



ALIHHRAGAM DAN SISTEM ANALISIS DATA

Citra Satelit,

**MERETAS BAURAN PIKSEL DALAM KLASIFIKASI
DAN PEMETAAN LAHAN**

**Prof. Dr. Ir. H. Akhbar, M.T.
Ir. Misrah, S.Hut, M.Sc**



ALIHHRAGAM DAN SISTEM ANALISIS DATA

Citra Satelit,

**MERETAS BAURAN PIKSEL DALAM KLASIFIKASI
DAN PEMETAAN LAHAN**

Di era kemajuan teknologi dan informasi dewasa ini, dinamika perubahan penggunaan lahan yang cepat membutuhkan data spasial yang akurat dan cepat. Keadaan seperti itu, telah menempatkan kegiatan pemetaan sumber daya pertanian dan kehutanan semakin dibutuhkan.

Perubahan penggunaan lahan yang cepat itu, menjadikan kawasan pertanian dan kehutanan memerlukan perencanaan, pemantauan dan evaluasi yang akuntabel. Karena itu dibutuhkan bekal IPTEK dalam mengantisipasinya. Salah satu sumber data yang dinilai kompatibel menjawab perubahan seperti itu adalah data citra satelit.

Alihragam Dan Sistem Analisis Data Citra Satelit, MERETAS BAURAN PIKSEL Dalam Klasifikasi Dan Pemetaan Lahan, dirancang sedemikian rupa untuk memberikan kemudahan kepada pembacanya dalam meretas masalah dan kendala bauran piksel.

Buku yang mengulas tentang ilmu penginderaan jauh ini diterbitkan dalam rangka mengisi kelangkaan buku-buku referensi berbasis spasial khususnya di bidang Pertanian dan Kehutanan.



☎ 0858 5343 1992
✉ eureka.media.aksara@gmail.com
📍 Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362



**ALIHRAGAM DAN SISTEM ANALISIS
DATA CITRA SATELIT, MERETAS
BAURAN PIKSEL DALAM KLASIFIKASI
DAN PEMETAAN LAHAN**

Prof. Dr. Ir. H. Akhbar, M.T.

Ir. Misrah, S.Hut, M.Sc



eureka
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

**ALIHHRAGAM DAN SISTEM ANALISIS DATA CITRA
SATELIT, MERETAS BAURAN PIKSEL DALAM
KLASIFIKASI DAN PEMETAAN LAHAN**

Penulis : Prof. Dr. Ir. H. Akhbar, M.T.
Ir. Misrah, S.Hut, M.Sc

Desain Sampul : Eri Setiawan

Tata Letak : Husnun Nur Afifah

ISBN : 978-623-151-964-1

No. HKI : EC002023131472

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA,
DESEMBER 2023
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021**

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekamediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2023

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan hidayah-Nya, buku ini bisa dihadirkan oleh penulis. Kehadiran Buku “Alihragam dan Sistem Analisis Data Citra Satelit, Meretas Bauran Piksel Dalam Klasifikasi dan Pemetaan Lahan” diharapkan dapat memperkaya buku referensi di Perguruan Tinggi, khususnya program studi yang mengajarkan Ilmu Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi. Program Studi dimaksud seperti Pertanian, Kehutanan, Teknik Sipil, Geomatika, Geodesi, Kartografi, Geografi, Penginderaan Jauh, Perencanaan dan Pengembangan Wilayah, Geologi, Geofisika dan lain-lain.

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi spasial di era kemajuan teknologi dan informasi dewasa ini, merupakan suatu kebutuhan yang patut diajarkan pada program-program studi yang memanfaatkan sumber daya lahan sebagai wahana pembelajarannya. Kedua ilmu tersebut telah memberikan sumbangan positif bagi perencanaan, pemantauan dan evaluasi pemanfaatan sumber daya lahan.

Kelangkaan buku-buku referensi yang mengulas tentang penginderaan jauh sumber daya lahan saat ini, dirasakan cukup berpengaruh pada proses belajar mengajar di Perguruan Tinggi, khususnya pada Fakultas/Jurusan/Program Studi yang memanfaatkan ilmu dan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografi dalam pengembangan kompetensi ilmu peserta didiknya. Karena itu, disampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Penulis Buku ini dalam tugas dan fungsinya selaku dosen yang memiliki tanggungjawab sebagai pengembang ilmu pengetahuan di Perguruan Tinggi.

Dengan hadirnya buku ini, diharapkan dapat memberikan motivasi kepada dosen lain untuk menulis buku-buku ilmiah dalam rangka pengembangan kurikulum berbasis kompetensi di Perguruan Tinggi. Selain itu, kehadiran buku ini diharapkan dapat memberi kemudahan kepada para dosen, mahasiswa dan peneliti menelusuri teori-teori penginderaan jauh dan analisis citra satelit,

khususnya dalam meretas masalah dan kendala bauran piksel pada data citra satelit.

Palu, Oktober 2023
Dekan Fakultas Kehutanan
Universitas Tadulako,

Prof. Dr. Ir. Golar, S.Hut., M.Si.

PRAKATA

Buku dengan judul “Alihragam dan Sistem Analisis Data Citra Satelit, Meretas Bauran Piksel Dalam Klasifikasi dan Pemetaan Lahan” diterbitkan dalam rangka mengantisipasi kelangkaan buku referensi di Perguruan Tinggi, khususnya di bidang Ilmu Pertanian dan Kehutanan. Di samping itu, kehadiran buku ini diharapkan dapat membantu para mahasiswa dan dosen, serta kalangan praktisi dan konsultan dalam menjalankan tugas-tugas kesehariannya, khususnya pengembangan wawasan keilmuan yang berkaitan dengan praktik survei dan pemetaan sumber daya lahan berbasis data citra satelit.

Buku ini berisi sebelas bab yang memuat ulasan tentang alihragam dan analisis citra satelit dalam rangka pemetaan sumber daya lahan: Bab 1 Pendahuluan, mengulas perkembangan teknologi dan aspek filosofis serta masalah dan kendala dalam pengolahan citra satelit.

Bab 2 Teori Dasar Penginderaan Jauh dan Sistem Analisis Spasial Sumber Daya Lahan, mengulas tentang batasan/ pengertian, sistem penginderaan jauh, citra satelit dan teknik pengolahannya, sistem berbasis pengetahuan data citra satelit, analisis sistem dalam pemodelan data spasial, serta metode uji akurasi hasil Klasifikasi citra.

Bab 3 Alihragam Nilai Spektral Lahan Berbasis Citra Satelit, mengulas tentang pengertian alihragam nilai spectral lahan, alihragam data lahan pada satu band citra, dua band citra dan multiband citra.

Bab 4 Ekstraksi, Segmentasi, Klasifikasi Tutupan/ Penggunaan Lahan Berbasis Data Citra Satelit, mengulas tentang ekstraksi dan segmentasi data citra serta Klasifikasi tutupan/penggunaan lahan secara terbimbing dan secara tak terbimbing.

Bab 5 Sistem Berbasis Pengetahuan Data Citra Pada Pemetaan Lahan, mengulas tentang sistem berbasis pengetahuan dan perkembangannya dalam pemetaan sumber daya lahan, pemetaan tutupan/penggunaan lahan berbasis data citra satelit dan data penunjang lain, serta perancangan model sistem Klasifikasi

penggunaan lahan berbasis pengetahuan berbasis (SBP) data citra satelit.

Bab 6 Model Separabilitas AR4-50: Pengekstrak dan Pengkelas Data Citra Satelit Berbasis Multiband, mengulas tentang model AR4 pengekstrak piksel data citra satelit, model AR4-50 pengkelas piksel data citra satelit, serta model separabilitas piksel citra AR4-50.

Bab 7 Model Homogenitas SBP AR4-50: Pemeta Lahan Berbasis Data Citra Satelit Multiband, mengulas tentang pemodelan sistem Klasifikasi penggunaan lahan berbasis pengetahuan data citra satelit, model AR4-50: pemeta lahan berbasis data citra satelit multiband, model homogenitas piksel citra SBP-AR4-50, sampel kelas uji model citra SBP AR4-50, serta nilai keilmuan, sosial ekonomi dan yuridis model AR4-50.

Bab 8 Aplikasi Model AR4 Citra Landsat 8 Dalam Pemetaan Sumber Daya Lahan Pada Areal Cakupan Besar, mengulas tentang aplikasi citra model AR4 Landsat 8 dalam pemetaan sumber daya lahan.

Bab 9 Aplikasi Model AR4 Citra Landsat 8 Dalam Pemetaan Sumber Daya Lahan Pada Areal Cakupan Kecil, mengulas tentang analisis nilai spektral citra model AR4 Landsat 8, serta Klasifikasi tutupan lahan.

Bab 10 Aplikasi Model ICUC Pada Citra SPOT 7 Dalam Pemetaan Sumber Daya Lahan, mengulas tentang tahapan proses pembuatan kelas tutupan lahan menggunakan model pembuat kelas ICUC25-50-25 Citra SPOT 7, hasil pemetaan tutupan lahan menggunakan model pembuat kelas ICUC25-50-25 Citra SPOT 7; serta analisis tingkat keterpisahan piksel.

Bab 11 Penutup, mengulas kesimpulan dan saran.

Buku ini dilengkapi pula daftar pustaka dan glosarium.

Kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan baik langsung maupun tidak langsung, mulai dari persiapan hingga terbitnya buku ini diucapkan terima kasih. Demikian buku ini disusun semoga bermanfaat adanya.

Palu, Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Perkembangan Teknologi dan Aspek Filosofis Penginderaan Jauh	1
B. Meretas Masalah dan Kendala dalam Pengolahan Citra Satelit.....	5
BAB 2 TEORI DASAR PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM ANALISIS SPASIAL SUMBER DAYA LAHAN	9
A. Batasan/Pengertian Penginderaan Jauh dan Lahan	9
B. Sistem Penginderaan Jauh	14
C. Citra Satelit dan Teknik Pengolahannya	36
D. Sistem Berbasis Pengetahuan Data Citra Satelit	51
E. Analisis Sistem dalam Pemodelan Data Spasial	56
F. Metode Uji Akurasi Hasil Klasifikasi Citra.....	59
BAB 3 ALIHRAGAM NILAI SPEKTRAL LAHAN BERBASIS CITRA SATELIT	62
A. Pengertian Alihragam Nilai Spektral Lahan	62
B. Alihragam Data Lahan pada Satu Band Citra	63
C. Alihragam Data Lahan pada Dua Band Citra.....	64
D. Alihragam Data Lahan pada Multiband Citra.....	71
BAB 4 EKSTRAKSI, SEGMENTASI, KLASIFIKASI TUTUPAN/PENGGUNAAN LAHAN BERBASIS DATA CITRA SATELIT	109
A. Ekstraksi dan Segmentasi Data Citra.....	109
B. Klasifikasi Tutupan/Penggunaan Lahan Secara Terbimbing.....	112
C. Klasifikasi Tutupan/Penggunaan Lahan Secara Tak Terbimbing.....	116

BAB 5	SISTEM BERBASIS PENGETAHUAN DATA CITRA PADA PEMETAAN LAHAN	130
	A. Sistem Berbasis Pengetahuan dan Perkembangannya pada Pemetaan Sumber Daya Lahan	130
	B. Pemetaan Tutupan/Penggunaan Lahan Berbasis Data Citra Satelit dan Data Penunjang Lain.....	140
	C. Perancangan Model Sistem Klasifikasi Penggunaan Lahan Berbasis Pengetahuan (SBP) Data Citra Satelit	146
BAB 6	MODEL SEPARABILITAS AR4-50: PENGEKSTRAK DAN PENGKELAS DATA CITRA SATELIT BERBASIS MULTIBAND.....	148
	A. Model AR4: Pengekstrak Piksel Data Citra Satelit.....	148
	B. Model AR4-50: Pengkelas Piksel Data Citra Satelit ...	175
	C. Model Separabilitas Piksel Citra AR4-50	189
BAB 7	MODEL HOMOGENITAS SBP AR4-50: PEMETA LAHAN BERBASIS DATA CITRA SATELIT MULTIBAND.....	194
	A. Pemodelan Sistem Klasifikasi Penggunaan Lahan Berbasis Pengetahuan Data Citra Satelit.....	194
	B. Model AR4-50: Pemeta Lahan Berbasis Data Citra Satelit Multiband.....	219
	C. Model Homogenitas Piksel Citra SBP-AR4-50	224
	D. Sampel Kelas Uji Model Citra SBP AR4-50.....	229
	E. Nilai Keilmuan, Sosial Ekonomi dan Yuridis Model AR4-50.....	233
BAB 8	APLIKASI CITRA MODEL AR4 LANDSAT 8 DALAM PEMETAAN SUMBER DAYA LAHAN PADA AREAL CAKUPAN BESAR	238
	A. Pengantar.....	238
	B. Aplikasi Citra Model AR4 Landsat 8 dalam Pembuatan Peta Tutupan/Penggunaan Lahan.....	239
BAB 9	APLIKASI CITRA MODEL AR4 LANDSAT 8 DALAM PEMETAAN SUMBER DAYA LAHAN PADA AREAL CAKUPAN KECIL.....	271
	A. Pengantar.....	271
	B. Analisis Nilai Spektral Citra Model AR4 Landsat 8 ..	272
	C. Klasifikasi Tutupan Lahan	274

BAB 10 APLIKASI MODEL ICUC CITRA SPOT 7 DALAM	
PEMETAAN SUMBER DAYA LAHAN	279
A. Pengantar	279
B. Tahapan Proses Pembuatan Kelas Tutupan Lahan Menggunakan Model Pembuat Kelas ICUC ₂₅₋₅₀₋₂₅ Citra SPOT 7	280
C. Hasil Pemetaan Tutupan Lahan Menggunakan Model Pembuat Kelas ICUC ₂₅₋₅₀₋₂₅ Citra SPOT 7	282
D. Analisis Tingkat Keterpisahan Piksel	286
BAB 11 PENUTUP	290
A. Kesimpulan	290
B. Saran	292
DAFTAR PUSTAKA	294
GLOSARIUM	306
TENTANG PENULIS	312

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Grafik Perbandingan Band-band Spektral OLI dengan Band-Band Landsat 7 ETM+	23
Gambar 2.2.	Spektrum Pantulan Lima Tipe Tutupan Lahan	34
Gambar 2.3.	Spektrum Pantulan Khas Vegetasi.....	35
Gambar 3.1.	Citra Indeks Lahan (IL53)	67
Gambar 3.2.	Citra Indeks Biomasa (IB43)	68
Gambar 3.3.	Citra Indeks Vegetasi (IV43).....	69
Gambar 3.4.	Citra Indeks NDVI (NDVI43).....	69
Gambar 3.5.	Citra Indeks Lahan Terbangun (ILT75)	70
Gambar 3.6.	Citra Indeks Ait (IA75).....	70
Gambar 3.7.	Nilai OIF Band Komposit Citra Landsat 7 ETM+ ...	72
Gambar 3.8.	Citra-Citra Komposit.....	77
Gambar 3.9.	Citra Landsat 7 ETM+ Band 542 Danau Ds Kecamatan Lindu Kabupaten Sigi (Citra Asli/Referensi)	84
Gambar 3.10.	Citra Landsat 7 ETM+ Band 542 Danau Ds Kecamatan Lindu Kabupaten Sigi (Citra Sumbu Koordinat Terputar)	85
Gambar 3.11.	Citra-Citra Komposit Hasil Operasi PCA (RGB dan IHS).....	87
Gambar 3.12.	Citra Landsat 7 ETM+ Hasil Alihragam (AR 1-7).	100
Gambar 3.13.	Band-band Pemodel Alihragam AR 1-7 Citra Landsat 7 ETM+.....	107
Gambar 4.1.	Peta Citra Tutupan Lahan Danau Lindu Ds	121
Gambar 4.2.	Hasil Klasifikasi Tutupan/Penggunaan Lahan Citra citra Model AR	129
Gambar 5.1.	Nilai Spektral Citra Landsat 7 ETM band 542 Tutupan Hutan Primer TNLL	145
Gambar 5.2.	Algoritma Analisis Data Penetapan Kelas Penggunaan Lahan	147
Gambar 6.1.	Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2003 (False Color) Band Komposit 123457.....	148

Gambar 6.2.	Citra, Histogram dan Statistik Band (1,2,3,4,5,7) Citra Landsat 7 ETM+ di Wilayah Kerja Model Alihragam.....	153
Gambar 6.3	Proses Pemodelan Alihragam Citra AR4.....	157
Gambar 6.4.	Citra SPOT 5XS Tahun 2011 (False Color) Band Komposit 1234.....	158
Gambar 6.5.	Citra, Histogram dan Statistik Band (1,2,3,4,5,7) Citra SPOT 5XS di Wilayah Kerja Model Alihragam.....	159
Gambar 6.6.	Citra Landsat 7 ETM+ AR4 dan Histogramnya	160
Gambar 6.7.	Citra SPOT 5XS AR4 dan Histogramnya	161
Gambar 6.8.	Citra Landsat 7 ETM+ AR4 dan Histogramnya	161
Gambar 6.9.	Citra SPOT 5XS AR4 dan Histogramnya	162
Gambar 6.10.	Citra-citra Penginput Utama Alihragam Citra AR4 (Band145).....	169
Gambar 6.11.	Citra-citra Penginput Utama Alihragam Citra AR4 (Band123).....	170
Gambar 6.12.	Citra-citra Penginput Kedua Alihragam Citra AR4 (Band257).....	172
Gambar 6.13.	Citra Absband234/ 432 SPOT 5XS	173
Gambar 6.14.	Citra Penginput Ketiga Alihragam Citra AR4 (BandIL53).....	174
Gambar 6.15.	Citra Penginput Ketiga Alihragam Citra AR4 (BandIL42).....	175
Gambar 6.16.	Citra Model AR4-50 Landsat 7 ETM+, Model Regresi dan Histogram Kelas Lahan di Wilayah Cakupan Luas (>100.000 Ha).....	180
Gambar 6.17.	Citra Model AR4-50 Landsat 7 ETM+, Model Regresi dan Histogram Kelas Lahan di Wilayah Cakupan Kecil (<50.000 Ha)	181
Gambar 6.18.	Citra AR4-50 SPOT 5XS, Model Regresi dan Histogram Kelas Lahan di Wilayah Cakupan Luas (>100.000 Ha).....	185
Gambar 6.19.	Citra AR4-50 SPOT 5XS, Model Regresi dan Histogram Kelas Lahan di Wilayah Cakupan Kecil <50.000 Ha).....	186

Gambar 7.1.	Hirarki Pemodelan Kelas Pada Kelompok Kelas Lahan Basah dan Bayangan pada Citra Landsat 7 ETM+	195
Gambar 7.2.	Hirarki Pemodelan Kelas Pada Kelompok Tanah Terbuka, Bangunan (Non-vegetasi) dan Awan pada Citra Landsat 7 ETM+.....	200
Gambar 7.3.	Hirarki Pemodelan Kelas Pada Kelompok Vegetasi Alam dan Tanaman Budidaya pada Citra Landsat 7 ETM+	204
Gambar 7.4.	Hirarki Pemodelan Kelas Pada Kelompok Kelas Lahan Basah dan Bayangan pada Citra SPOT 5XS210	
Gambar 7.5.	Hirarki Pemodelan Kelas Pada Kelompok Tanah terbuka, Bangunan (Non-vegetasi) dan Awan pada Citra SPOT 5 XS.....	213
Gambar 7.6.	Hirarki Pemodelan Kelas Pada Kelompok Vegetasi Alam dan Tanaman Budidaya pada Citra SPOT 5XS	216
Gambar 7.7.	Hasil Kelas Penggunaan Lahan SBP-AR4-50 Citra Landsat 7 ETM+ di Wilayah Cakupan Luas (>100.000 Ha)).	220
Gambar 7.8.	Hasil Kelas Penggunaan Lahan SBP-AR4-50 Citra Landsat 7 ETM+ di Wilayah Cakupan Kecil (<50.000 Ha)	221
Gambar 7.9.	Hasil Kelas Penggunaan Lahan SBP-AR4-50 Citra SPOT 5XS di Wilayah Cakupan Luas (>100.000 Ha)	222
Gambar 7.10.	Hasil Kelas Penggunaan Lahan SBP-AR4-50 Citra SPOT 5XS di Wilayah Cakupan Kecil (<50.000 Ha)	223
Gambar 7.11.	Hasil Klasifikasi Citra SBP-AR4-50 Landsat 7 ETM+ dan Kesesuaiannya dengan Penggunaan Lahan Tingkat Tapak.....	231
Gambar 7.12.	Hasil Klasifikasi Citra SBP-AR4-50 SPOT 5 XS dan Kesesuaiannya dengan Penggunaan Lahan Pada Tingkat Tapak.....	232

Gambar 7.13.	Model Analisis Citra AR4-50 dalam Filsafat Keilmuan	233
Gambar 7.14.	Model Analisis Citra AR4-50 dalam Dimensi Ontologi, Epistemologi dan Aksiologi.....	234
Gambar 7.15	Kemanfaatan Model Analisis Citra AR4-50 dan SBP-AR4-50 Sesuai Wilayah Kerja Pengguna (User's)	237
Gambar 8.1.	Band-Band Tunggal Citra Landsat 8 Hasil Ekstraksi.....	244
Gambar 8.2.	Band Citra Landsat 8 dalam Deteksi Objek Air	245
Gambar 8.3.	Band Citra Landsat 8 dalam Deteksi Objek Vegetasi.....	245
Gambar 8.4.	Band Citra Landsat 8 dalam Deteksi Objek Lahan Terbuka/Terbangun.....	246
Gambar 8.5.	Band Citra Landsat 8 Dalam Deteksi Objek Tutupan Awan	247
Gambar 8.6.	Band652 Citra Landsat 8 dan Nilai Statistik Citra	249
Gambar 8.7.	PCABand652 Citra Landsat 8 dan Nilai Statistik Citra.....	251
Gambar 8.8.	Absband763 Citra Landsat 8 dan Nilai Statistik Citra.....	254
Gambar 8.9.	BandIL63 Citra Landsat 8 dan Nilai Statistik Citra.....	256
Gambar 8.10.	Citra Model AR4 Landsat 8 dan Nilai Statistik Citra.....	258
Gambar 8.11.	Citra Model AR4 Landsat 8 Hasil Perbesaran Skala	258
Gambar 8.12.	Statistik dan Grafik Layer Citra Model AR4 Landsat 8.....	259
Gambar 9.1.	Citra Model AR4 Landsat 8 Wilayah TAHURA Sulawesi Tengah	272
Gambar 9.2.	Hasil Klasifikasi Jenis Tutupan Lahan Kelompok 9 Kelas Citra Model AR4 Landsat 8	277
Gambar 10.1.	Peta Hasil Klasifikasi Jenis Tutupan Lahan Model Pembuat Kelas ICUC-25-50-25 Citra SPOT 7.....	286

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Jenis/Tipe Tutupan/Penggunaan Lahan	11
Tabel 2.2.	Perbandingan Band Satelit Landsat 7 dan Landsat 8.....	18
Tabel 2.3.	Perbedaan Komposisi Warna RGB Landsat 7, Landsat 5 dan Landsat 8.....	20
Tabel 2.4.	Jenis Band Pada Citra Landsat TM dan Kegunaannya.....	21
Tabel 2.5.	Spesifikasi Satelit SPOT 5	25
Tabel 2.6.	Spesifikasi Satelit SPOT 6	26
Tabel 2.7.	Spesifikasi Citra RapidEye	27
Tabel 2.8.	Spesifikasi Sensor Satelit Quickbird	28
Tabel 2.9.	Spesifikasi WorldView-2	31
Tabel 2.10.	Matriks Kesalahan (<i>confusion matrix</i>).....	60
Tabel 3.1.	Nilai Korelasi Antar Band pada Citra Landsat 7 ETM+	74
Tabel 3.2.	Hasil Analisis Data Nilai Spektral (Pixel) Citra Landsat 7 ETM+ Band245.....	80
Tabel 3.3.	Hasil PCA Tiga Citra Komposit pada	88
Tabel 3.4.	Statistik Citra Band PCA Warna RGB	92
Tabel 3.5.	Statistik Citra Band PCA Warna IHS.....	93
Tabel 3.6.	Statistik Model Alihragam AR 1-7 Citra	95
Tabel 4.1.	Hasil Perhitungan Nilai Statistik Masing-Masing Sampel Kelas.....	113
Tabel 4.2.	Kelas Tutupan Lahan dan Luas (Hektar).....	115
Tabel 4.3.	Hasil Uji Objek Lahan Menggunakan Model AR Berbasis 50.....	123
Tabel 5.1.	Hasil Analisis Data Nilai Spektral (Piksel) Citra Landsat 7 ETM+ Band542 Wilayah TNLL	143
Tabel 6.1.	Nilai Korelasi Antar Band Citra Landsat 7 ETM+ di Wilayah Kerja Model Alihragam AR4.....	166
Tabel 6.2.	Hasil PCAband541 Citra Landsat 7 ETM+	168
Tabel 6.3.	Statistik Tiga Jumlah Kelas Citra AR4 dengan Teknik Isodata	177

Tabel 6.4.	Hasil Uji Jumlah Kelas Objek Lahan Menggunakan Citra AR4 Di Wilayah Cakupan Luas (>100.000 Ha).....	178
Tabel 6.5.	Uji Model Citra AR4-50 Citra Landsat 7 ETM+ di Wilayah Cakupan Kecil (<50.000 Ha).....	182
Tabel 6.6.	Uji Model AR4 Pada Citra SPOT 5XS	184
Tabel 8.1.	Nilai Spektral, Kelebihan dan Kekurangan dalam Deteksi Objek Enam Band Citra Landsat 8	241
Tabel 8.2.	Hasil Pengecekan Objek Lahan Citra Model AR4 Landsat 8	264
Tabel 10.1.	Hasil Klasifikasi Jenis Tutupan Lahan.....	283

BAB

1

PENDAHULUAN

A. Perkembangan Teknologi dan Aspek Filosofis Penginderaan Jauh

Perkembangan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh di Indonesia, khususnya di sektor pertanian dan kehutanan dalam tiga dasa warsa menunjukkan peningkatan yang cukup pesat untuk menunjang kegiatan perencanaan, evaluasi dan pemantauan penggunaan lahan. Citra satelit hasil penginderaan jauh dimanfaatkan seoptimal mungkin karena mampu menyajikan gambaran spasial lahan yang relatif lengkap, cakupan luas dan rekaman data terbaru, sajian data spasial yang cukup detail sesuai resolusi spasial yang dimiliki setiap jenis citra.

Citra satelit yang menyajikan kenampakan objek lahan di permukaan bumi pada spektrum elektromagnetik tertentu, diolah dan dianalisis menjadi data lahan menggunakan metode/teknik visual dan/atau digital. Teknik visual atau cara konvensional digunakan bagi data citra analog, sedangkan teknik digital atau cara komputerisasi digunakan bagi data citra digital. Kedua teknik tersebut memiliki keunggulannya masing-masing dalam penyajian data lahan.

Penerapan teknik visual pada interpretasi objek lahan citra satelit memiliki kelebihan pada Klasifikasi penggunaan lahan di daerah yang memiliki keanekaragaman vegetasi tinggi, karena teknik digital yang mengandalkan nilai-nilai spektral objek lahan dapat menyebabkan terjadinya kesalahan Klasifikasi

BAB

2

TEORI DASAR PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM ANALISIS SPASIAL SUMBER DAYA LAHAN

A. Batasan/Pengertian Penginderaan Jauh dan Lahan

Lillesand dan Kiefer (1999), penginderaan jauh adalah ilmu atau seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah atau gejala, dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat, tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau gejala yang akan dikaji. Dijelaskan bahwa perekaman atau pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan menggunakan alat pengindra (sensor) yang dipasang pada pesawat terbang atau satelit. Selanjutnya Sabins (1996), penginderaan jauh merujuk pada metode yang menggunakan energi elektromagnetik, seperti gelombang cahaya, panas dan radio, sebagai sarana untuk mendeteksi dan mengukur karakteristik target.

Menurut Richard dan Jia (2006), penginderaan jauh adalah pengukuran energi yang berasal dari permukaan bumi. Jika sumber energi berasal dari matahari disebut penginderaan jauh pasif yang hasilnya menjadi citra digital. Selanjutnya penginderaan jauh aktif yang bekerja pada kisaran gelombang mikro menggunakan sensor radar, energinya tidak dipancarkan oleh matahari melainkan dari *platform* sensor.

Berdasarkan definisi tersebut dapat dijelaskan bahwa sistem penginderaan jauh pasif adalah sistem penginderaan yang menggunakan energi matahari sebagai sumber energinya (energi alami). Sedangkan sistem penginderaan jauh aktif adalah

BAB 3

ALIHRAGAM NILAI SPEKTRAL LAHAN BERBASIS CITRA SATELIT

A. Pengertian Alihragam Nilai Spektral Lahan

Alihragam atau transformasi nilai-nilai spektral lahan pada citra satelit, pada prinsipnya merupakan tindakan untuk menciptakan sesuatu yang baru yang dilandasi dengan pertimbangan pengetahuan ilmiah dan praktis agar masalah percampuran piksel-piksel lahan menjadi mudah dipisahkan. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (Pusat Bahasa, 2002), dijelaskan bahwa *transformasi* adalah perubahan rupa seperti bentuk, sifat, fungsi, dan sebagainya. Terkait dengan pengertian tersebut, alihragam nilai-nilai spektral lahan dimaksudkan untuk melakukan perbaikan-perbaikan kenampakan objek lahan pada citra satelit yang mengacu pada bentuk dan sifat citra aslinya.

Hasil alihragam nilai-nilai spektral lahan yang berbentuk piksel pada citra satelit dapat berupa peningkatan kenampakan objek lahan, sehingga memberi kemudahan pada proses interpretasi, deteksi dan analisis menjadi kelas penggunaan lahan. Piksel-piksel objek lahan yang tampak jelas pada citra satelit, akan membantu tenaga interpreter mendeteksi dan mengenali objek lahan, sehingga pada tahap analisis objek lahan secara digital dapat diminimalkan misKlasifikasi kelas penggunaan lahan.

Berbagai langkah dapat ditempuh dalam proses alihragam, seperti alihragam citra berbasis satu band, dua band, tiga band, dan multiband. Alihragam citra berbasis satu band,

BAB

4

EKSTRAKSI, SEGMENTASI, KLASIFIKASI TUTUPAN/PENGGUNAAN LAHAN BERBASIS DATA CITRA SATELIT

A. Ekstraksi dan Segmentasi Data Citra

Piksel adalah unsur gambar atau representasi sebuah titik terkecil dalam sebuah gambar grafis yang dihitung per inci. Akronim piksel dalam bahasa Inggris adalah *Picture Element* yang disingkat *Pixel*. Data citra satelit yang tersusun atas piksel-piksel objek gambar (elemen terkecil citra satelit) merupakan kumpulan baris dan kolom. Kumpulan baris dan kolom tersebut pada citra digital memiliki ukuran atau resolusi tersendiri sesuai sensor satelit yang digunakan. Pada citra Landsat 7 ETM⁺ atau Landsat 8 memiliki resolusi 15m x 15m; 30m x 30m; 60m x 60m. Pada Citra SPOT 4 dan SPOT 5 memiliki resolusi 2,5m x 2,5m; 5m x 5m; 10m x 10m; 20m x 20m.

Piksel citra satelit memiliki angka numerik (1 *byte*) disebut *digital number* (DN). DN bisa ditampilkan dalam warna kelabu, berkisar antara putih dan hitam (*gray scale*), tergantung level energi yang terdeteksi. Unit terkecil dari data digital adalah *bit*, yaitu angka biner, 0 atau 1. Kumpulan dari data 8 *bit* disebut *byte* dengan nilai 0 - 255. Nilai level energi data citra digital merupakan satuan *byte*.

Terkait dengan resolusi setiap jenis citra satelit, nilai-nilai spektral piksel citra digital menjadi objek pengkajian yang menarik digunakan dalam analisis objek lahan berdasarkan warna objek. Hal tersebut ditunjang oleh kehadiran monitor atau layar datar komputer yang terdiri atas ribuan piksel yang terbagi dalam baris dan kolom. Jumlah piksel yang terdapat

BAB 5

SISTEM BERBASIS PENGETAHUAN DATA CITRA PADA PEMETAAN LAHAN

A. Sistem Berbasis Pengetahuan dan Perkembangannya pada Pemetaan Sumber Daya Lahan

Sistem satelit sumber daya bumi yang semakin pesat perkembangannya dewasa ini, telah memberikan manfaat yang tidak kecil bagi perencanaan, pemantauan dan evaluasi penggunaan sumber daya lahan. Perkembangan sistem satelit tampaknya seiring dengan perkembangan sistem perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) komputer, sehingga menjadikan sistem pemetaan digital semakin dinamis.

Di era akhir tahun 1980-an berhasil diperkenalkan suatu sistem komputer yang dapat bertindak dalam perumusan kebijakan sebagaimana layaknya manusia yang ahli (pakar). Di era itu berkembang pula penggunaan sistem kepakaran yang dikenal dengan sistem pakar. Di saat yang bersamaan, juga di mulai pengembangan konsep sistem berbasis pengetahuan komputer atau yang lebih dikenal *knowledge-based systems* (KBS) yang diperkenalkan oleh David C. Altman tahun 1988 bagi perencanaan fisik wilayah.

Penerapan SBP oleh David C. Altman menggunakan program komputer “Prolog” sebagai dasar pembangunan sistemnya. Pertimbangannya bahwa program prolog didasarkan kemampuan sistem yang mampu bekerja mendekati pola dan alur pikir manusia, sehingga dikelompokkan kedalam sistem *Artificial Intelligence* (AI). *Artificial Intelligence* merupakan suatu sistem atau program komputer kecerdasan buatan.

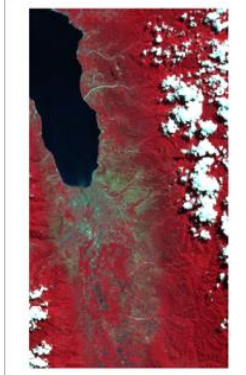
BAB 6

MODEL SEPARABILITAS AR4-50: PENGEKSTRAK DAN PENGKELAS DATA CITRA SATELIT BERBASIS MULTIBAND

A. Model AR4: Pengekstrak Piksel Data Citra Satelit

1. Citra Landsat

Model citra AR4 dirancang dari citra Landsat 7 ETM+ yang belum mengalami gangguan Scan Line Corrector (SLC). Satelit Landsat 7 mengalami stripping permanen akibat terjadinya gangguan Scan Line Corrector (SLC) pada tanggal 31 Mei 2003. Citra satelit Landsat 7 ETM+ yang digunakan adalah hasil perekaman tanggal 26 Mei 2003 path/row: 114/61 dan telah dikoreksi geometrik.



Gambar 6.1 Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2003 (False Color) Band Komposit 123457 (Akhbar, 2014)

Data citra satelit yang dipersiapkan berlokasi di wilayah Lembah Palu dan sekitarnya, yang mencakup wilayah Kota Palu dan Teluk Palu, Kabupaten Sigi, Kabupaten Donggala dan Kabupaten Parigi Moutong Provinsi Sulawesi Tengah pada koordinat $119^{\circ} 47' 47,68''$ BT - $120^{\circ} 2' 8,76''$ BT dan $0^{\circ} 41' 10,41''$ LS - $1^{\circ} 5' 1,68''$ LS seluas 117.931,32 ha. Berdasarkan luas wilayah, jumlah piksel yang digunakan sebanyak 1.310.348 piksel.

Pemilihan lokasi ini karena memiliki kenampakan fisik wilayah pada citra satelit yang cukup lengkap, seperti variasi bentuk lahan, jenis penggunaan lahan dan tutupan vegetasi. Variasi bentuk lahan dengan topografi datar hingga pegunungan. Jenis penggunaan lahan pertanian/kehutanan, seperti sawah, tambak garam, tegalan, ladang, kebun, penggembalaan, penghijauan, hutan primer, hutan sekunder, perairan laut/sungai/rawa dan areal tambang. Tutupan vegetasi seperti pepohonan, semak belukar dan rerumputan.

Selain itu, terdapat pula kawasan non-budidaya seperti permukiman, perkantoran, kampus, bandara, dermaga, lapangan, dan tanah-tanah terbuka.

Gambar 6.1. Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2003 (False Color) Band Komposit 123457 (Akhbar, 2014)

BAB 7 | MODEL HOMOGENITAS SBP AR4-50: PEMETA LAHAN BERBASIS DATA CITRA SATELIT MULTIBAND

A. Pemodelan Sistem Klasifikasi Penggunaan Lahan Berbasis Pengetahuan Data Citra Satelit

Pada tahun 2013-2014 berhasil dirancang model Klasifikasi penggunaan lahan yang data bersumber dari citra Landsat 7 ETM⁺ perekaman tahun 2003 (sebelum citra ini mengalami gangguan *striping*) dan data citra SPOT 5XS perekaman tahun 2011. Perancangan model menggunakan pendekatan Sistem Berbasis Pengetahuan (SBP). Pemodelan kelas penggunaan lahan ke dalam Sistem Berbasis Pengetahuan didasarkan pada hasil Klasifikasi data citra dengan teknik Isodata pada citra model AR4 berbasis 50 kelas.

Pada tahap awal proses pemodelan, dilakukan pengelompokan nilai-nilai spektral piksel citra kedalam kelompok I (piksel kelas lahan basah dan bayangan); kelompok II (piksel kelas lahan kering dan awan); kelompok III (piksel lahan bervegetasi alam dan tanaman budidaya). Adanya pengelompokan nilai-nilai spektral citra seperti itu dilakukan setelah mempelajari perilaku setiap objek berdasarkan warna, tekstur dan pola sebaran objek lahan. Tampaknya objek lahan yang terekam oleh sensor satelit sangat dipengaruhi juga oleh kondisi musim daerah tropis yaitu musim penghujan atau musim kemarau. Dengan demikian, objek pada kelompok I dan II dapat saja berubah sesuai kondisi musim di waktu perekamannya. Kondisi seperti itu memberikan suatu penjelasan bahwa data citra satelit yang akan diproses secara

BAB

8

APLIKASI CITRA MODEL AR4 LANDSAT 8 DALAM PEMETAAN SUMBER DAYA LAHAN PADA AREAL CAKUPAN BESAR

A. Pengantar

Citra model AR4 adalah model spasial pengolahan citra digital berbasis multiband yang dihasilkan dari citra Landsat 7 ETM⁺ pada tahun 2013-2014 dan telah dilakukan uji coba pertama kali pada citra SPOT 5XS. Pada tahun 2015 dilakukan lagi uji coba kedua pada citra Landsat 8 pada cakupan areal yang besar (± 100.000 Ha). Citra Landsat 8 yang merupakan penerus citra Landsat 7 ETM⁺ mulai dimanfaatkan citranya di Indonesia pada bulan Mei 2013. Citra Landsat 8 menarik banyak pengguna untuk memanfaatkannya di berbagai sektor terkait penggunaan lahan, salah satunya adalah sektor pertanian dan kehutanan.

Pemanfaatan citra Landsat 8 di sektor kehutanan mulai banyak digunakan pada kegiatan inventarisasi potensi tegakan hutan, pemetaan wilayah hutan, perencanaan dan evaluasi pemanfaatan/penggunaan kawasan hutan. Di sektor pertanian banyak digunakan pada identifikasi dan inventarisasi lahan sawah dan penggunaan/tutupan lahan, estimasi umur tanaman padi dan sebagai dasar untuk memperkirakan waktu panen padi dan luas arealnya.

BAB 9 | APLIKASI CITRA MODEL AR4 LANDSAT 8 DALAM PEMETAAN SUMBER DAYA LAHAN PADA AREAL CAKUPAN KECIL

A. Pengantar

Citra model AR4 adalah model spasial pengolahan citra digital berbasis multiband yang dihasilkan dari citra Landsat 7 ETM+ pada tahun 2013-2014 dan telah dilakukan uji coba pertama kali pada citra SPOT 5XS. Pada tahun 2015 dilakukan lagi uji coba yang kedua pada citra Landsat 8 pada cakupan areal yang kecil (± 10.000 Ha).

Akhbar, Ida Arianingsih dan Misrah (2015) melakukan uji coba penerapan model citra AR4 Landsat 8 pada pemetaan tutupan/penggunaan lahan di wilayah Taman Hutan Raya (TAHURA) Sulawesi Tengah. Uji coba dalam bentuk penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi hasil citra model AR4 Landsat 8 pada Klasifikasi jenis tutupan lahan dalam jumlah kelas tertentu. Pada Uji coba ini dilakukan aplikasi citra model AR4 Landsat 8 di lokasi yang kecil (7.384,74 Ha) yang secara geografis berada pada koordinat $119^{\circ} 54' 56,41''$ BT - $120^{\circ} 00' 28,32''$ BT dan $0^{\circ} 48' 23,29''$ LS - $0^{\circ} 58' 31,44''$ LS. Diuji pada 4 kelompok jumlah kelas jenis tutupan lahan (25, 15, 10, 9 kelas). Dihasilkan kelompok jumlah 9 kelas jenis tutupan lahan dengan nilai akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) 97% dan akurasi Kappa 96%. (kategori sangat baik). Adapun tahapan proses pengerjaannya diuraikan seperti berikut.

BAB 10 | APLIKASI MODEL ICUC CITRA SPOT 7 DALAM PEMETAAN SUMBER DAYA LAHAN

A. Pengantar

Citra model AR4 adalah model spasial pengolahan citra digital berbasis multiband yang dihasilkan dari citra Landsat 7 ETM⁺ pada tahun 2013-2014 dan telah dilakukan uji coba pertama kali pada citra SPOT 5XS hingga pembuatan kelas tutupan/penggunaan lahan secara tak terbimbing (*unsupervised classification*) dengan hasil yang 'baik' sebagaimana dihasilkan pada Bab 6. Citra satelit SPOT 7 yang merupakan generasi dari satelit SPOT 5 XS dan SPOT 6, dinilai penting untuk diketahui kemampuannya dalam pembuatan kelas tutupan/penggunaan lahan.

Citra SPOT 7 dengan resolusi spasial sangat tinggi (6 m) dinilai cukup baik menghasilkan peta sumber daya hutan untuk areal yang tidak luas, namun belum meluas pemanfaatannya dibandingkan citra Landsat 8. Kemampuan citra SPOT 7 dalam pemisahan piksel ke dalam kelas tutupan lahan juga belum banyak diketahui.

Akhbar, Naharuddin dan Rahmat Kurniadi Akhbar (2019) melakukan pengolahan citra SPOT 7 dalam pembuatan peta jenis tutupan lahan di wilayah Taman Buru Landusa Tomata Kabupaten Morowali Utara dan Kabupaten Poso Provinsi Sulawesi Tengah. Uji coba pengolahan citra dalam bentuk penelitian ini diawali dengan pembuatan model kelas untuk menghasilkan peta tutupan lahan menggunakan metode *Iso Cluster Unsupervised Classification* (ICUC) yang dilabel sebagai

BAB

11

PENUTUP

A. Kesimpulan

Buku alihragam dan sistem analisis data citra satelit “meretas bauran piksel” dalam Klasifikasi dan pemetaan sumber daya lahan mencakup 11 (sebelas) bab. Buku ini mengulas teori-teori dasar penginderaan jauh dan pengolahan citra satelit, kumpulan hasil-hasil penelitian penulis berbasis citra satelit yang diperkaya dengan beberapa hasil penelitian berbasis citra satelit.

Alihragam dan sistem analisis data citra satelit “meretas bauran piksel” dalam Klasifikasi dan pemetaan sumber daya lahan pertanian dan kehutanan terdiri atas:

1. Alihragam nilai spektral lahan berbasis citra satelit mencakup alihragam data lahan berbasis satu band, dua band dan tiga band (multiband).
2. Ekstraksi, segmentasi, Klasifikasi tutupan/penggunaan lahan berbasis data citra satelit secara terbimbing dan tidak terbimbing.
3. Model sistem Klasifikasi pemetaan tutupan/penggunaan lahan pertanian/kehutanan berbasis sistem berbasis pengetahuan (SBP) data citra satelit.
4. Model separabilitas AR4-50: Pengekstrak dan pengkelas data citra satelit berbasis multiband.
5. Model homogenitas SBP AR4-50: Pemeta lahan berbasis data citra satelit multiband.

DAFTAR PUSTAKA

- Abellera, L.V. 2005. *Application of Knowledge-Based Classification Techniques and Geographic Information Systems (GIS) on Satellite Imagery for Stormwater Management*. A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree Doctor of Philosophy in Civil Engineering. University of California, Los Angeles.
- Abellera, L.V. dan M.K. Stenstrom, 2005. Impervious Surface Detection from Satellite Imagery with Knowledge-Based Systems and GIS. *International Conference on Computing in Civil Engineering*, Mexico, Cancun. July: 12-15.
- Aggarwal, S. 2005. Principle of Remote Sensing. Photogrammetry and Remote Sensing Division Indian Institute of Remote Sensing, Dehra Dun. *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology*: 23-38.
- Akhbar, 1992. Penerapan Metode Analisis Citra Secara Digital dan Sistem Berbasis Pengetahuan (*Knowledge Based Systems*) untuk Mengevaluasi Tingkat Kerusakan Lahan. *Tesis Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung*, Bandung.
- Akhbar, 2004. Pemetaan Tingkat Kekritisan Daerah Resapan Air di Wilayah DAS Kumaligon Kabupaten Buol, Provinsi Sulawesi Tengah. *Forestsains: Jurnal Ilmuan dan Praktisi Kehutanan*, 2 (1): 54-61.
- Akhbar, 2004. Analisis Citra Landsat 7 ETM Band542 Guna Pembuatan Peta Liputan Lahan Kampus UNTAD Tondo Palu dan sekitarnya. *Forestsains: Jurnal Ilmuan dan Praktisi Kehutanan*, 1 (2):129-137.
- Akhbar, 2005. Prototipe Sistem Berbasis Pengetahuan Penilaian Kelas Liputan Lahan Menggunakan Citra landsat 7 ETM Band542. *Forestsains: Jurnal Ilmuan dan Praktisi Kehutanan*, 2 (2): 98-105.

- Akhbar, 2005. Perancangan Sistem Klasifikasi Liputan Lahan Berbasis Data Spektral Menggunakan Citra Landsat ETM7 Band₅₄₂. *Agroland, Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*, 12 (4): 372-377.
- Akhbar, 2006. Transformasi Nilai Spektral Citra Landsat Guna Pembuatan Peta Kelas Penggunaan Lahan. *Agroland: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*, 13 (4):360-366.
- Akhbar, 2006. Analisis Nilai Spektral Hutan Primer Studi Kasus di Wilayah Taman Nasional Lore Lindu. *Forestsains: Jurnal Ilmuan dan Praktisi Kehutanan*, 3 (2): 134-141.
- Akhbar, 2006. Analisis Spasial Kekritisan Lahan Mangrove Dengan Teknologi GIS. *Forestsains: Jurnal Ilmuan dan Praktisi Kehutanan*, 4 (1): 8-17.
- Akhbar, 2006. *Konsepsi dan Teknik Pembuatan Peta Sumber daya Hutan dan Lahan, untuk Mahasiswa dan Praktisi*. Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Tadulako. Penerbit Tadulako University Press. Palu.
- Akhbar, 2008. Pembuatan Peta Penutupan Lahan Menggunakan Analisis Klaster Berbasis Citra Landsat 7 ETM Hasil Pemutaran Sumbu Koordinat. *Forestsains: Jurnal Ilmuan dan Praktisi Kehutanan*, 6 (1):1-8.
- Akhbar, 2009. Analisis Spasial Penutupan Vegetasi Pepohonan di Daerah Aliran Sungai Laa. *Forestsains: Jurnal Ilmuan dan Praktisi Kehutanan*, 7 (1): 8-19.
- Akhbar, 2014. Pemodelan Sistem Analisis Penggunaan Lahan Berbasis Data Citra Satelit. *Disertasi*. Program Doktorat S3 Ilmu-ilmu Pertanian Pascasarjana Universitas Tadulako. Palu.
- Akhbar, 2017. *Kartografi Sumber daya Hutan dan Lahan; Re-formulasi Skala Peta Berbasis Resolusi Citra Inderaja, Suatu Pendekatan Baru Dalam Pembuatan Peta*. Penerbit Edikasi Mitra Grafika. Palu.
- Akhbar dan A. K. Paloloang, 1997. *Prototipe Sistem Berbasis Pengetahuan Komputer Penilaian Kesesuaian Lahan Untuk Jenis*

Tanaman Hutan Tanaman Industri. Proyek Pengembangan Sebelas Lembaga Pendidikan Tinggi (ADB-LOAN Nomor 1253-INO), Ditjen Dikti Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Fakultas Pertanian Universitas Tadulako. Palu.

Akhbar dan Ida Arianingsih, 2015. *Aplikasi Model AR4 Pada Pemetaan Jenis Penggunaan/ Penutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8*. Laporan Penelitian. Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako. Palu.

Akhbar dan Ida Arianingsih, 2016. *Aplikasi Model AR4 Pada Pemetaan Jenis Penggunaan/ Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8*. *J. ForestSains* 14 (1) : 13-23.

Akhbar, Ida Arianingsih, dan Misrah, 2015. *Aplikasi Citra Model AR4 Landsat 8 Pada Klasifikasi Jenis Tutupan Lahan Di Wilayah Taman Hutan Raya Sulawesi Tengah*. Laporan Penelitian. Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako. Palu.

Akhbar, Muhammad Basir, B. E. Somba and Golar, 2013. *AR4-50 Model, The Extractor of Spectral Values Into Remote Sensing Image Data-Based Land Use Class*. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science (AJAS)*, 35 (3): 255-262.

Akhbar, Muhammad Basir, B. E. Somba and Golar, 2014. *Transformation of Satellite Image Data in Class Modeling of Land Use/Cover of Agriculture and Forestry in Tropical Area*. *International Journal of Environmental Sciences*, 4 (5): 945-955.

Akhbar, Naharuddin dan Rahmat Kurniadi Akhbar, 2019. *Model ICUC₂₅₋₅₀₋₂₅, Pembuat Kelas Tutupan Lahan Berbasis Citra SPOT* 7. Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako, Palu.

Akhbar, Arianingsih, I., Misrah and Naharuddin, 2017. *Application of the AR4 Model Image of Landsat8 on Land Cover Classification in Central Sulawesi Grand Forest Park*. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12 (20): 9405-9412.

- Al-Ahmadi, F.S dan A. S. Hames. 2009. Comparison of Four Classification Methods to Extract Land Use and Land Cover from Raw Satellite Images for Some Remote Arid Areas, Kingdom of Saudi Arabia. *JKAU; Earth Science*, 20 (1): 167-191.
- Aldrich, F.T, 1981. *Land Use Data and Their Acquisition*. In Lounsbury, J.L., Sommers, L.M. and Fernald, E.A. (eds) *Land Use: A Spatial and Toronto, Ontario, Canada*.
- Altman, D.C., 1988. The Application of Knowledge-Based Systems Concepts to Regional Physical Planning. Survey and Resources Planning and Nabagenebt. *Technical Papers*. Bali, Indonesia.
- Arymurti, A.M. dan S. Setiawan, 1992. *Pengantar Pengolahan Citra*. Penerbit PT Elex Media Komputindo. Kelompok Gramedia, Jakarta.
- As-syakur, A.R. dan I.W. Sandi Adnyana, 2009. Analisis Indeks Vegetasi Menggunakan Citra ALOS/AVNIR-2 dan Sistem Informasi Geografi untuk Evaluasi Tata Ruang Kota Denpasar. *Jurnal Bumi Lestari*, 9 (1): 1-11.
- ASTER Science Team, 2001, *ASTER User's Guide*, Earth Remote Sensing Data Analysis Center, Sioux Falls.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2010. *Klasifikasi Penutup Lahan*. SNI7645:2010. ICS:07.040. Jakarta.
- Chang, C.I. dan H. Ren, 2000. An Experiment-Based Quantitative and Comparative Analysis of Target Detection and Image Classification Algorithms for Hyperspectral Imagery, *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, 38 (2): 1044-1062.
- Chmiel, J. dan T. Gumbricht, 1996. Knowledge Based Classification of Landscape Object Combining Satellite and Ancillary Data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, XXXI (B4): 752-757.
- Choodarathnakara, A.L., Kumar, T.A., Koliwad, S. and Patil, C.G. 2012. Mixed Pixels: A Challenge in Remote Sensing Data Classification for Improving Performance. *International*

Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), 1 (9): 261-271.

- CNES, 2010. *SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre)*. Centre National d'Etudes Spatiales (CNES). 2 Place Maurice Quentin. 75 039 Paris Cedex 01, France.
- Danoedoro, P., 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Digital Globe, 2006. *Quickbird Imagery Products: Product Guide*. Digital Globe, Longmont Colorado.
- Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan, 2009. *Buku Pintar Bidang Planologi Kehutanan*. Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Dwiyanti, E., 2009. *Analisis Data Landsat ETM+ Untuk Kajian Geomorfologi dan Penutup/Penggunaan Lahan dan Pemanfaatannya Untuk Pemetaan Lahan Kritis di Kota Cilegon*. Departemen Ilmu Tanah dan Sumber daya Lahan Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor, "Tesis".
- Esri 2012. *Iso Cluster Unsupervised Classification (Spatial Analyst)*. *ArcGIS 10.1. Help*. Copyright © 1999–2012 Esri, Inc. All rights reserved. Published in the United States of America.
- Gao, J., H. Chen, Y. Zhang, dan Y. Zha., 2004. Knowledge-Based Approaches to Accurate Mapping of Mangroves from Satellite Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70 (11): 1241–1248.
- GeoEye. 2006. *IKONOS Imagery Product Guide*. Geoeye, Virginia.
- Gumelar, D., 2004. *Implementasi Kelompok Data Dasar dalam Penentuan Kawasan Lindung (Studi Kasus Pembangunan IDSD Provinsi Jawa Barat)*. Bandung. Tesis. Bidang Geomatika, Program Magister Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Fajji, N.G., Palamuleni, L.G. and Mlambo, V. 2018. Application of SPOT Imagery for Landcover Mapping and Assessing Indicators of Erosion and Proportion of Bareground in Arid

- and Semi-arid Environment. *J Remote Sens GIS*. 7 (2): 240. doi: 10.4172/2469-4134.1000240.
- Faust, Nickolas L. 1989. "Image Enhancement." Volume 20, *Supplement 5 of Encyclopedia of Computer Science and Technology*, edited by Allen Kent and James G. Williams. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Fisher, P. F. and Unwin, D. J., 2005. *Representing GIS*. Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Heyman, O., 2001. *Automatic Extraction of Natural Objects From 1-m Remote Sensing Images*. Department of Geosciences, Oregon State University.
- Howard, J.A., 1996. *Penginderaan Jauh untuk Sumber daya Hutan. Teori dan Aplikasi*. Penerjemah Hartono, Dulbahri, Suharyadi, Projo Danoedoro, Retnadi Heru Jatmiko. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Huang, X. dan J.R. Jensen, 1997. A Machine-Learning Approach to Automated Knowledge-Base Building for Remote Sensing Image Analysis with GIS Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 63 (10): 1185-1194.
- Ilwis, 2010. *52°North Initiative for Geospatial Open Source Software GmbH*. ITC, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation of the University of Twente, Enchede.
- Indarto dan A. Faisal, 2009. Identifikasi dan Klasifikasi Peruntukan Lahan Menggunakan Citra Aster. *Media Teknik Sipil-UNJ*, IX (1): 1-8.
- Jaya, I.N.S., 2002. *Penginderaan Jauh Satelit Kehutanan*. Laboratorium Inventarisasi Hutan. Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Jaya, I.N.S., 2002. *Aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk Kehutanan. Penuntun Praktis Menggunakan Arc-Info dan Arc-View*. Penerbit Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.

- Jensen, J.R, 1986, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Departement og Geography University of South Carolina, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Jensen, J.R, 2005, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, Third Edition, Departement of Geography University of South Carolina Prentice Hall, Inc., London.
- Jogiyanto, H.M., 1999. *Analisis dan Desain Sistem Informasi: Pendekatan Terstruktur*. Edisi Kedua. Cetakan Pertama. P.T. Andi, Yogyakarta.
- Kamal, M dan S. Arjasakusuma, 2010. Ekstraksi Informasi Penutup Lahan Menggunakan Spektrometer Lapangan Sebagai Masukan Endmember pada Data Hiperspektral Resolusi Sedang. *Jurnal Ilmiah Geomatika-Bakosurtanal*, 16 (2): 12-22.
- Khare, S., Latifi, H., Rossi, S. and Ghosh, S.K. 2019. Fractional Cover Mapping of Invasive Plant Species by Combining Very High-Resolution Stereo and Multi-Sensor Multispectral Imageries. *Forests* 10 (7), 540: 540. <https://doi.org/10.3390/f10070540>.
- Kim, M., M. Madden, dan T. A. Warner, 2009. Forest Type Mapping using Object-specific Texture Measures from Multispectral Ikonos Imagery: Segmentation Quality and Image Classification Issues. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75 (7): 819–829.
- Kindu, M., T. Schneider, D. Teketay dan T. Knoke. 2013. Land Use/Land Cover Change Analysis Using Object-Based Classification Approach in Munessa-Shashemene Landscape of the Ethiopian Highlands. *Remote Sensing*. 5 (5): 2411-2435.
- Lawawirojwong, S., S. Pattanakiat, C. Navanugraha, dan P. Sanguantham, 2004. *Expert classification for Land Cover Mapping of Bang Pakong Watershed, Thailand*. GIS development-net (Internet). Tersedia pada: <http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS2004/Papers/ACL04-2.htm>. (Diunduh 2012 November 25).

- Largouet, C. dan M. O. Cordier. 2007. Improving the Landcover Classification using Domain Knowledge. *AI Communications ISSN 0921-7126, IOS Press.*
- Liew, S.C., 2001. *Principles of Remote Sensing*. Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing. National University of Singapore, Singapore.
- Lillesand, T.M. dan R.W.Keifer, 1999. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Penerjemah Dulbahri, Prapto Suhartono, Hartono, Suharyadi. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Lillesand, T.M., R.W. Kiefer dan J. W. Chipman, 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation. Fifth Edition*. John Wiley & Sons, inc., New York.
- Lindgren, D.T., 1985. *Landuse Planning and Remote Sensing*. Martinus Nijhoff Publisher, Doldrecht.
- Lo. C.P., 1996. *Penginderaan Jauh Terapan*. Penerjemah Bambang Purbowaseso. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Longley, P.A., M.F. Goodchild, D.J. Maguire dan D.W. Rhind, 2005. *Geographic Information System and Science*. Second Edition. John Wiley & Sons, Ltd.
- Lu, D., E. Moran, S. Hetrick, dan G. Li., 2011. Mapping Impervious Surface Distribution with the Integration of Landsat TM and QuickBird Images in a Complex Urban-Rural Frontier in Brazil. In: *Advances of Environmental Remote Sensing to Monitor Global Changes*. Ni-Bin Chang (ed.), CRC Press/Taylor and Francis, *ACT Publication*, 11 (04): 277-296.
- Manako, I., T. Schneider, U. Ammer. 2000. A Comparison Between The Isodata And The Ecognition Classification Methods On Basis Of Field Data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Amsterdam XXXIII*: 133-139.
- Martínez, S. and Mollicone, D. 2012. From Land Cover to Land Use: A Methodology to Assess Land Use from Remote Sensing Data. *Remote Sens.* 4: 1024-1045. doi:10.3390/rs4041024.

- Medy, K. dan L. Nicky, 1988. *Turbo Prolog. Bahasa Kecerdasan Buatan*. Penerbit Tarsito, Bandung.
- Murmu, S. and Biswas, S. (2015). Application Of Fuzzy Logic And Neural Network In Crop Classification: A Review. *Aquatic Procedia* 4: 1203-1210.
- Murti BS, S.H. (2012). Pengaruh Resolusi Spasial Pada Citra Penginderaan Jauh Terhadap Ketelitian Pemetaan Penggunaan Lahan Pertanian Di Kabupaten Wonosobo. *Jurnal Ilmiah Geomatika* 18 (1): 84-94.
- NASA, 2013. *Landsat 7 Science Data User's Handbook*. Available at <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov>.
- Oxman, S.W., 1985. "Expert Systems Represent Ultimate Goal of Strategic Decision Making". *Data Management*, April 1985: 36-38.
- Parage, V., Vajsova, B., Faget, N., and Åstrand, P.J. 2014. Geometric Benchmarking Over Maussanne Test Site For CAP Purposes. *New Sensors Benchmark Report On SPOT 7*. JRC Technical Report. European Commission. AIRBUS Defence & Space. Report EUR 270.
- Podwysocki, M.H., F.J. Gunter, and H.W. Blodget, 1977. Discrimination of Rock and Soils Types by Digital Analysis of Landsat Data. *NASA Preprint X-923-77-17*. Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Md.
- Ponniah, P. 2007. *Data Modeling Fundamentals: A Practical Guide for IT Professionals*. New York: Wiley-Interscience.
- Puntodewo, A., S. Dewi, dan J. Tarigan, 2003. *Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Sumber daya Alam*. Center of International Forestry Research, Bogor.
- Pusat Bahasa, 2002. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Edisi Ketiga. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Penerbit Balai Pustaka. Jakarta.

- Rajabidfard,A., dan I.P. Williamson, 2000. *Spatial Data Infrastructures: Concept, SDI Hierarchy and Future Directions*. Spatial Data Research Group, Department of Geomatics, The University of Melbourne. Victoria, Melbourne.
- Rana, L., 2010. *Models, Theory & Systems Analysis In Geography*. The Association for Geographical Studies. Shivaji College, University of Delhi, New Delhi.
- Ricchio, L, 2012. *Landsat-Science History*. National Aeronautics and Space Administrasian (NASA). USA.gov. (Internet). Tersedia pada: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/html>. (Diunduh 2012 Desember 5).
- Richards, J.A., 1986. *Remote Sensing Digital Image Analysis, An Introduction*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Richards, J. A. and Jia, X., 2006. *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*. Berlin, Germany: Springer.
- Sabins, F. F., 1996. *Remote Sensing: Principles and Interpretation*. W.H. Freeman and Company, New York.
- Sangadji, M.S. 2018. *Klasifikasi Habitat Perairan Dangkal Menggunakan Logika Fuzzy dan Maximum Likelihood Pada Citra Multispektral*. Tesis Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 43 hlm.
- Sateesh, K., G. Sandip. 2011. Land use and Land Cover mapping using digital classification technique in Tikamgarh district, Madhya Pradesh, India using Remote Sensing. *International Journal Of Geomatics And Geosciences*. Volume 2, No 2, 2011. © Copyright 2010 All rights reserved Integrated Publishing services. Research article ISSN 0976 – 4380.
- Schilling, K.J. dan T. Vogtle, 1996. Sattelite Image Analysis Using Integrated Knowledge Processing. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, XXXI (B3): 183-187.
- Setiawan, K.T., Manessa, M.D.M., Winarso, G., Anggraini, N., Giarrastowo, G., Asriningrum, W., Herianto, Rosid, S. dan Supardjo, A.H. 2019. Estimasi Batimetri Dari Data SPOT 7.

- Studi Kasus Perairan Gili Matra Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Penginderaan Jauh* 15 (2): 69 – 82.
- Shofiatty, R., 2010. Integrasi Multi Resolusi Citra Satelit dengan Metode Sederhana Untuk Memonitor Kondisi Lahan. *Informatika Pertanian*, “19 (2)”, 109-124.
- Sitanggang, G., 2010. Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (Landsat-8). LAPAN. *Berita Dirgantara* 11 (2): 47-58.
- Smith, R. G., 1985. Knowledge-Based Systems; Concepts, Techniques, Examples. Schlumberger-Doll Research Old Quarry Road Ridgefield, CT USA 06877. *Presented at the Canadian High Technology Show*. Lansdowne Park, Ottawa, ON, May 8.
- SPOT Image, 2008. *SPOT Technical Information: The SPOT Payload*. SPOT Image, France.
- Sudjana, 1989. *Metode Statistika*. Edisi Ke 5. Penerbit Tarsito. Bandung
- Sutanto, 1994. *Penginderaan jauh, Jilid I*, Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Suwarto, 2006. Sistem dan Model. Modul 3. Forum Kajian Kebijakan Spasial Kehutanan P4W, Badan Planologi Kehutanan. Makalah disampaikan pada *Pelatihan Penyusunan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Hijau dan Perencanaan Kehutanan Berbasis Penataan Ruang*. Badan Planologi Kehutanan, Departemen Kehutanan. Bogor, 4 – 9 Juni.
- Stull R B. 2000. *Meteorology for Scientists and Engineers*. 2nd ed. Published Pacific Grove, CA. Brooks/Cole.c2000.
- Utomo, T.P., U. Hasanudin dan E. Suroso, 2006. Sistem Pakar Penentuan Kelayakan Pemanfaatan Kolam Anaerobik Unit Pengolahan Limbah Cair Agroindustri Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Proceeding, Seminar Ilmiah Nasional*

Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT). Auditorium Universitas Gunadarma, Depok: 1411-6286.

Wahyunto, S. R. Murdiyati dan S. Ritung, 2004. Aplikasi Teknologi Penginderaan Jauh dan Uji Validasinya Untuk Deteksi Penyebaran Lahan Sawah dan Penggunaan/ Penutupan Lahan. *Informatika Pertanian* 13:746-749.

Waterman, D.A., 1986. *Principle of Artificial Intelligence and Expert System Development*. McGraw-Hill Book Co., Singapore.

Wirawan B. A dan N. Maulia, 2008. *Segmentasi Warna Vs. Segmentasi Tekstur Alternatif Ekstraksi Informasi Obyek Pada Citra Resolusi Tinggi*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. PIT MAPIN XVII, Bandung.

GLOSARIUM

- Alih : pindah, ganti; tukar; ubah.
- Alih bentuk : perubahan bentuk atau struktur; konversi dari satu bentuk ke bentuk lain; transformasi.
- Alihragam (transformasi) : perubahan rupa seperti bentuk; sifat; fungsi; dan sebagainya.
- Alihragam (transformasi) nilai-nilai spektral lahan pada citra satelit : tindakan untuk menciptakan sesuatu yang baru yang dilandasi dengan pertimbangan pengetahuan ilmiah dan praktis agar masalah percampuran piksel-piksel lahan menjadi mudah dipisahkan.
- Analisis : penyelidikan terhadap suatu peristiwa untuk keadaan yang sebenarnya.
- Analisis sistem : pengamatan mengenai suatu kegiatan, metode, prosedur atau teknik untuk menentukan manfaat kegiatan tersebut dan cara terbaik untuk memperolehnya.
- AR4-50 : model alihragam citra yang menggunakan operasi gabungan (*union*) secara matematis pada dua kelompok band komposit berbasis tiga band (*Principal Component Analysis* (PCA) band dan *Absolut* band) dan satu band indeks lahan. AR = AkhbaR. Angka 4 adalah alihragam urutan keempat terpilih dari sebanyak 7 alihragam yang dianalisis. Angka 50 adalah jumlah kelompok kelas terpilih

		dari tiga kelompok jumlah kelas yang dianalisis.
Baur:	:	campur; ketidaktentuan; keraguan; pengeliruan.
Bauran	:	Campuran.
<i>Bit</i>	:	Unit terkecil dari data digital (angka biner, 0 atau 1)
<i>Byte</i>	:	kumpulan dari data sejumlah 8 bit (nilai dari 0 – 255).
Citra (<i>image</i>)	:	gambaran kenampakan permukaan bumi hasil penginderaan pada spektrum elektromagnetik tertentu yang ditayangkan pada layar atau disimpan pada media rekam/citra.
Citra satelit	:	citra hasil penginderaan suatu jenis satelit tertentu.
Citra digital	:	suatu array dua dimensi atau suatu matriks yang elemen-elemennya menyatakan tingkat keabuan dari elemen gambar.
Data digital	:	data digital yang diperoleh dari hasil digitasi yang telah dilengkapi dengan data teks dan atribut lainnya.
Data tabular	:	data selain data grafis yang berupa data pendukung, seperti teks, angka, dsb.
Data raster	:	semua data digital yang diperoleh dari hasil scanning dan sumber lainnya yang belum diformat kedalam bentuk data vektor.

- Data vector : data digital atau data yang telah dirubah ke dalam bentuk digital dan telah dilengkapi dengan data objek atau informasi objek.
- Delineasi : seleksi visual dan pembedaan wujud gambaran pada berbagai data dengan jalan menarik garis batas.
- Deteksi : kesadaran akan adanya pola atau objek pada citra.
- Digital : data dalam bentuk digit (angka).
- Ekstraksi data citra : proses pemisahan suatu piksel berdasarkan perbedaan nilai-nilai spektralnya.
- Homogenitas : persamaan macam, jenis, sifat, watak dari suatu anggota kelompok; keadaan atau sifat yang homogen; kehomogenan.
- ICUC₂₅₋₅₀₋₂₅: *Iso Cluster Unsupervised Classification* (ICUC) : adalah model pembuat kelas pada citra SPOT 7. Angka ₂₅₋₅₀₋₂₅ = jumlah 25 kelas - ukuran kelas minimum 50 - interval sampel 25.
- Klasifikasi secara terbimbing (*supervised classification*) : mengidentifikasi pola sebagai anggota dari kelas yang sudah dikenal.
- Klasifikasi terbimbing (*unsupervised classification*) tak : klasifikasi berbasis nilai-nilai spektral piksel
- Lahan : material dasar dari suatu lingkungan (situs).

Meretas	:	memutus; membuka; membedah; menembus; menerobos.
Model	:	suatu perwakilan atau abstraksi dari sebuah objek atau situasi aktual.
Penginderaan jauh (<i>Remote Sensing</i>)	:	ilmu atau seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah atau gejala, dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat, tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau gejala yang akan dikaji.
Penggunaan lahan (<i>land use</i>)	:	berkaitan dengan kegiatan manusia pada sebidang lahan.
Peta	:	gambar seluruh atau sebagian dari permukaan bumi yang diproyeksikan ke dalam suatu bidang dasar dengan perbandingan dan perkecilan tertentu yang dinamakan skala.
<i>Pixel</i> (<i>picture element</i>) atau piksel	:	sebuah titik yang merupakan elemen paling kecil pada citra satelit.
Pola	:	keteraturan dan karakteristik susunan rona dan tekstur.
<i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	:	analisis komponen utama pada band citra atau pemutaran sumbu koordinat band citra untuk memperkecil jumlah dimensi spektral yang digunakan pada suatu pengkelas citra.
Rektifikasi citra	:	pembetulan kesalahan geometrik dan radimetrik pada citra.
Resolusi	:	area dari permukaan bumi yang diwakili oleh sebuah piksel sebagai elemen terkecil dari sebuah citra.

- Resolusi spasial : level dari detail yang ditangkap oleh sensor. Semakin detail sebuah studi semakin tinggi resolusi spasial yang diperlukan.
- Resolusi spektral : lebar kisaran dari masing-masing band spektral yang diukur oleh sensor.
- Resolusi temporal : interval waktu antar pengukuran.
- Rona : tingkat kegelapan/kecerahan objek citra
- Satelit : benda buatan/kendaraan yang dirancang mengitari bumi, bulan atau benda angkasa lainnya.
- Segmentasi data citra : pemisahan objek yang satu dengan objek yang lain dalam suatu gambaran objek lahan.
- Sensor : piranti untuk mendeteksi dan atau merekam tenaga elektromagnetik.
- Separable* : yang dapat didipisahkan.
- Separabilitas (pemisahan) : proses, cara, perbuatan memisah atau memisahkan.
- Skala peta : perbandingan jarak antara dua titik di peta dengan jarak mendatar (horizontal) antara dua titik yang serupa di medan
- Sistem : himpunan atau kombinasi dari bagian-bagian yang membentuk sebuah kesatuan yang kompleks.
- Sistem berbasis pengetahuan : model sistem komputasi kecerdasan manusia.

- Spektrum : serangkaian tenaga yang tersusun sesuai dengan panjang gelombang atau frekuensi.
- Spektrum elektromagnetik : sistem yang mengklasifikasikan berdasarkan panjang gelombang, seluruh energi yang bergerak, harmonis, pada kecepatan konstan cahaya. Ukuran energi sensor pasif dari bagian optik spektrum elektromagnetik: Tampak, inframerah dekat (NIR), inframerah termal (TIR).
- Tekstur : frekuensi perubahan rona pada citra.
- Tutupan lahan : gambaran konstruksi alami (vegetasi dan bukan vegetasi) yang menutup permukaan lahan.

TENTANG PENULIS



Prof. Dr. Ir. H. Akhbar, M.T. Lahir di Madello Soppeng Sulawesi Selatan tahun 1962. Anak ke-2 dari enam bersaudara; Ayah H. Muhammad Zain; Ibu Hj. Nuraeni Pasimbungi.

Riwayat Pendidikan: Tamat SD Negeri Nomor 25 Madello-Ompo Soppeng Tahun 1974; Tamat SMP Negeri Cabenge Soppeng tahun 1977; Tamat SMA Negeri 200 Watan Soppeng tahun 1981; Sarjana Kehutanan pada Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin tahun 1985; Magister Geodesi (Spesialisasi Manajemen Survei dan Pemetaan) Pada Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung tahun 1992; Doktor Ilmu Pertanian (Konsentrasi Ilmu Kehutanan) Pada Program Pascasarjana Universitas Tadulako tahun 2014.

Riwayat Pekerjaan: Tahun 1985-1986: Manajer Produksi pada HPH PT. Rante Mario di Ujung Pandang; tahun 1986-1987: Staf Seksi Pengukuran dan Plt. Kepala Seksi Penginderaan Jauh pada Balai Inventarisasi dan Perpetaan Hutan (BIPHUT) Wil. VII Ujung Pandang Departemen Kehutanan; Mulai Februari 1987-2009 menjadi dosen tetap Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, dan tahun 2010-sekarang menjadi dosen Fakultas Kehutanan dan Pascasarjana Universitas Tadulako; Mulai 1 November 1997 menduduki jabatan fungsional Lektor pada Mata kuliah Geodesi dan Kartografi; Mulai 1 Januari 2001 menduduki jabatan fungsional Lektor Kepala; Mulai 1 Juni 2023 menduduki jabatan fungsional Profesor/Guru Besar dalam bidang Ilmu Geomatika.

Tahun 1996-2000; Koordinator Bidang Equipment pada LPIU Universitas Tadulako-ADB-LOAN Project No.1253-INO; Tahun 1999-2004: Pengelola *Center of Tropical Forest Margins (CTFM)* Universitas Tadulako, Koordinator Bidang Z (*Bio-monitoring System*); Tahun 2003-2009: Anggota Senat Fakultas Pertanian Universitas Tadulako; Tahun 1999-2005: Ketua Program Studi Manajemen Hutan pada Jurusan Budidaya Fakultas Pertanian Universitas Tadulako; Tahun 2006-2009: Ketua Jurusan/Program

Studi Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Tadulako; Tahun 2010-2014: Dekan dan Ketua Senat Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako; Tahun 2004-2014: Anggota Senat Universitas Tadulako; Tahun 2018-2021: Anggota Komisi Etik Divisi Mahasiswa Universitas Tadulako; Tahun 2015-sekarang: Anggota Senat Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako; Tahun 2019-2020: Anggota Tim Terpadu Penelitian Perubahan Perubahan Peruntukan dan Fungsi Kawasan Hutan Dalam Rangka Revisi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Sulawesi Tengah (Dinas Bina Marga dan Tata Ruang Provinsi Sulteng dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan); Tahun 2020-2023: Tim Penilai Angka Kredit Jabatan Fungsional Dosen Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako; Tahun 2023: Tim Penilai Angka Kredit Jabatan Fungsional Dosen Universitas Tadulako; Tahun 2023: Tim Asesor Beban Kerja Dosen (BKD) DIKTI-Universitas Tadulako.

Riwayat Kursus/Pelatihan/Networking: (1) Proses Stokastik (Hidrologi Statistik) di Bandung tahun 1991 (PAU-ITB); (2) Calon Penulis Buku Ajar Perguruan Tinggi di Sanur Bali tahun 1994 (DIKTI); (3) Pelestarian dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove Secara Terpadu dan Berkelanjutan di Malang tahun 1996 (PP-PSL Pusat-UNIBRAW);(4) Metode Penelitian Tingkat Dasar di Palu tahun 1996 (UNTAD-DIKTI); (5) Kursus AMDAL Tipe A di Samarinda tahun 2001 (PPLH UNMUL); (6) Kiat Menyusun Buku Ajar Perguruan Tinggi di Cisarua Bogor tahun 2003 (DIKTI); (7) Pelatihan PEKERTI tahun 2007. (8) *Academic Networking Universities* (Indonesia-Netherland) di Belanda (Twente University-Wageningen Agricultural University-Erasmus Rotterdam University-Technische Universiteit Eindhoven), Denmark (Albor University), dan Swedia (Chalmers Tekhniska Hogskola-Goteborg) Nopember-Desember tahun 1997, (9) In-hous Training Indonesia Menulis Angkatan 52 (IM-52) di Palu tahun 2015, (10) Pelatihan Penulisan Artikel Ilmiah Untuk Publikasi Jurnal Internasional di Palu tahun 2015, (11) Bimbingan Teknis Kuliah Daring di Palu tahun 2019, (12) Kiat Kiat Penulisan Proposal Hibah Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat di Palu tahun 2022, (13) Bimtek

Penilaian dan Kepatutan Karya Ilmiah Untuk Kenaikan Pangkat Lektor Kepala dan Profesor di Palu tahun 2022, **(14)** Pelatihan Penguatan Metode Pembelajaran *Case Method* dan *Team Based Project* di Palu tahun 2022, **(15)** Klinik Kekayaan Intelektual di Palu tahun 2023.

Buku yang pernah diterbitkan: **(1)** Geodesi dan Kartografi untuk Bidang Kehutanan tahun 2003. Tadulako University Press; **(2)** Penafsiran Potret Udara dan Citra untuk Bidang Kehutanan tahun 2004. Tadulako University Press; **(3)** Konsepsi dan Teknik Pembuatan Peta Sumber daya Hutan dan Lahan tahun 2006. Tadulako University Press; **(4)** Mengantar Rimbawan Memasuki Dunia SURTA: Seri Pengukuran dan Pemetaan Wilayah Hutan, Penerbit Diadit Media Jakarta tahun 2007; **(5)** Kartografi Sumber daya Hutan dan Lahan; Re-Formulasi Skala Peta Berbasis Resolusi Citra Inderaja, Suatu Pendekatan Baru Dalam Pembuatan Peta, Penerbit Edukasi Mitra Grafika, Palu tahun 2017, **(6)** Perencanaan Pariwisata Alam Di Kawasan Hutan: Teori dan Aplikasi, Penerbit LPP-Mitra Grafika Edukasi, Palu tahun 2019, **(7)** Perencanaan Rehabilitasi Hutan dan Lahan; Teori dan Aplikasi, Penerbit Media Madani Banten tahun 2020, **(8)** Pemodelan Sistem Analisis Spasial Berbasis Multikriteria Pada Perubahan Peruntukan dan Fungsi Kawasan Hutan, Penerbit CV. Literasi Nusantara Abadi Malang tahun 2022. **(9)** Pemodelan Spasial Integrasi Fungsi Hutan Produksi Berbasis Regim Silvikultur Pada Ekosistem Hutan Lahan Kering Sekunder, Penerbit Mitra Ilmu Makassar tahun 2023.

Forum, Workshop, Kerjasama Internasional: **(1)** Menghadiri Forum Dekan Indonesia-Thailand, tahun 2010 di Chiang Mai University (CMU), tahun 2012 di Naresuan University (NU) Thailand dan tahun 2013 di Universitas Halu Oleo (UHO) Kendari. **(2)** Mengikuti kunjungan akademik ke Cina University (CU) dan Beijing University (BU) RRC tahun 2011, Daikin University (DU) Melbourne Australia tahun 2012 dan National University Singapura (NUS) tahun 2013. **(3)** Mengikuti International Workshop CRC990 *Research Project In Jambi* untuk Riset *Low Land Forest* di Bogor dan Jambi, antara Georg August Universitat Gottingen (GAUG) Jerman-IPB-UNJA-UNTAD tahun 2012 dan tahun 2013. **(4)** Tim

Manajemen NFI (UN-REDD *Programme* Indonesia) FAO-Universitas Tadulako tahun 2012.

Piagam Penghargaan: (1) Satya Lencana Korps Pegawai Republik Indonesia Pengabdian Dua Puluh Tahun dari Presiden Republik Indonesia tahun 2007. (2) Satya Lencana Korps Pegawai Republik Indonesia Pengabdian Tiga Puluh Tahun. Presiden Republik Indonesia tahun 2018.



Ir. Misrah, S.Hut., M.Sc. Lahir di Meli, Luwu Utara Provinsi Sulawesi Selatan tahun 1987. Anak ke enam dari pasangan Bapak Syarifuddin dan Ibu Tanna.

Riwayat Pendidikan: Tamat SD Negeri Nomor 42 Luwu Utara tahun 2000; Tamat MTs Negeri 1 Masamba Tahun 2003; Tamat SMA Negeri 1 Masamba Tahun 2006; Sarjana Kehutanan pada Jurusan Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako tahun 2011; Magister Ilmu Kehutanan (Spesialisasi Perencanaan Spasial Kehutanan) pada Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada tahun 2014; Profesi Insinyur pada Fakultas Teknik Universitas Mulawarman tahun 2019.

Riwayat Pekerjaan. Tenaga teknis NFI (UN-REDD *Programme* Indonesia) FAO-Universitas Tadulako tahun 2012. Dosen Tetap Fakultas Kehutanan Universitas tadulako dari tahun 2015 sampai sekarang. Tenaga Teknis pendamping pada penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan Jangka Panjang (RPHJP) Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Tepoasa Aroa tahun 2017. Tenaga Teknis pendamping pada penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan Jangka Panjang (RPHJP) Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Sintuwu Maroso tahun 2019. Tenaga Teknis pendamping pada penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan Jangka Panjang (RPHJP) Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Sivia Patuju tahun 2021. Tenaga Teknis pada kegiatan Inventarisasi Mata Air di Provinsi Sulawesi Tengah tahun 2021. Tenaga Teknis pada kegiatan Inventarisasi Biofisik DAS Palu. Tenaga Teknis pada kegiatan Inventarisasi Biofisik DAS Laa. Tim

Pengelola Pusat Penelitian Geospasial dan Sistem Informasi Geografi, Divisi Geospasial LPPM Universitas Tadulako tahun 2022.

Riwayat Kursus/Pelatihan/Workshop/Networking. Pelatihan Pekerti tahun 2015, Pelatihan *Applied Approach* tahun 2015. *Technical Workshop Explore Sustainable Development Goals In Arc Gis Pro* ESRI Indonesia tahun 2019. Seminar Ilmiah Teknologi GNSS (*Global Information Satelit System*) dalam Pemetaan Ketelitian Tinggi di Bidang Lingkungan dan Kehutanan Universitas Mulawarman tahun 2021. Pelatihan Drone untuk Pemetaan Eksklusif Geospasial Education tahun 2021. *Workshop Use of Spasial Technology For Forest Resource Monitoring* Forest Programme III (FP III) Research Consorsium tahun 2022. *Workshop Forest Inventory and Remote Sensing* Forest Programme III (FP III) Research Consorsium tahun 2022. Workshop Perhitungan Karbon Forest Investment Programme (FP II) KPH Dolago Tanggunung tahun 2022. Workshop Perhitungan Karbon Forest Investment Programme (FP II) KPH Dampelas Tinombo tahun 2022. Pelatihan Sistem Dinamik Untuk Pengelolaan Sumbedayanya Hutan tahun 2023.

Buku yang pernah diterbitkan Pemodelan Sistem Analisis Spasial Berbasis Multikriteria Pada Perubahan Peruntukan dan Fungsi Kawasan Hutan, Penerbit CV. Literasi Nusantara Abadi Malang tahun 2022. **(9)** Pemodelan Spasial Integrasi Fungsi Hutan Produksi Berbasis Regim Silvikultur Pada Ekosistem Hutan Lahan Kering Sekunder, Penerbit Mitra Ilmu Makassar tahun 2023.



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC002023131472, 13 Desember 2023

Pencipta

Nama : **Prof. Dr. Ir. H. Akhbar, M.T. dan Ir. Misrah, S.Hut., M.Sc**

Alamat : **BTN, Bumi Roviga Blok B12/3, Palu, Sulawesi Tengah, Mantikulore, Palu, Sulawesi Tengah, 94119**

Kewarganegaraan : **Indonesia**

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Prof. Dr. Ir. H. Akhbar, M.T. dan Ir. Misrah, S.Hut., M.Sc**

Alamat : **BTN, Bumi Roviga Blok B12/3, Palu, Sulawesi Tengah, Mantikulore, Palu, Sulawesi Tengah, 94119**

Kewarganegaraan : **Indonesia**

Jenis Ciptaan : **Buku**

Judul Ciptaan : **Alhfragam Dan Sistem Analisis Data Citra Satelit, Meretas Bauran Pixel Dalam Klasifikasi Dan Penetaan Lahan**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : **7 Desember 2023, di Purbalingga**

Jangka waktu perlindungan : **Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.**

Nomor pencatatan : **000564426**

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri



Anggoro Dasananto
NIP. 196412081991031002

Disclaimer:
Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.