

**INTEGRASI CITRA MULTISPEKTRAL DAN
SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR) UNTUK
PENGEMBANGAN METODE KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN PADA
WILAYAH PERI URBAN KABUPATEN BANDUNG BARAT**



SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Geografi
(S. Geo)*

Disusun Oleh:

Fathan Musyaffa Abdul Jabbar

NIM. 2102374

**PROGRAM STUDI SAINS INFORMASI GEOGRAFI
FAKULTAS PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN SOSIAL
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2025**

HAK CIPTA

**INTEGRASI CITRA MULTISPEKTRAL DAN
SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR) UNTUK
PENGEMBANGAN METODE KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN PADA
WILAYAH PERI URBAN KABUPATEN BANDUNG BARAT**

Oleh
Fathan Musyaffa Abdul Jabbar
NIM. 2102374

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Geografi (S.Geo) pada Program Studi Sains Informasi Geografi Fakultas
Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial, Universitas Pendidikan Indonesia

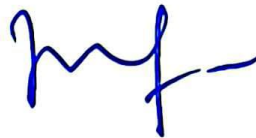
© Fathan Musyaffa Abdul Jabbar 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN**FATHAN MUSYAFFA ABDUL JABBAR****INTEGRASI CITRA MULTISPEKTRAL DAN *SYNTHETIC APERTURE*
RADAR (SAR) UNTUK PENGEMBANGAN METODE KLASIFIKASI
TUTUPAN LAHAN PADA WILAYAH PERI URBAN KABUPATEN
BANDUNG BARAT**

Disetujui dan disahkan oleh

Pembimbing I



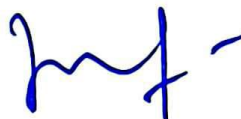
Dr. Lili Somantri, S.Pd., M.Si.
NIP. 197902262005011008

Pembimbing II



Silmi Afina Aliyan, S.T., M.T.
NIP. 920200419921117202

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sains Informasi Geografi

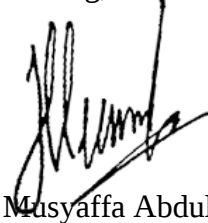


Dr. Lili Somantri, S.Pd., M.Si.
NIP. 197902262005011008

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, Fathan Musyaffa Abdul Jabbar, dengan nomor induk mahasiswa 2102374, menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "Integrasi Citra Multispektral dan *Synthetic Aperture Radar* (SAR) untuk Pengembangan Metode Klasifikasi Tutupan Lahan pada Wilayah Peri Urban Kabupaten Bandung Barat" merupakan hasil penelitian asli yang saya lakukan. Seluruh data, analisis, dan interpretasi yang terdapat dalam skripsi ini adalah hasil pemikiran dan kerja keras saya sendiri. Saya tidak melakukan plagiarisme atau menyalin karya orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Segala kutipan dan rujukan yang digunakan dalam skripsi ini telah disebutkan dengan benar dan sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah. Saya bersedia bertanggung jawab penuh atas kebenaran dan keaslian seluruh isi skripsi ini. Jika dikemudian hari terbukti ada pelanggaran terhadap etika keilmuan atau klaim atas keaslian karya ini, saya siap menerima sanksi yang berlaku.

Bandung, 14 Maret 2025



Fathan Musyaffa Abdul Jabbar

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena dengan rahmat dan petunjuk-Nya, penulis berhasil menyelesaikan penelitian ini dengan baik dan tepat waktu. Sholawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, dan kepada kita semua sebagai umatnya.

Dengan rasa hormat yang mendalam, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, semangat, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi yang berjudul "Integrasi Citra Multispektral dan *Synthetic Aperture Radar* (SAR) untuk Pengembangan Metode Klasifikasi Tutupan Lahan pada Wilayah Peri Urban Kabupaten Bandung Barat". Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mengikuti sidang skripsi di Program Studi Sains Informasi Geografi, Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam bidang yang penulis dalami. Namun, penulis juga menyadari adanya kekurangan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan bagi para pembaca secara umum.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala berkah, rahmat, dan karunia-Nya yang telah memberikan pengetahuan, pengalaman, kekuatan, kesabaran, dan kesempatan kepada peneliti untuk menyelesaikan skripsi ini. Peneliti menyadari bahwa tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak akan berjalan dengan baik. Selesaiannya penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan waktu, tenaga, dan pemikiran dari banyak orang. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, peneliti ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. sebagai Tuhan Yang Maha Esa Berkat rahmat, hidayah, dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan diberikan segala kelancaran, kemudahan, dan tepat waktu.
2. Ibu Een Solihah dan Ayah Ahmad Kardimin (alm), Bapak Enjang Dadi dan Ibu Sri Pangestuti sebagai orang tua penulis yang telah memberikan segala waktunya untuk berdoa, mendidik, membiayai pendidikan, merawat, memotivasi dan memberikan segala apapun untuk kelancaran penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi ini.
3. Bapak Lili selaku Ketua Program Studi, Dosen Pembimbing Skripsi I sekaligus Mentor yang telah memberikan banyak luang waktu, tenaga, dan pikiran, perhatian serta masukan dan motivasi yang bermanfaat untuk kebaikan penulis selama masa perkuliahan dan dalam penyusunan skripsi hingga selesai.
4. Ibu Silmi Afina Aliyan, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Skripsi II yang telah memberikan banyak luang waktu, tenaga, dan pikiran, serta masukan-masukan yang bermanfaat untuk kebaikan penulis dalam penyusunan skripsi hingga selesai.
5. Bapak Drs. Jupri, M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Pembimbing Proposal yang telah memberikan kemudahan saat berlangsungnya jadwal akademik serta memberikan masukan dan saran untuk kebaikan penulis dalam kelancaran penyusunan skripsi.
6. Ibu Shafira Himayah, S.Pd., M.Sc. selaku Dosen KBK untuk Sistem

- informasi Geografis dan Penginderaan jauh yang telah memberikan banyak masukan dan saran kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
7. Bapak Haikal Muhammad Ihsan, S.Pd., M.Sc., Selaku Dosen Kemahasiswaan dari Program Studi Sains Informasi yang telah memberikan segala bentuk perhatian dan masukan-masukan untuk kebaikan penulis
 8. Bapak dan Ibu Dosen di Departemen Pendidikan Geografi yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat selama berada dibangku perkuliahan.
 9. Bapak Rukman selaku Staff Administrasi Program Studi Sains Informasi Geografi yang sudah meluangkan waktunya dan tenaganya untuk membuatkan berbagai persuratan dan urusan administrasi untuk kebutuhan penelitian.
 10. NASA *Applied Research Science and Technologies* yang telah memberikan inspirasi dan konsultasi dalam penyusunan *scriptcode* Integrasi SAR dan Multispektral yang *advance* sehingga penelitian dapat berjalan lancar.
 11. Inisial DF sebagai sosok yang memberikan dukungan, semangat, motivasi, dan cinta dalam proses perjalanan perkuliahan hingga pengerjaan skripsi, serta selalu hadir untuk memberikan warna dalam kehidupan.
 12. Fikri Fauzi J, M Lutfi Hafid, dan Aria Wijaya yang telah menjadi kawan terdekat dalam berbagai urusan dan kebersamaan dalam konteks yang berbeda, yang memberikan semangat dan dorongan sangat berharga serta membantu dalam berbagai segala hal kepada penulis.
 13. Kontrakan Jawa (Koja) Rail Widi H, M Lutfi Hafid, Alvino Ridho P P, Fikri Fauzi J, M Fachri Maulida, dan M Allif Ziddan A S sebagai teman, sahabat, dan keluarga laki-laki yang telah kebersamai, menjadi tempat bernaung, memberikan motivasi, dukungan, doa, serta memberikan canda dan tawa selama perkuliahan dengan segala dinamika kontrakan yang diluar nalar dan selama penyusunan skripsi berlangsung.
 14. Harmony Crew Harum Husnul K, Aini Nur L R, Diandra Vanya C, Kaulia Azzahro, Fikri F J, M Fachri M, dan Rail W H sebagai teman, sahabat, dan yang telah kebersamai, memberikan motivasi, dukungan, dan canda dan tawa selama perkuliahan dan penyusunan skripsi berlangsung.

15. Saudara seperjuangan dan adik-adik di Komunitas Imagis, Raster, Scale dan WGS 84 di BSOK HIMA SaIG yang telah berjuang bersama menyongsong pembaruan dan menyalakan api semangat juang kompetensi, yang telah memberikan kepercayaan, dukungan, kebersamaan dan kesatuan, banyak pengalaman serta suka duka dalam mewarnai kehidupan berorganisasi di masa perkuliahan.
16. Kepada teman-teman seperjuangan dari Program Studi Sains Informasi Geografi Angkatan 2021 yang telah kebersamai dan memberikan berbagai pengalaman berharga selama 3,5 – 4 tahun dibangku perkuliahan
17. Kepada teman-teman Magang dan Studi Independen Bersertifikat (MSIB) di Nusantara Infrastructure tbk, dan yang telah memberikan semangat, motivasi, bertukar pikiran, dan pengalaman berharga sebagai inspirasi berpikir visioner yang membantu dalam kelancaran penyusunan skripsi
18. Kepadanya semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu, memotivasi, mendukung, mendoakan, dan menemani proses penyusunan skripsi ini. Penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih semoga segala bentuk yang diberikan kepada penulis dapat dibalaskan kebaikan dari Allah SWT.
19. Kepadanya yang ada disetiap hari, yang semanis coklat selembut sutra, yang selalu dinanti-nantikan, yang menyihir dengan pesonanya, yang menemani hari dengan senyum karamelnya, yang menari setiap hari, yang suara semangatnya akan menerangi hidup, yang tatapan matanya menatap lurus dan menyinari hati, semua pengenalan dan keajaibanya tidak akan cukup untuk dituliskan disini. Terimakasih banyak karena telah memberikan inspirasi dan semangat yang luar biasa dikala hidup menjadi sepi dan membosankan, terimakasih sudah menciptakan warna indah baru dan menjaga kewarasan penulis dalam kondisi sepahit apapun, meskipun belum pernah bertemu penulis mengucapkan terimakasih karena telah menciptakan masa muda yang penuh warna dan perspektif baru dalam memaknai kehidupan serta semangat berjuang dengan segala hal yang dimiliki untuk menggapai mimpi.

ABSTRAK

**INTEGRASI CITRA MULTISPEKTRAL DAN
SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR) UNTUK
PENGEMBANGAN METODE KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN PADA
WILAYAH PERI URBAN KABUPATEN BANDUNG BARAT**

Fathan Musyaffa Abdul Jabbar

Perubahan tutupan lahan di wilayah peri urban Kabupaten Bandung Barat berkembang semakin kompleks akibat urbanisasi yang pesat. Teknologi penginderaan jauh citra multispektral memiliki keterbatasan dalam kondisi atmosfer cuaca tropis dan kesamaan spektral antar kelas lahan sehingga tidak mampu mengklasifikasikan tutupan lahan secara akurat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode klasifikasi tutupan lahan dengan mengintegrasikan citra multispektral dan *Synthetic Aperture Radar* (SAR) menggunakan *machine learning* algoritma *Random Forest* yang ditingkatkan melalui *deep learning* berupa *parameter tuning*, validasi dilakukan pada model dan validasi lapangan sebanyak 36 dan 90 titik Ground Control Points (GCP). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemetaan tutupan lahan berbasis integrasi citra multispektral dan SAR terbukti mampu memperbaiki kesalahan akibat efek atmosfer dan kesamaan nilai spektral. Model integrasi citra multispektral dan SAR terbukti unggul dibandingkan model konvensional berdasarkan akurasi keseluruhan yang meningkat dari 88,4% (Kappa 0,86) menjadi 94% (Kappa 0,93). Validasi lapangan tahap awal dengan 36 titik GCP menunjukkan lonjakan akurasi dari 61,1% (Kappa 0,53) menjadi 83,3% (Kappa 0,80). Validasi lanjutan menggunakan 90 titik GCP semakin menegaskan keunggulan model terintegrasi, dengan akurasi mencapai 93,3% (Kappa 0,92), jauh di atas model konvensional yang hanya mencapai 68,8% (Kappa 0,62). Sehingga pengkategorian Wilayah Peri Urban KBB menggunakan citra terintegrasi dapat dianggap lebih benar berdasarkan keunggulan dari tiga tahap validasi yang dilakukan yaitu luas kenampakan kedesaan mencapai 11.110,42 Ha dan kenampakan kota hanya 12.066,31 Ha. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi SAR dan multispektral lebih efektif dalam mengurangi bias klasifikasi, meningkatkan akurasi pemetaan, dan dapat diterapkan dalam perencanaan tata ruang serta manajemen lingkungan secara lebih presisi.

Kata kunci: Penginderaan jauh, klasifikasi tutupan lahan, multispektral, SAR, Random Forest, wilayah peri urban, *machine learning*, *deep learning*.

ABSTRACT

**INTEGRATION OF MULTISPECTRAL AND
SYNTHETIC APERTURE RADAR (SAR) IMAGERY FOR
THE DEVELOPMENT OF A LAND COVER CLASSIFICATION METHOD
IN THE PERI URBAN AREA OF WEST BANDUNG REGENCY.**

Fathan Musyaffa Abdul Jabbar

Land cover change in the peri urban area of West Bandung Regency is growing more complex due to rapid urbanization. Multispectral image remote sensing technology has limitations in tropical weather atmospheric conditions and spectral similarity between land classes, making it unable to classify land cover accurately. This research aims to develop a land cover classification method by integrating multispectral imagery and Synthetic Aperture Radar (SAR) using Random Forest algorithm machine learning enhanced through deep learning in the form of parameter tuning, validation is done on the model and field validation of 36 and 90 Ground Control Points (GCP). The results of this study found that land cover mapping based on the integration of multispectral and SAR imagery proved to be able to correct errors due to atmospheric effects and similarity of spectral values. The integration model of multispectral and SAR imagery proved superior to the conventional model based on the overall accuracy which increased from 88.4% (Kappa 0.86) to 94% (Kappa 0.93). first field validation with 36 GCP points showed a jump in accuracy from 61.1% (Kappa 0.53) to 83.3% (Kappa 0.80). Further validation using 90 GCP points further confirmed the superiority of the integrated model, with accuracy reaching 93.3% (Kappa 0.92), far above the conventional model which only reached 68.8% (Kappa 0.62). So that the categorization of the KBB Peri Urban Area using integrated imagery can be considered more correct based on the advantages of the three stages of validation carried out, namely the area of rural appearance reaching 11,110.42 Ha and urban appearance only 12,066.31 Ha. This research proves that the integration of SAR and multispectral is more effective in reducing classification bias, increasing mapping accuracy, and can be applied in spatial planning and environmental management more precisely.

Keywords: Remote sensing, land cover classification, multispectral, SAR, Random Forest, peri urban area, machine learning, deep learning.

DAFTAR ISI

HAK CIPTA	I
LEMBAR PENGESAHAN.....	II
PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	III
KATA PENGANTAR	IV
UCAPAN TERIMAKASIH.....	V
ABSTRAK	VIII
ABSTRACT	IX
DAFTAR ISI.....	X
DAFTAR TABEL.....	XIV
DAFTAR GAMBAR.....	XV
DAFTAR LAMPIRAN	XVIII
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	5
1.4.2 Manfaat Praktis	6
1.5 Definisi Operasional.....	7
1.6 Penelitian Terdahulu.....	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	18
2.1 Wilayah Peri urban.....	18
2.1.1 <i>Urban Fringe Zone</i> (Zona Bingkai Kota/ZOBIKOT)	19
2.1.2 <i>Urban Rural Fringe Zone</i> (Zona Bingkai Kota Desa/ZOBIKOTDES) 20	
2.1.3 <i>Rural Urban Fringe Zone</i> (Zona Bingkai Desa Kota//ZOBIDESKOT)	
.....	20
2.1.4 <i>Rural Fringe Zone</i> (Zona Bingkai Desa/ZOBIDES).....	20
2.2 Penggunaan dan Tutupan Lahan (<i>Land Use Land Cover</i>)	21
2.2.1 Pemetaan Penggunaan dan Tutupan Lahan (<i>LULC</i>).....	21
2.2.2 <i>Monitoring</i> Kesesuaian Perubahan Penggunaan dan Tutupan Lahan .	22
2.2.3 Perubahan Penggunaan dan Tutupan lahan dan Dampaknya Terhadap	

Lingkungan dan Ketahanan Pangan	23
2.3 Penginderaan Jauh	24
2.4 Penginderaan Jauh untuk Kajian Perkotaan dan Urban	28
2.4.1 Pemantauan Perkembangan Perubahan Lahan Terbangun	28
2.4.2 Analisis Pertumbuhan Perkotaan (<i>Urban Growth</i>).....	29
2.5 Penginderaan Jauh Sistem Radar (<i>Radio Detection and Ranging</i>)	30
2.5.1 Sistem Radar (<i>Radio Detection and Ranging</i>).....	30
2.5.2 Citra SAR Kompleks	31
2.5.3 Amplitude Citra Radar	31
2.5.4 Fase Citra Radar.....	32
2.5.5 Panjang Gelombang dan Frekuensi	33
2.5.6 Range Direction dan Azimuth Direction	33
2.5.7 Citra <i>Synthetic Aperture Radar</i> (SAR) Sentinel 1	34
2.6 Penginderaan Jauh Sistem Multispektral	36
2.6.1 Citra Multispektral	36
2.6.2 Satelit dan Citra Sentinel-2	37
2.7 Pemetaan Tutupan Lahan Urban Citra Multispektral.....	40
2.8 Pemetaan Tutupan Lahan Urban Citra Terintegrasi Radar	41
2.9 <i>Machine Learning</i> dan <i>Deep Learning</i>	43
2.9.1 Classification and Regression Trees (CART).....	44
2.9.2 <i>Random Forest</i>	45
2.9.3 <i>Deep Learning Parameter Tuning</i>	45
2.10 Pengujian Akurasi <i>Confussion Matrix</i> dan Koefisien Kappa.....	46
2.10.1 Confussion matrix.....	47
2.10.2 Overall, Producers's & User's Accuracy	48
2.10.3 Omisi, Komisi dan Koefisien Kappa	49
2.11 Dasar Teknik dan Persamaan Penentuan Sampel.....	50
2.11.1 <i>Purposive Sampling</i>	50
2.11.2 Persamaan Slovin.....	51
2.11.3 <i>Equal-Area Stratified Random Sampling</i>	51
BAB III METODE PENELITIAN.....	53
3.1 Metode Penelitian.....	53
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	54

3.2.1 Lokasi Penelitian.....	54
3.2.2 Waktu Penelitian.....	56
3.3 Alat dan Bahan	56
3.3.1 Alat Penelitian.....	57
3.3.2 Bahan Penelitian	57
3.4 Tahapan Penelitian	58
3.4.1 Pra Penelitian	58
3.4.2 Pelaksanaan Penelitian.....	59
3.4.3 Pasca Penelitian	60
3.5 Populasi dan Sampel	60
3.5.1 Populasi.....	60
3.5.2 Sampel	60
3.6 Variabel Penelitian	62
3.7 Teknik Pengumpulan Data	63
3.8 Teknik Analisis Data	63
3.8.1 <i>Preprocessing</i> Pada Citra Multispektral serta Pada Citra Terintegrasi Multispektral dan <i>Synthetic Aperture Radar</i> (SAR).....	64
3.8.2 Perbandingan Akurasi dan <i>Importance feature</i> Kedua Model	65
3.8.3 <i>Layer Stacking</i> Citra Multispektral dan Citra SAR	66
3.8.4 Klasifikasi <i>Machine Learning Random Forest</i> Pada Wilayah Peri urban	66
3.9 Validasi Lapangan	67
3.10 Diagram Alur Penelitian.....	68
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	69
4.1 Kondisi Umum Wilayah Penelitian.....	69
4.1.1 Kondisi Geografi Wilayah Peri Urban Kabupaten Bandung Barat	69
4.1.2 Kondisi Sosio-Demografi Wilayah Peri Urban Kabupaten Bandung Barat.....	71
4.1.3 Kondisi Ekonomi Wilayah Peri Urban Kabupaten Bandung Barat.....	73
4.2 Temuan Penelitian	75
4.2.1 <i>Preprocessing</i> Citra Multispektral.....	75
4.2.2 <i>Preprocessing</i> Citra <i>Synthetic Aperture Radar</i> (SAR).....	77
4.2.3 Klasifikasi <i>Machine Learning Random Forest Algorithm</i> Citra Multispektral.....	80

4.2.4 Hasil Statistik Uji Akurasi Model Klasifikasi Tutupan Lahan Citra Multispektral	84
4.2.5 Integrasi dan Klasifikasi Machine Learning Random Forest Algorithm Citra Synthetic Aperture Radar (SAR) dan Multispektral	85
4.2.6 Hasil Statistik Uji Akurasi Model Klasifikasi Tutupan Lahan Citra <i>Synthetic Aperture Radar</i> (SAR) dan Multispektral terintegrasi	91
4.2.7 Hasil Uji Validasi Lapangan Klasifikasi Tutupan Lahan Citra Multispektral pada Wilayah Peri urban KBB 2024	92
4.2.8 Hasil Uji Validasi Lapangan Klasifikasi Tutupan Lahan Citra Integrasi <i>Synthetic Aperture Radar</i> (SAR) dan Multispektral terintegrasi pada Wilayah Peri urban KBB 2024	95
4.3 Pembahasan Penelitian	98
4.3.1 Analisis Metode Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Multispektral Secara Konvensional Melalui Pemanfaatan Algoritma <i>Random Forest</i> pada Wilayah Peri urban Kabupaten Bandung Barat	98
4.3.2 Analisis Metode Klasifikasi Tutupan Lahan Dari Integrasi Citra Multispektral dan <i>Synthetic Aperture Radar</i> (SAR) Melalui Pemanfaatan Algoritma <i>Random Forest</i> pada Wilayah Peri urban Kabupaten Bandung Barat	112
4.3.3 Evaluasi Perbandingan Klasifikasi Tutupan Lahan dari Citra Multispektral Dengan Hasil Integrasi Multispektral dan <i>Synthetic Aperture Radar</i> (SAR) Kabupaten Bandung Barat	126
BAB V KESIMPULAN	140
5.1 Simpulan	140
5.2 Implikasi	141
5.3 Rekomendasi	142
DAFTAR PUSTAKA	xv
LAMPIRAN	xxv

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Deskripsi Band <i>Synthetic Aperture Radar</i>	33
Tabel 2.2 Spesifikasi Band C (ESA, 2015).....	35
Tabel 2.3 Karakteristik Sensor Sentinel-2A.....	39
Tabel 2.4 <i>Confussion matrix</i> ketika klasifikasi positif dan negatif.....	47
Tabel 3.4 Bahan dalam Penelitian.....	57
Tabel 3.5 Variabel dalam Penelitian	62
Tabel 4.1 Confussion Matrix 36 GCP Citra Multispektral	93
Tabel 4.2 Confussion Matrix Validasi Lapangan Citra Multispektral 90 GCP	94
Tabel 4.3 Confussion Matrix 36 GCP Citra Integrasi SAR & Multispektral	96
Tabel 4.4 Confussion Matrix 90 GCP Citra Integrasi SAR & Multispektral	97
Tabel 4.5 Producer's dan User's Accuracy Validasi Lapangan 90 GCP Citra Multispektral	100
Tabel 4.6 Luas Tutupan Lahan WPU KBB 2024 Klasifikasi Citra Multispektral	111
Tabel 4.7 Producer's dan User's Accuracy Validasi Lapangan 90 GCP Citra Terintegrasi	115
Tabel 4.8 Luas Tutupan Lahan WPU KBB 2024 Klasifikasi Citra Integrasi SAR & Multispektral	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mode Akuisisi Citra Sentinel-1 (https://www.eoportal.org).....	35
Gambar 2.2 Orbit Satellit Kembar Sentinel-2.....	38
Gambar 2.3 Arah Sensor Sentinel-2.....	39
Gambar 2.4 Alur Penelitian Citra Integrasi (Soria-Ruiz dkk., 2004).....	42
Gambar 2.5 Confussion matrix klasifikasi positif dan negatif disertai matrix akurasi	49
Gambar 3.1 Peta Wilayah Penelitian	51
Gambar 4.1 Peta Kondisi Geografis WPU KBB	70
Gambar 4.2 Peta Kepadatan dan Jumlah Penduduk WPU KBB	72
Gambar 4.3 Peta Sarana Perdagangan WPU KBB	74
Gambar 4.4 Komposit Natural Color Citra Sentinel-2A.....	77
Gambar 4.5 Polarisasi VV dan VH Citra Sentinel-1 GRD	79
Gambar 4.6 Training Sample untuk Algoritma Random Forest	80
Gambar 4.7 Model Klasifikasi Tutupan Lahan Citra Multispektral	83
Gambar 4.8 Model Klasifikasi Tutupan Lahan Citra Integrasi Multispektral & SAR.....	89
Gambar 4.9 Sebaran titik Validasi Lapangan Citra Multispektral (36 GCP)	92
Gambar 4.10 Sebaran titik Validasi Lapangan Citra Multispektral (90 GCP)	94
Gambar 4.11 Sebaran titik Validasi Lapangan Citra Integrasi SAR & Multispektral (36 GCP).....	95
Gambar 4.12 Sebaran titik Validasi Lapangan Citra Integrasi Multispektral & SAR (90 GCP)	97
Gambar 4.13 Importance feature Model Klasifikasi Citra Multispektral	101
Gambar 4.14 Peta Klasifikasi Lahan Citra Multispektral WPU KBB	103
Gambar 4.15 Kelas Badan Air Sesuai (11)	104
Gambar 4.16 Kelas Lahan Terbuka Sesuai Dengan Hasil Klasifikasi (33)	104
Gambar 4.17 Kelas Lahan Terbuka Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Menjadi Pertanian dan semak [35]).....	105
Gambar 4.18 Kelas Lahan Terbuka Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Menjadi Pertanian dan semak [34]).....	105
Gambar 4.19 Kelas Lahan Terbangun Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Menjadi Lahan Terbuka [22])	106
Gambar 4.20 Kelas Lahan Terbangun Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Menjadi Lahan Terbuka [23])	106
Gambar 4.21 Kelas Sawah Sesuai Dengan Hasil Klasifikasi (51).....	106
Gambar 4.22 Kelas Sawah Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Menjadi Lahan Terbuka [54])	107
Gambar 4.23 Kelas Sawah Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Menjadi Pertanian dan	

semak [55]).....	107
Gambar 4.24 Kelas Sawah Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Menjadi Terbangun [53]).....	107
Gambar 4.25 Kelas Sawah Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Menjadi Hutan dan vegetasi Rapat [56])	107
Gambar 4.26 Kelas Pertanian dan semak Sesuai Dengan Hasil Klasifikasi (45)	108
Gambar 4.27 Kelas Pertanian dan semak Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Lahan Terbangun [43])	108
Gambar 4.28 Kelas Pertanian dan semak Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Lahan Terbuka [42])	108
Gambar 4.29 Kelas Hutan dan vegetasi Rapat Sesuai Dengan Hasil Klasifikasi (62).....	109
Gambar 4.30 Kelas Hutan dan vegetasi Rapat Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Sawah [66]).....	109
Gambar 4.31 Kelas Hutan & Vegetasi Rapat Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Badan Air [61])	110
Gambar 4.32 Importance feature Model Klasifikasi Citra Integrasi SAR & Multispektral	116
Gambar 4.33 Grafik Proses Belajar Paling Optimal Algoritma Random Forest berdasarkan OOB dan Jumlah Pohon Citra Integrasi SAR & Multispektral	118
Gambar 4.34 Peta Klasifikasi Tutupan Lahan Citra Integrasi SAR & Multispektral WPU KBB	119
Gambar 4.35 Kelas Badan Air Sesuai Dengan Hasil Klasifikasi (11).....	120
Gambar 4.36 Kelas Lahan Terbuka Sesuai Dengan Hasil Klasifikasi (34)	120
Gambar 4.37 Kelas Lahan Terbuka Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Menjadi Lahan Terbangun [36])	121
Gambar 4.38 Kelas Lahan Terbangun Sesuai Dengan Hasil Klasifikasi (22) ...	121
Gambar 4.39 Kelas Lahan Terbangun Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Lahan Terbuka [23])	121
Gambar 4.40 Kelas Sawah Sesuai Dengan Hasil Klasifikasi (53).....	122
Gambar 4.41 Kelas Sawah Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Lahan Terbangun [51]).....	122
Gambar 4.42 Kelas Pertanian dan semak Sesuai Dengan Hasil Klasifikasi (45)	123
Gambar 4.43 Kelas Pertanian dan semak Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Sawah [41]).....	123
Gambar 4.44 Kelas Hutan dan vegetasi Rapat Sesuai Dengan Hasil Klasifikasi (61).....	124
Gambar 4.45 Kelas Hutan dan vegetasi Rapat Tidak Sesuai (Diklasifikasikan Pertanian dan semak [64]).....	124

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Fase <i>backscatter</i>	32
Persamaan 2.2 Jarak miring	32
Persamaan 2.3 Fase absolut	32
Persamaan 2.4 CART	44
Persamaan 2.5 <i>Random forest</i>	45
Persamaan 2.6 <i>Purposive sampling</i>	51
Persamaan 2.7 <i>Equal-area stratified random sampling</i>	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Scriptcode LC Classification SAR & Multispectral Data with Machine & Deep Learning</i>	xxv
Lampiran 2 Survey Validasi Lapangan 36 GCP Kedua Model Klasifikasi.....	xxxiv
Lampiran 3 Uji Validasi Lapangan 90 GCP Klasifikasi Tutupan Lahan Multispektral Konvensional	xxxviii
Lampiran 4 Uji Validasi Lapangan 90 GCP Klasifikasi Tutupan Lahan Citra Integrasi SAR & Multispektral	xli
Lampiran 5 Surat Izin Penelitian Pemerintah Daerah Kabupaten Bandung Barat.....	xliii
Lampiran 6 Surat Izin Penelitian Badan Kesbangpol KBB	xliv

DAFTAR PUSTAKA

- Abriyantoro, D., Hasrianti, H. (2024). Factors of Land Use Change in Bandung Regency, West Java for 2 Decades. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 5(06):1462-1467.
- Al Mamun, M. M., Nijhuis, S., & Newton, C. (2024). Sustainable Urban Planning Challenges in the Peri urban Landscape: Evaluating LULC Dynamics and Policy Effectiveness of Chattogram Metropolitan Region, Bangladesh. <https://doi.org/10.20944/preprints202407.0133.v1>
- Agustiyara, A., Balázs, S., Achmad, N., Peter, K., Musyimi. (2023). Remote Sensing Applied for Land Use Change Assessment and Governance in Riau-Indonesia. *Communications in computer and information science*, 441-448. doi: 10.1007/978-3-031-36001-5_56
- Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T., & Witmer, R. E. (1976). *A land use and land cover classification system for use with remote sensor data* (Vol. 964). U.S. Government Printing Office. <https://doi.org/10.3133/pp964>
- Antrop, M. (2000). Changing patterns in the urbanized countryside of Western Europe. *Landscape Ecology*, 15(3), 257–270. <https://doi.org/10.1023/A:1008151109252>
- Ardiwijaya, V.S., Sumardi, T.P., Suganda, E & Temenggung, Y.A. (2015). Rejuvenating Idle Land to Sustainable Urban Form: Case Study of Bandung Metropolitan Area, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 28, 176-184.
- Bagja, I. L., Panggi, P., Mispaki, S. W., & Rahayu, S. E. (2025). Utilization of setinel-1 imagery for inundation flood mapping in Northern Part of Java Island. 1438, 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1438/1/012045>
- Bai, Y., Sun, G., Li, Y., Ma, P., Li, G., & Zhang, Y. (2021). Comprehensively analyzing optical and polarimetric SAR features for land-use/land-cover classification and urban vegetation extraction in highly-dense urban area. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 103, 102496.
- Batta, M. (2020). Machine learning algorithms: A review. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 9(1), 381–386.
- Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 65(1), 2-16.

- Bourgeau-Chavez, L. L., Battaglia, M. J., Miller, M. E., & Banda, E. (2021). Integration of *Synthetic Aperture Radar* (SAR) and optical remote sensing for land cover classification. *Remote Sensing of Environment*, 259, 112421.
- Breiman, L., Friedman, J., Stone, C. J., & Olshen, R. A. (1984). *Classification and regression trees*. CRC Press.
- Breiman, L. Random Forests. *Machine Learning* 45, 5–32 (2001).
<https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Brisco, B., Short, N., Sanden, J., Landry, R., & Raymond, D. (2015). Integrating optical and radar imagery for improved wetland monitoring. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 41(5), 385-399.
- Brook, A., Ben-Dor, E., & Richter, R. (2013). Modelling and monitoring urban built environment via multi-source integrated and fused remote sensing data. *International Journal of Image and Data Fusion*, 4(1), 2-32.
- Campbell, S. (1996). Green cities, growing cities, just cities?: Urban planning and the contradictions of sustainable development. *Journal of the American Planning Association*, 62(3), 296-312.
- Cardille, J. A., Crowley, M. A., Saah, D., & Clinton, N. E. (Eds.). (2023). *Cloud-based remote sensing with Google Earth Engine: Fundamentals and applications*. Springer Nature. ISBN: 3031265882.
- Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 893-903.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007>.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46.
- Cover, T. M., & Hart, P. E. (1967). Nearest neighbor pattern classification. *IEEE Transactions on Information Theory*, 13(1), 21–27.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Djarwanto, P. S. (1990). Pokok-Pokok Metode Riset dan bimbingan teknis penulisan skripsi. In Yogyakarta: Liberty. uation Modeling: Semarang: BP UNDIP.
- Douglas, I. (2006). Peri-urban ecosystems and societies: Transitional zones and contrasting values. In D. McGregor, D. Simon, & D. Thompson (Eds.), *Peri-*

urban interfaces: Approaches to sustainable natural and human resource use (pp. 18-29). Earthscan.

Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1–4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>

Firdaus, H. S., & Usman, D. N. (2022). Pengaruh Perubahan Curah Hujan dan Perubahan Tutupan Lahan terhadap Bencana Longsor berdasarkan Analisis Spasial. *Jurnal Riset Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 1(2), 159–166. <https://doi.org/10.29313/jrpwk.v1i2.480>

Firman, T. (2004). New town development in Jakarta Metropolitan Region: A perspective of spatial segregation. *Habitat International*, 28(3), 349–368.

Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 185–201. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)

Friedman, J. H. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *Annals of Statistics*, 29(5), 1189–1232.

Fu, H., Zhang, Y., & Ma, H. (2021). See clearly on rainy days: Hybrid multiscale loss guided multi-feature fusion network for single image rain removal. *Computational Visual Media*, 7(4), 467–482.

Gaol, M. L. L. (2019). Perbandingan Klasifikasi Tutupan Lahan di Kabupaten Pakpak Bharat Menggunakan Citra Optik Landsat 8 Oli dan Citra Sar Sentinel 1A (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.

Haralick, R.M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. (1973). Textural features for image classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-3(6), 610-621.

Haniah, H. & Prasetyo, Y. (2011). Pengenalan Teknologi Radar Untuk Pemetaan Spasial Di Kawasan Tropis. *Jurnal Teknik*. 32(2), 156-162,

Huang, X., Zhang, L., & Zhu, T. (2022). Integrating optical and SAR data for urban land cover classification in tropical regions. *Remote Sensing of Environment*, 268, 112784.

Hudalah, D., Winarso, H., & Woltjer, J. (2007). Peri urbanisation in East Asia: A new challenge for planning? *International Development Planning Review*,

29(4), 503-519.

Hidayat, R., & Suryadi, D. (2023). Kajian Penyimpangan Pola Pemanfaatan Ruang Kawasan Bandung Utara (KBU) di Kabupaten Bandung Barat terhadap RTRW Kabupaten Bandung Barat. *Jurnal Riset dan Pengembangan Wilayah Kota*, 5(1), 1-12.

Ismail, J. R. & Nandi, N.(2020). Peri urban Transformation in West Bandung Regency A Physical ,Social ,and Economic Analysis .Indonesian Journal of Development Studies ,1(1),57-67 .

Jain, G., Tiwari, K., Jain, S., Rani, R., Dangi, A., & Swaroop, R. (2024). Comprehensive study on supervised deep learning. In *Handbook of Research on Advanced Practical Approaches to Deep Learning in Higher Education* (pp. 1023–1045). CRC Press.

Jensen, J. R. (2007). *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective* (2nd ed.). Pearson Prentice Hall.

Juhadi, S., Widiatmaka, & Munibah, K. (2019). Fenomena Urban Sprawl Jabodetabek. Semarang: Fastindo, 35(2), 101-112.

Jupri, J., & Mulyadi, A. (2017). Suburban Zoning of Bandung Raya Area. *Jurnal Geografi Gea*, 17(2), 105-116.

Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual review of environment and resources*, 28(1), 205-241.

Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., ... & Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11(4), 261-269.

Lee, J.S ., Pottier, E ., & Grunes, M.R. (2009). Polarimetric SAR speckle *filtering* and classification .IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 47(11),3858-3865.

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>

Li, L., Tang, Ami., & Porter, Nicole.(2023). Defining and Effectively Delineating the Peri urban Area: A Synthesis and Analysis from a Literature Review.Journal of Urban Planning and Development-Asce ,149(3) .

Liaw, A., & Wiener, M. (2002). Classification and regression by randomForest. R

News, 2(3), 18–22.

Lillesand, T.M., & Kiefer, R.W.(1990). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Jakarta: Erlangga.

Lin, Yuan., Guobin,Zhu., Chengjun,Xu. (2020). Combining *Synthetic Aperture Radar* and multispectral images for land cover classification: a case study of Beijing, China.*Journal of Applied Remote Sensing*, 14(02):026510-. doi:10.1117/1.JRS. 14. 026510.

Lopes, M., Frison, P. L., Crowson, M., Warren-Thomas, E., Hariyadi, B., Kartika, W. D., ... & Pettorelli, N. (2020). Improving the accuracy of land cover classification in cloud persistent areas using optical and radar satellite image time series. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(4), 532-541.

López, E., Bocco, G., Mendoza, M., & Duhau, E.(2001). Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe: A case in Morelia city , Mexico.*Landscape and Urban Planning* ,55(4),271–285.

Lopes, M., Frison, P. L., Crowson, M., Warren-Thomas, E., Hariyadi, B., Kartika, W. D., ... & Pettorelli, N. (2020). Improving the accuracy of land cover classification in cloud persistent areas using optical and radar satellite image time series. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(4), 532-541.

López-Sánchez, J.M., Ballester-Berman, J.D., & Vicente-Guijalba, F.(2017). Polarimetric SAR processing for agriculture applications: A review .*IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* ,10(5),2249-2266.

Lu, D., & Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5), 823–870. <https://doi.org/10.1080/01431160600746456>.

Lu, D., Weng, Q ., Li, G., & Guo, X. (2014) .Remote sensing of impervious surface in the urban areas: Requirements ,methods ,and trends.*Remote Sensing of Environment* ,139 ,294–313 .

Lukiawan, R., Purwanto, H., & Ayundyahrini, M.(2019) .STANDAR KOREKSI GEOMETRIK CITRA SATELIT RESOLUSI MENENGAH DAN MANFAAT BAGI PENGGUNA Standards of Geometric Correction of Satellite Images Medium Resolution and Benefits for Users.*Jurnal Standardisasi* ,21 ,45–54.

- Majdina, N. I., Pratikno, B., & Tripena, A. (2024). *Penentuan ukuran sampel menggunakan rumus bernoulli dan slovin: konsep dan aplikasinya*. <https://doi.org/10.20884/1.jmp.2024.16.1.11230>
- McGee, T.G. (1991). The emergence of desakota regions in Asia: Expanding a hypothesis. In N.Ginsburg, B.Koppel, & T.G.McGee (Eds.), *The extended metropolis: Settlement transition in Asia* (pp. 3–25). University of Hawaii Press.
- Moreira, A., Prats-Iraola, P., Younis, M., Krieger, G., Hajnsek, I., & Papathanassiou, K. P. (2013). A tutorial on *Synthetic Aperture Radar*. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 1(1), 6–43. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2013.2248301>
- Muflikhah, L., Mahmudy, W F., Kurnianingtyas, D .(2023). *Machine Learning*. doi:10 .11594/ubpress9786232967694
- Nagendra, I.W.M.D ., Karang, I.W.G.A ., & Puspitha, N.L.P.R.(2019). Perbandingan Kemampuan Satelit SAR ,Optik dan Kombinasi SAR & Optik Untuk Mendeteksi Area Mangrove di Teluk Benoa. *Journal of Marine and Aquatic Sciences* ,5(2),260-272 .
- Nguyen, T. T. H., Chau, T. N. Q., Pham, T. A., Tran, T. X. P., Phan, T. H., & Pham, T. M. T. (2021). Mapping Land use/land cover using a combination of Radar Sentinel-1A and Sentinel-2A optical images. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 652, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.
- Nurdiana, M. S., & Giyarsih, S. R. (2016). Analisis Fragmentasi Spasial Berbasis Citra Multitemporal Untuk Mengidentifikasi Fenomena Urban Sprawl di Surakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*, 5(4).
- Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, 42–57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
- Pacione, M.(2009). *Urban geography: A global perspective* (3rd ed.). Routledge .
- Pal, M., & Mather, P. M. (2003). An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. *Remote Sensing of Environment*, 86(4), 554–565.
- Palinkas, L. A., Horwitz, S. M., Green, C. A., Wisdom, J. P., Duan, N., &

- Hoagwood, K. (2015). Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, 42(5), 533–544. <https://doi.org/10.1007/s10488-013-0528-y>
- Pereira, L. D. O., Freitas, C. D. C., Sant' Anna, S. J. S., Lu, D., & Moran, E. F. (2013). Optical and radar data integration for land use and land cover mapping in the Brazilian Amazon. *GIScience & remote sensing*, 50(3), 301–321.
- Pratiwi, W.D., & Nagari, B.K.(2019) .Sustainable settlement development: Land use change in lakeside tourism of Bandung.KnE Social Sciences ,883-897 .
- Putri, D.R., Sukmono,A .,& Sudarsono,B.(2018) .Analisis kombinasi citra sentinel-1a dan citra sentinel-2a untuk klasifikasi tutupan lahan(studi kasus:kabupaten demak,jawa tengah) .Jurnal geodesi undip ,7(2) ,85-96 .
- Ratnasari, N. E., Ningrum, S., Susanti, E., & Ginting, N. M. (2022). Rethinking Strategies To Improve Economic Development In Bandung Regency. *Economics Development Analysis Journal*, 11(3), 354-369.
- Richards, J. A. (2013). *Remote sensing digital image analysis: An introduction* (5th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-30062-2>
- Rodriguez-Galiano,V.F .,Ghimire,B .,Rogan,J .,Chica-Olmo,M .,& Rigol-Sanchez,J.P.(2012) An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification.ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing ,67 ,93–104 .
- Roy, D. P., Wulder, M. A., Loveland, T. R., Woodcock, C. E., Allen, R. G., Anderson, M. C., ... & Zhu, Z. (2014). Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154–172.
- Rosario, Toscano.(2024) Machine Learning.Springer optimization and its applications.doi :10 .1007/978 -3 -031 -52459 -2_7.
- Sarzynski, T., Giam, X., Carrasco, L., & Lee, J. S. H. (2020). Combining radar and optical imagery to map oil palm plantations in Sumatra, Indonesia, using the Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 12(7), 1220.
- Sasongko, I., Gai, A. M., & Azzizi, V. T. (2024). Spatiotemporal Dynamics of Land Use and Community Perception in Peri-Urban Environments: The Case of the Intermediate City in Indonesia. *Urban Science*, 8(3), 97.

- Seto, K.C., Fragkias, M., Güneralp, B., & Reilly, M. K. (2011) .A meta-analysis of global urban land expansion.PLoS ONE ,6(8) ,e23777 .
- Shuchun, Zhang., Yun, Zhang., Yonabin, Chou., Ziheng, Wang., Yifu, Shi., Zhenyu, Sun. (2021). Analysis of the Multispectral and SAR Image. 312-315. doi: 10.1109/ICCCS52626.2021.9449213
- Sicre, C. M., Fieuzal, R., & Baup, F. (2020). Contribution of multispectral (optical and radar) satellite images to the classification of agricultural surfaces. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 84, 101972.
- Solihin, I. P., & Kurniyanto, R. (2021). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Estimasi Luas Lahan Terbangun dan Tidak Terbangun pada Kota Bandung. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*: p-ISSN, 2723, 6609.
- Somantri, L. (2022). Metode Penelitian Sains Informasi Geografi (N. Putri, Ed.; 1 ed.). CV. Jendela Hasanah
- Soria-Ruiz, J., & Fernández-Ordoñez, Y. (2004). Fusing optical and radar microwave images: improving land-use/cover classification in Mexico.
- Stehman, S.V.(1997) Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy. *Remote Sens Environ*62 :77–89 .
- Stehman, S.V. Foody, G.M. (2019) Key issues in rigorous accuracy assessment of land cover products. *Remote Sens Environ*231 :111199 .
- Strahler, A.H., Boschetti, L.Foody, G.M (2006) Global land cover validation: recommendations for evaluation and accuracy assessment of global land cover maps. *Eur Communities,Luxemb*51 :1–60
- Sugiyono. (2016). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Alfabeta.
- Sun, W., Heidt, V., Gong, P., & Xu, G. (2003). Information fusion for rural land-use classification with high-resolution satellite imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(4), 883-890.
- Sun, Z., Deal, B., & Pallathucheril, V. G. (2009). The land-use evolution and impact assessment model: A comprehensive urban planning support system. *Urisa Journal*, 21(1), 57.
- Sutanto. 1987. Penginderaan Jauh Jilid 1. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Sutanto, 1994. Penginderaan Jauh, Jilid 2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Syah, A. F. (2010). Penginderaan jauh dan aplikasinya di wilayah pesisir dan lautan. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 3(1), 18-28.

Taherdoost, H. (2016). Sampling Methods in Research Methodology; How to Choose a Sampling Technique for Research. *International Journal of Academic Research in Management (IJARM)*, 5(2), 18–27.

Tayi, S. & Radoine, H.R. "Mapping built-up area: combining Radar and Optical Imagery using Google Earth Engine, "2023 Joint Urban Remote Sensing Event(JURSE), Heraklion, Greece, 2023 pp. 1-4. doi :10.1109/JURSE57346.2023.10144131

Taubenböck, H., Esch, T., Felbier, A., Wiesner, M., Roth, A., & Dech, S. (2012). Monitoring urbanization in mega cities from space. *Remote sensing of Environment*, 117, 162-176.

Umar, H. (2003). Metode Penelitian untuk Skripsi dan Tesis Bisnis. PT RajaGrafindo Persada.

Verburg,P.H.,Neumann,K.,& Nol,L.(2009) Challenges in using land use and land cover data for global change studies.*Global Change Biology*,17(1),974–989.

Wang, Y., Zhang, W., Chen, W., Chen, C., & Liang, Z. (2024). MFFnet: Multimodal Feature Fusion Network for *Synthetic Aperture Radar* and Optical Image Land Cover Classification. *Remote Sensing*, 16(13), 2459.

Webster,D.(2002) On the edge: Shaping the future of peri urban East Asia.*Urban Studies*,39(4),641–661.

Weng, Q. (2012). Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends. *Remote Sensing of Environment*, 117, 34-49.

Woltjer, J. (2014). A global review on peri urban development and planning. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 25(1), 1-16.

Yan, X., Li, J., Smith, A.R., Yang, D., Ma, T., & Su,Y. (2023) Rapid Land Cover Classification Using a 36-Year Time Series of Multi-Source Remote Sensing Data.*Land*,12(12) doi :10.3390/land12122149

Yunus, H.S. (2008) Dinamika wilayah peri urban : Determinan masa depan kota

(Cet .1). Pustaka Pelajar.

Yusrina, A. dkk. (2019). Pembentukan Citra *Synthetic Aperture Radar* (Sar) Menggunakan Metode Backprojection. *e-Proceeding of Engineering*. 6(2). 4268 4274.

Zhao, Y., Gong, P., Yu, L., Hu, L., Li, X., Li, C., ... Wang, X. (2014). Towards a common validation sample set for global land-cover mapping. *International Journal of Remote Sensing*, 35(13), 4795–4814. <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.930202>

Zhang, H., Li, J., Wang, T., Lin, H., Zheng, Z., Li, Y., & Lu, Y. (2018). A manifold learning approach to urban land cover classification with optical and radar data. *Landscape and Urban Planning*, 172, 11-24.

Zhang, H. (2004) The optimality of Naive Bayes. *AAAI*, 1 (2), 3–9.

Zhu, X. X., Tuia, D., Mou, L., Xia, G. S., Zhang, L., Xu, F., & Fraundorfer, F. (2017). Deep learning in remote sensing: A comprehensive review and list of resources. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 5(4), 8–36. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2017.2762307>

Zhu,Z. & Woodcock, C.E. (2012) Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment* ,118 ,83 -94.