar, V., & Kazi, F. S. (2018). Remaining useful life (ruL) prediction of rolling element bearing using random forest and gradient boosting technique. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 13. <https://doi.org/10.1115/IMECE2018-87623>
- Petersen, L. K. (2018). Real-time prediction of crop yields from MODIS relative vegetation health: A continent-wide analysis of Africa. *Remote Sensing*. <https://doi.org/10.3390/rs10111726>
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. (2000). *Estimasi Produksi Padi Sawah Melalui Analisis Citra Satelit. Laporan Akhir Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Lahan dan Agroklimat*. Bogor.
- Rao, P. S. R. S. (2000). *Sampling Methodologies: With Application*. Chapman & Hall/CRC.
- Ray, T. W. (1994). *A FAQ on vegetation in remote sensing*. California.
- Rice, R. F., Yeh, P.-S., Miller, W., & Others. (1991). Algorithms for a very high speed universal noiseless coding module. *JPL Publication Laboratory*, 91(1), 1–30. Retrieved from <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19910010420%0Ahttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Algorithms+for+a+very+high+speed+universal+noiseless+coding+module#0>
- Ridwan, M. F. (2018). 800 Ha Lahan Pertanian di Kabupaten Bandung Beralih Fungsi. Retrieved August 23, 2020, from <https://republika.co.id/berita/nasional/daerah/18/08/24/pdyrtk383-800-ha->

lahan-pertanian-di-kabupaten-bandung-beralih-fungsi

- Seger, C. (2018). An investigation of categorical variable encoding techniques in machine learning: binary versus one-hot and feature hashing. *Degree Project Technology*, 41. Retrieved from <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1259073/FULLTEXT01.pdf>
- Shadily, H. (1984). *Ensiklopedi Indonesia*. Jakarta: Ichtiar Baru-Van Hoeve dan Elsevier Publishing Projects.
- Solano, R., Didan, K., Jacobson, A., & Huete, A. (2010). MODIS Vegetation Index User ' s Guide (MOD13 Series). *The University of Arizona*.
- Sommerville, I. (2011). *Sommerville Software Engineering*.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.2005.01463.x>
- Sudiana, D., & Diasmara, E. (2008). Analisis Indeks Vegetasi menggunakan Data Satelit. *Seminar on Intelligent Technology and Its Application*, 423–428.
- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Pendidikan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Sumarno. (2016). Periodisasi Musim Tanam Padi Sebagai Landasan Manajemen Produksi Beras Nasional. *Sinar Tani No. 3136*.
- Suryahadi, A., & Hadiwidjaja, G. (2011). *The role of agriculture in poverty reduction in Indonesia*. Jakarta.
- Tanré, D., Holben, B. N., & Kaufman, Y. J. (1992). Atmospheric Correction Algorithm for NOAA-AVHRR Products: Theory and Application. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30(2), 231–248.
<https://doi.org/10.1109/36.134074>
- Toté, C., Swinnen, E., Sterckx, S., Clarijs, D., Quang, C., & Maes, R. (2017). Evaluation of the SPOT/VEGETATION Collection 3 reprocessed dataset: Surface reflectances and NDVI. *Remote Sensing of Environment*, 201, 219–233. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.09.010>
- USGS. (2015a). Landsat 8 (L8) Data Users Handbook. *Earth Resources Observation and Science (EROS) Center*, 8(June), 97. Retrieved from <http://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>
- USGS. (2015b). Landsat Surface Reflectance Quality Assessment. Retrieved from Usgs Eros website: <https://landsat.usgs.gov/landsat-surface-reflectance->

quality-assessment

Wahyunto, Widagdo, & Heryanto, B. (2006). Pendugaan Produktivitas Tanaman Padi Sawah Melalui Analisis Citra Satelit. *Informatika Pertanian*.

Yunlong, C., & Smit, B. (1994). Sustainability in agriculture: a general review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(94\)90059-0](https://doi.org/10.1016/0167-8809(94)90059-0)