

B U K U M O N O G R A F

PENGOLAHAN CITRA DIGITAL *untuk* PERTANIAN

Ade Bastian, S.T., M.Kom.

|

Dr. Sri Ayu Andayani, SP., MP.



BUKU MONOGRAF PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK PERTANIAN

Ade Bastian, S.T., M.Kom.
Dr. Sri Ayu Andayani, SP., MP.



BUKU MONOGRAF PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK PERTANIAN

Penulis:
Ade Bastian, S.T., M.Kom.
Dr. Sri Ayu Andayani, SP., MP.

Editor:
Erik Santoso

Layouter :
Tim Kreatif PRCI

Cover:
Rusli

Cetakan Pertama : Juni 2024

Hak Cipta 2024, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT
Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website : www.rcipress.rcipublisher.org
E-mail : rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2024 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I – : Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2024
; 18 x 25cm
ISBN : 978-623-448-898-2

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberi kita kemampuan untuk menyelesaikan buku "Pengolahan Citra Digital untuk Pertanian". Buku ini ditulis untuk memberikan pengetahuan mendalam tentang teknologi pengolahan gambar digital dan bagaimana dapat digunakan dalam pertanian, khususnya di Indonesia.

Pertanian, yang bertanggung jawab atas perekonomian banyak wilayah di Indonesia, mulai menyaksikan gelombang inovasi yang menjanjikan seiring dengan kemajuan teknologi informasi dan digital. Kabupaten Majalengka, terkenal dengan lanskap pertaniannya yang subur, berada di garis depan dalam penggunaan teknologi ini untuk meningkatkan keberlanjutan pertanian dan produktivitas. Untuk mencapai tujuan tersebut, kami berusaha untuk memberikan penjelasan menyeluruh tentang berbagai cara pengolahan gambar digital dapat digunakan dalam berbagai bidang pertanian.

Buku ini terdiri dari beberapa bab yang disusun secara teratur sehingga pembaca dapat memperoleh pemahaman yang lengkap. Bab pertama memberikan pendahuluan tentang pentingnya inovasi dalam pertanian dan bagaimana teknologi pengolahan gambar digital dapat menjadi salah satu solusi utama untuk masalah yang ada. Selanjutnya, bab kedua membahas dasar-dasar pengolahan gambar digital, termasuk konsep-konsep penting yang perlu dipahami sebelum melangkah lebih jauh dalam penerapan teknologi. Aplikasi dan teknologi pengolahan gambar dalam pertanian dibahas dalam Bab ketiga. Di sini, kami membahas berbagai perangkat dan sensor yang digunakan, serta aplikasi praktis dari teknologi ini untuk mendeteksi dan mengelola hama, memantau kesehatan tanaman, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Bab ini juga menyajikan contoh kasus yang menunjukkan bagaimana teknologi ini telah digunakan dengan sukses di berbagai tempat. Bab keempat berbicara tentang metode penelitian dan kemajuan dalam pengolahan gambar digital untuk aplikasi pertanian. Pembaca akan diajari tentang proses mulai dari pengumpulan data hingga analisis dan interpretasi

hasil penelitian. Bab ini juga menyertakan studi kasus yang menjelaskan secara menyeluruh proses pengembangan aplikasi pengolahan gambar. Bab kelima mengidentifikasi masalah yang mungkin dihadapi sektor pertanian saat menggunakan teknologi pengolahan citra digital, serta solusi untuk masalah ini. Bab ini juga menunjukkan betapa pentingnya kerja sama antara pemerintah, akademisi, dan praktisi pertanian untuk mendukung adopsi teknologi ini. Akhirnya, bab keenam menampilkan studi kasus dan hasil penelitian, serta dampak dari penelitian tersebut terhadap produktivitas dan keberlanjutan pertanian. Bab ketujuh, bab terakhir, berisi epilog yang menguraikan temuan utama dan menyarankan langkah-langkah untuk kemajuan di masa depan.

Kami berharap buku ini akan bermanfaat bagi siswa, akademisi, peneliti, praktisi pertanian, dan pembuat kebijakan. Semoga informasi yang disajikan dapat membantu dalam penggunaan teknologi pengolahan gambar digital untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian Indonesia. Kami sangat mengharapkan kritik dan saran pembaca untuk memperbaiki buku ini di masa mendatang karena kami menyadari bahwa itu masih jauh dari sempurna.

Semoga bermanfaat, dan selamat membaca.

Majalengka, Juni 2024

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	I
DAFTAR ISI	III
BAB 1: PENDAHULUAN	1
A. Selayang Pandang Pertanian di Indonesia	3
1. Kebutuhan untuk Inovasi Pertanian	5
2. Pengolahan Citra Digital: Sebuah Revolusi Teknologi	6
3. Tantangan dan Peluang	6
4. Pengantar Teknologi Pengolahan Citra Digital	7
5. Sejarah dan Perkembangan	7
B. Dasar Teori Pengolahan Citra Digital	9
C. Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Bidang Pertanian	11
D. Contoh Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Bidang Pertanian	13
E. Kerangka Konseptual	18
1. Pengertian pengolahan citra digital dan pertanian	18
2. Pengertian Pengolahan Citra Digital	18
3. Pertanian dan Kebutuhan akan Inovasi	19
4. Aplikasi Pengolahan Citra Digital dalam Pertanian	19
F. Hubungan antara pengolahan citra digital dan pertanian	20
G. Ruang lingkup aplikasi pengolahan citra digital dalam pertanian	21
 BAB 2: DASAR-DASAR PENGOLAHAN CITRA DIGITAL	 22
A. Konsep Dasar Pengolahan Citra	24
1. Perkembangan Teknologi dan Aplikasi	26
2. Implikasi Sosial dan Ekonomi	26
3. Komponen dasar citra digital	27
B. Teknik Pengolahan Citra Digital	30
1. <i>Pre-processing</i> : penyiangan dan peningkatan citra	30
2. Segmentasi citra	39
3. Ekstraksi ciri dan pengenalan pola	42
4. Klasifikasi citra	45
 BAB 3: TEKNOLOGI DAN APLIKASI PENGOLAHAN CITRA DALAM PERTANIAN	 50
A. Teknologi Pengolahan Citra untuk Pertanian	50
1. Drone dalam Pertanian	50
2. Sensor dan kamera untuk pengolahan citra	55
B. Aplikasi dalam Pertanian	58

BAB 4: METODOLOGI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN APLIKASI PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK PERTANIAN	60
A. Rancangan Penelitian	60
1. Pendekatan metodologis	60
2. Pengumpulan dan analisis data citra	63
B. Pengembangan Aplikasi	66
1. Desain dan implementasi algoritma pengolahan citra	66
2. Integrasi teknologi dengan praktik pertanian	68
 BAB 5: HAMBATAN DAN SOLUSI	 71
A. Hambatan dalam Implementasi	71
1. Teknis: ketersediaan teknologi, keakuratan algoritma	71
2. Sosial dan ekonomi: penerimaan oleh petani, biaya implementasi	73
B. Solusi dan Strategi	75
1. Pengembangan kapasitas dan pelatihan untuk petani	75
2. Model pembiayaan yang berkelanjutan	77
3. Kerjasama dengan institusi penelitian dan pemerintah	79
 BAB 6: STUDI KASUS DAN HASIL PENELITIAN	 82
A. Implementasi teknologi pengolahan citra di lapangan.	82
1. Studi Kasus 1: Peningkatan Kualitas dan Efisiensi Budidaya Bunga Rosella di Cikijing, Majalengka melalui Pengolahan Citra Digital	82
2. Studi Kasus 2: Deteksi Dini Perubahan Lahan Pertanian di Cirebon	87
3. Studi Kasus 3: Pemantauan Kesehatan Tanaman Padi di Subang	90
4. Studi Kasus 4: Optimalisasi Produksi Sayuran di Bandung	93
5. Studi Kasus 5: Evaluasi Efektivitas Irigasi di Garut	96
6. Studi Kasus 6: Monitoring Perubahan Lahan Sawah di Jawa Barat	99
7. Studi Kasus 7: Peningkatan Produktivitas Padi dengan NDVI	102
8. Studi Kasus 8: Deteksi Dini Penyakit pada Tanaman Kakao	105
9. Studi Kasus 9: Optimasi Penggunaan Pupuk di Perkebunan Kelapa Sawit	108
10. Studi Kasus 10: Estimasi Hasil Panen Tembakau dengan Citra Drone	111
11. Studi Kasus 11: Pemetaan dan Klasifikasi Lahan Pertanian di Bali	114

12. Studi Kasus 11: Manajemen Irigasi Presisi untuk Pertanian Beras	117
13. Studi Kasus 13: Pemantauan Tanaman Tebu di Jawa Timur	120
14. Studi Kasus 14: Deteksi Dini Serangan Hama pada Tanaman Padi di Sulawesi Selatan	123
15. Studi Kasus 15: Optimisasi Panen Kopi di Sumatera Utara	126
16. Studi Kasus 16: Manajemen Nutrisi Tanaman Kelapa Sawit di Kalimantan	129
17. Studi Kasus 17: Deteksi Stres Kekeringan pada Tanaman Jagung	133
18. Studi Kasus 18: Manajemen Tanaman Teh di Sri Lanka	136
19. Studi Kasus 19: Pemantauan Pertanian Berkelanjutan di Vietnam	139
20. Studi Kasus 20: Optimalisasi Budidaya Buah di Thailand	142
21. Studi Kasus 21: Peningkatan Produksi Gandum di India	145
22. Studi Kasus 22: Peningkatan Efisiensi Pertanian Padi di Jepang dengan AI dan Pengolahan Citra	148
23. Studi Kasus 23: Studi Kasus: Teknologi Pengolahan Citra untuk Budidaya Teh di India	151
24. Studi Kasus 24: Studi Kasus: Menggunakan Pengolahan Citra untuk Meningkatkan Produksi Kentang di China	154
25. Studi Kasus 25: Optimalisasi Budidaya Buah Mangga di Filipina Melalui Pengolahan Citra	157
26. Studi Kasus 26: Pemetaan Lahan Pertanian dengan Drone	160
27. Studi Kasus 27: Optimisasi Panen Buah dengan Analisis Citra	163
28. Studi Kasus 28: Manajemen Nutrisi Tanaman dengan Citra Hiperspektral	166
29. Studi Kasus 29: Pemantauan Perubahan Lahan Pertanian	169
30. Studi Kasus 30: Analisis Citra untuk Peningkatan Varietas Tanaman	172
B. Dampak teknologi terhadap produktivitas dan keberlanjutan	175
C. Hasil Penelitian	177
1. Evaluasi efektivitas aplikasi pengolahan citra digital	177
2. Analisis ROI (Return on Investment) dan manfaat sosial-ekonomi	179
BAB 7: EPILOG, KESIMPULAN, DAN REKOMENDASI EPILOG	183
DAFTAR PUSTAKA	198
BIOGRAFI PENULIS	213

Bab 1: Pendahuluan



Gambar 1 . Pertanian Indonesia #1

Di tengah pesatnya perkembangan teknologi informasi dan digital, sektor pertanian—yang merupakan tulang punggung ekonomi banyak wilayah di Indonesia, termasuk Majalengka, Jawa Barat—mulai menyaksikan gelombang inovasi yang menjanjikan. Majalengka, sebuah kabupaten yang dikenal dengan lanskap pertaniannya yang subur dan mayoritas penduduknya yang bermatapencaharian sebagai petani, berada di ambang revolusi teknologi yang dapat mengubah cara kita mengelola dan memahami pertanian. Salah satu bidang inovasi yang kini mendapat perhatian adalah aplikasi pengolahan citra digital dalam pertanian. Buku monograf ini bertujuan untuk menjelajahi potensi, aplikasi, dan dampak pengolahan citra digital terhadap efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan pertanian di Majalengka.

Pengolahan citra digital, yang melibatkan penggunaan algoritma komputer untuk memproses gambar dari dunia nyata, telah menemukan aplikasinya dalam berbagai bidang, mulai dari kesehatan

hingga keamanan. Dalam konteks pertanian, teknologi ini menawarkan kemungkinan untuk mendeteksi penyakit tanaman lebih awal, memantau kondisi pertumbuhan, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan bahkan memprediksi hasil panen dengan lebih akurat. Inovasi ini tidak hanya dapat meningkatkan produktivitas per hektar tanah tetapi juga membantu dalam pelestarian lingkungan melalui praktik pertanian yang lebih berkelanjutan.



Gambar 2 . Pertanian Indonesia #2

Buku monograf ini dirancang sebagai panduan komprehensif yang menggabungkan teori dan praktik pengolahan citra digital, dengan fokus khusus pada aplikasinya di bidang pertanian. Dengan mengacu pada studi kasus, penelitian terkini, dan pengembangan aplikasi nyata di lapangan, buku ini bertujuan untuk memberikan wawasan mendalam tentang bagaimana teknologi ini dapat diadaptasi dan diterapkan di Majalengka. Dari pemantauan pertumbuhan tanaman hingga deteksi hama dan penyakit, dari sistem irigasi cerdas hingga pemetaan lahan dan analisis tanah, setiap bab akan membahas potensi aplikasi pengolahan citra digital, sambil menyoroti tantangan dan solusi praktis dalam implementasinya.

Dengan demikian, buku monograf ini tidak hanya ditujukan untuk akademisi, peneliti, dan mahasiswa di bidang teknologi informasi dan pertanian, tetapi juga untuk petani, praktisi pertanian, pembuat kebijakan, dan siapa saja yang tertarik pada masa depan pertanian berkelanjutan di Indonesia. Melalui eksplorasi komprehensif ini, kita diharapkan dapat memahami lebih dalam bagaimana integrasi antara teknologi informasi dan pertanian dapat membawa manfaat nyata bagi

komunitas petani di Majalengka dan membuka jalan bagi pertanian yang lebih inovatif dan berkelanjutan di seluruh Indonesia.

A. Selayang Pandang Pertanian di Indonesia



Gambar 3 . Pertanian Indonesia #3

Bagian penting dari perekonomian yang mencakup berbagai kegiatan terkait produksi berbagai tanaman dan hewan untuk dapat dikonsumsi manusia maupun hewan adalah sector pertanian. Sector pertanian mempunyai ragam variasi dari setiap negara, setiap wilayah dikarenakan dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya factor iklim, sumber daya alam, teknologi serta berbagai kebijakan pemerintahnya termasuk di Negara Indonesia, Provinsi Jawa Barat Kabupaten Majalengka. Sector pertanian dapat dijelaskan pula sebagai system yang dapat menghasilkan produksi ternak dan tanaman termasuk didalamnya komponen social, politik maupun ekonomi. Sektor pertanian mempunyai komponen utama terdiri atas :

- 1) Tanaman pangan yaitu sumber utama kalori bagi manusia mencakup produksi padi, jagung, gandum, kentang,
- 2) Tanaman hortikultura yang dianggap mempunyai nilai ekonomi tinggi dan memerlukan secara spesifik terkait Teknik budidayanya meliputi produksi buah-buahan, sayuran, bunga-bunga, dan tanaman hias,
- 3) Tanaman perkebunan yang mempunyai nilai komoditas tinggi dan dapat ditanam dalam skala besar meliputi komoditas kelapa sawit, karet, teh, kopi, kakao dan tembakau,
- 4) Peternakan meliputi produksi hewan ternak sapi, kambing, domba, ayam serta produk olahan daging, susu, telur,

- 5) Perikanan merupakan sumber protein bagi masyarakat meliputi produksi budidaya ikan kolam, tambak, atau keramba,
- 6) Kehutanan meliputi pengelolaan hutan sebagai produksi kayu, kertas dan produk turunan lainnya dan komponen ini penting pula dalam konservasi dan keanekaragaman hayati.

Sektor pertanian sangat berperan bagi perekonomian diantaranya sebagai penyedia lapangan pekerjaan dimana di negara berkembang, sumber utama lapangan pekerjaannya di bidang ini, berkontribusi terhadap Produk Domestik Bruto (PDB), sebagai sumber bahan baku bagi industri makanan minuman tekstil, farmasi dan bioenergy, serta yang paling utama adalah sebagai pemenuhan ketahanan pangan nasional.



Gambar 4 . Pertanian Indonesia #4

Namun demikian, sektor pertanian saat ini mempunyai berbagai tantangan diantaranya adanya perubahan iklim yang berdampak terhadap pola curah hujan, suhu, frekuensi bencana alam sehingga akan mempengaruhi terhadap produktivitas dan kontinuitas pertanian, degradasi lahan yang dapat mengurangi kesuburan lahan, terjaidnya fluktuasi harga sehingga berdampak terhadap pasar dan akses pasar yang terbatas, kebijakan perdagangan, serta ketersediaan sumber daya air dan lahan. Tantangan tersebut dapat mempengaruhi keberlanjutan pertanian dan kesejahteraan para petani. Menyikapi tantangan ini, sector pertanian harus sudah berdampingan dengan penerapan teknologi dan inovasi. Perkembangan sector pertanian saat ini secara keseluruhan dapat dipandang berada di persimpangan diantara pertanian secara konvensional dan Inovasi yang diperuntukkan dalam memenuhi kebutuhan pangan Global namun

wajib menjaga keberlanjutan dan kelestarian lingkungan sekitar. Apalagi sector pertanian ke depan diprediksi akan semakin erat kaitan dengan teknologi bahkan sudah sangat akan berperan penting dalam perkembangan sector pertanian yaitu teknologi. Pengolahan citra digital salah satu teknologi kunci dalam revolusi sector pertanian saat ini. Pengolahan citra digital akan menjadi perlengkapan dan alat penting pada sector pertanian modern yang dapat membantu para petani dan pelaku pada usaha pertanian dalam melakukan pemantauan, penganalisisan dalam meningkatkan berbagai aspek pertanian. Pengelolaan pertanian melalui pengolahan citra digital dapat menjadikan pertanian secara efisien dan efektif juga akurat sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan dari sektor ini.



Gambar 5 . Pertanian Indonesia #5

Pengolahan citra digital, yang melibatkan penggunaan teknik komputer untuk memproses dan menganalisis citra dari satelit, drone, atau kamera lapangan, telah membuka kemungkinan baru dalam memonitor dan mengelola lahan pertanian dengan cara yang lebih efisien dan akurat. Dari deteksi dini hama dan penyakit hingga pengelolaan sumber daya air dan pemantauan kesehatan tanaman, aplikasi pengolahan citra digital menawarkan berbagai manfaat yang dapat meningkatkan produktivitas, keberlanjutan, dan keuntungan dalam pertanian.

1. Kebutuhan untuk Inovasi Pertanian

Dengan populasi global yang diperkirakan akan mencapai 9,7 miliar pada tahun 2050, sektor pertanian dihadapkan pada tekanan yang semakin meningkat untuk menghasilkan lebih banyak pangan

dari lahan yang terbatas dan sering kali terdegradasi. Selain itu, masalah seperti perubahan iklim dan penggunaan air yang tidak berkelanjutan memperburuk tantangan ini, mendorong kebutuhan akan inovasi dan pendekatan baru dalam pertanian.

Pengolahan citra digital menawarkan solusi untuk beberapa tantangan ini dengan menyediakan alat yang memungkinkan petani dan peneliti untuk mendapatkan insight mendalam tentang kondisi lahan dan tanaman mereka. Teknologi ini memungkinkan deteksi cepat masalah di lapangan, yang pada gilirannya dapat mengurangi kerugian panen, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan meningkatkan keberlanjutan praktik pertanian.

2. Pengolahan Citra Digital: Sebuah Revolusi Teknologi

Pengolahan citra digital dalam pertanian tidak hanya terbatas pada pemantauan tanaman dan deteksi hama atau penyakit. Aplikasinya meluas ke berbagai aspek lain dari manajemen pertanian, termasuk:

1. **Estimasi Hasil Panen:** Teknologi ini memungkinkan petani untuk memprediksi hasil panen dengan lebih akurat, memfasilitasi perencanaan dan pengambilan keputusan yang lebih baik.
2. **Manajemen Sumber Daya Air:** Melalui analisis citra, petani dapat memantau kelembapan tanah dan efisiensi irigasi, memungkinkan penggunaan air yang lebih efisien dan berkelanjutan.
3. **Pemetaan Lahan:** Pengolahan citra digital memungkinkan untuk pemetaan lahan yang akurat dan terperinci, membantu dalam perencanaan penanaman dan rotasi tanaman.

3. Tantangan dan Peluang

Adopsi teknologi pengolahan citra digital dalam pertanian tidak tanpa tantangan. Masalah seperti biaya tinggi peralatan, kebutuhan akan pelatihan dan pengembangan kapasitas, serta ketersediaan teknologi di daerah terpencil, semua merupakan hambatan yang harus diatasi. Namun, dengan pendekatan yang tepat, termasuk kerjasama antara pemerintah, industri, dan komunitas akademis, potensi untuk pengolahan citra digital dalam merevolusi pertanian sangat besar.

Peluang untuk inovasi dan peningkatan dalam pertanian melalui pengolahan citra digital tidak terbatas. Dengan investasi yang tepat dalam penelitian dan pengembangan, serta fokus pada pengembangan

kapasitas dan aksesibilitas teknologi, pengolahan citra digital dapat menjadi kunci untuk memastikan keamanan pangan global dan keberlanjutan pertanian untuk generasi yang akan datang.

4. Pengantar Teknologi Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan bidang ilmu yang memfokuskan pada manipulasi dan analisis gambar menggunakan algoritma komputer. Teknologi ini mengubah gambar menjadi format digital sehingga dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi yang tidak mudah atau bahkan tidak mungkin dilihat dengan mata telanjang. Dalam konteks pertanian, pengolahan citra digital menawarkan berbagai kemungkinan aplikasi yang dapat membantu petani di Majalengka meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan usaha pertanian mereka.

5. Sejarah dan Perkembangan

Pengolahan citra digital telah berkembang pesat sejak diperkenalkannya komputer. Awalnya, teknologi ini digunakan dalam aplikasi militer dan luar angkasa untuk memperbaiki gambar yang diambil oleh satelit atau pesawat terbang. Dengan berjalannya waktu, aplikasinya telah meluas ke berbagai bidang, termasuk kedokteran, keamanan, dan terakhir pertanian. Teknologi ini telah menjadi semakin relevan bagi petani karena kemampuannya untuk memberikan wawasan berharga tentang kondisi tanaman, tanah, dan lingkungan pertanian secara keseluruhan.

a. Awal Mula (1950-an)

Pengolahan citra digital (PCD) berawal pada tahun 1950-an. Salah satu penggunaan awal PCD adalah di Amerika Serikat untuk memperbaiki kualitas gambar pada televisi dan satelit. Tahun 1957 menandai salah satu pencapaian penting dalam sejarah PCD dengan pembuatan citra digital pertama menggunakan komputer di Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Gambar pertama dalam sejarah pengolahan citra digital adalah foto hitam putih yang sederhana dan beresolusi rendah dari anak Russell Kirsch, Walden, yang dibuat pada tahun 1957. Foto ini dihasilkan dengan menggunakan scanner drum berputar yang dikembangkan oleh National Institute of Standards and Technology

(NIST) di Amerika Serikat. Gambar ini menjadi tonggak penting dalam sejarah pengolahan citra digital, meletakkan dasar bagi perkembangan teknologi citra modern. Untuk informasi lebih lanjut dan melihat gambar tersebut, Anda bisa mengunjungi situs web NIST.

b. Era Penjelajahan Luar Angkasa (1960-an)

Pada dekade ini, NASA memainkan peran penting dalam pengembangan PCD. Penggunaan teknik pengolahan citra sangat krusial dalam misi penjelajahan ruang angkasa, terutama untuk meningkatkan kualitas gambar dari permukaan Bulan. Di era ini, algoritma dasar pengolahan citra seperti kontras dan penajaman mulai dikembangkan.

c. Komersialisasi dan Aplikasi Medis (1970-an)

Selama tahun 1970-an, PCD mulai diterapkan dalam bidang medis, terutama untuk pengolahan citra radiologi. Teknik seperti computed tomography (CT) dan magnetic resonance imaging (MRI) bergantung pada PCD. Pada periode ini, PCD mulai komersial dengan tersedianya sistem pengolahan citra pertama untuk penggunaan medis.

d. Revolusi Komputer Pribadi (1980-an)

Dengan munculnya komputer pribadi di tahun 1980-an, PCD menjadi lebih terjangkau dan dapat diakses oleh lebih banyak orang. Pengembangan software pengolahan citra menjadi lebih canggih dengan adanya peningkatan kapasitas komputasi. Di era ini, PCD mulai digunakan dalam berbagai bidang seperti keamanan, industri film, dan penelitian ilmiah.

e. Era Digital dan Internet (1990-an)

Kemajuan di tahun 1990-an ditandai dengan munculnya kamera digital yang membuat PCD lebih mudah diakses oleh publik. Di era ini, internet mulai berkembang, memungkinkan pertukaran citra digital menjadi lebih cepat dan luas. Software pengolahan citra seperti Adobe Photoshop menjadi populer dan digunakan secara luas.

f. Integrasi dengan Pembelajaran Mesin (2000-an)

Di awal abad ke-21, PCD mulai terintegrasi dengan teknologi pembelajaran mesin dan kecerdasan buatan. Teknik-teknik canggih seperti pengenalan wajah dan klasifikasi objek mulai berkembang. Penerapan PCD dalam smartphone juga menjadi tren, dengan adanya aplikasi yang dapat melakukan pengolahan citra secara real-time.

g. Revolusi Pembelajaran Mendalam (2010-an)

Perkembangan teknologi pembelajaran mendalam (deep learning) memberikan dampak besar pada PCD. Algoritma seperti jaringan saraf konvolusional (CNN) menjadi standar dalam tugas-tugas pengenalan pola dan klasifikasi citra. Aplikasi PCD semakin luas, termasuk dalam sistem pengawasan, otomotif, dan hiburan.

h. Kini dan Masa Depan

Di era modern, PCD menjadi bagian integral dari berbagai aspek kehidupan. Teknologi seperti augmented reality (AR), virtual reality (VR), dan pemrosesan citra real-time terus berkembang. Penelitian saat ini fokus pada integrasi PCD dengan teknologi seperti Internet of Things (IoT) dan pengolahan citra quantum. Dengan kemajuan teknologi ini, PCD diharapkan akan terus berkembang dan memiliki dampak yang lebih luas dalam berbagai bidang kehidupan.

Dari awalnya sebagai alat bantu dalam penjelajahan luar angkasa hingga menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari, pengolahan citra digital telah berkembang pesat. Perjalanan ini menunjukkan bagaimana teknologi berkembang sejalan dengan kebutuhan dan kemajuan ilmu pengetahuan. Di masa depan, PCD diharapkan akan terus berkembang dengan menemukan cara-cara baru dalam memahami dan memanipulasi citra digital.

B. Dasar Teori Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital melibatkan beberapa langkah dasar, mulai dari akuisisi gambar, pra-pemrosesan, segmentasi, ekstraksi fitur, hingga klasifikasi. Dalam konteks pertanian, ini bisa berarti mengambil gambar lapangan menggunakan drone atau satelit, mengolah gambar tersebut untuk meningkatkan kualitas atau mengidentifikasi area tertentu, dan menganalisis gambar untuk

mendeteksi keberadaan hama, penyakit, atau untuk memantau tingkat kesehatan dan pertumbuhan tanaman.



Gambar 6. Penggunaan Pengolahan Citra Digital pada Bidang Pertanian

Gambar yang dihasilkan menggambarkan implementasi teknologi pengolahan citra digital di Majalengka, sebuah wilayah dengan mayoritas penduduk bermatapencaharian sebagai petani. Dalam ilustrasi ini, kita melihat seorang petani yang menggunakan drone untuk mengambil gambar udara dari lahan pertaniannya. Drone ini dilengkapi dengan kamera yang mampu menangkap citra detil dari kondisi tanaman, termasuk masalah kesehatan tanaman, area yang terkena hama, atau stres air.

Di samping petani, terdapat sebuah laptop yang menampilkan antarmuka perangkat lunak untuk analisis citra. Layar laptop menunjukkan grafik dan peta digital yang menandai area-area yang memerlukan perhatian khusus di lahan pertanian. Antarmuka ini menganalisis data dari gambar yang diambil drone, memungkinkan petani untuk mengidentifikasi masalah secara lebih akurat dan cepat daripada metode inspeksi visual tradisional.

Latar belakang gambar menunjukkan lahan pertanian yang luas dengan tanaman yang subur, mencerminkan lingkungan alami Majalengka. Langit biru yang cerah menambah kesan positif dan harapan terhadap penggunaan teknologi ini dalam pertanian.

Pengantar teknologi pengolahan citra digital dan implementasinya di Majalengka mencerminkan bagaimana inovasi dapat berkolaborasi dengan metode pertanian tradisional untuk menciptakan praktik pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan memanfaatkan teknologi ini, petani di Majalengka dapat meningkatkan kemampuan mereka dalam memantau kondisi lahan dan tanaman, membuat keputusan berdasarkan data yang akurat, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air dan pupuk. Implementasi teknologi seperti ini tidak hanya berpotensi meningkatkan produktivitas pertanian tetapi juga mendukung upaya pelestarian lingkungan dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

C. Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Bidang Pertanian

Implementasi aplikasi pengolahan citra digital dalam pertanian dapat mencakup berbagai aspek, dari deteksi dini hama dan penyakit hingga optimasi penggunaan sumber daya. Berikut adalah tabel yang menjelaskan beberapa aplikasi utama, teknologi yang digunakan, manfaat, dan tantangan yang mungkin dihadapi.

Tabel 1. Aplikasi Pengolahan Citra Digital

Aplikasi	Teknologi yang Digunakan	Manfaat	Tantangan
Deteksi Hama dan Penyakit	• Drone dengan kamera RGB dan multispectral • AI dan machine learning untuk analisis citra	• Deteksi dini penyakit dan hama • Pengurangan penggunaan pestisida	• Biaya peralatan • Kebutuhan data pelatihan untuk AI
Pemantauan Pertumbuhan Tanaman	• Satelit dan citra drone • Sensor NIR (Near Infrared)	• Memantau kesehatan dan pertumbuhan	• Analisis data yang kompleks • Akses ke

Aplikasi	Teknologi yang Digunakan	Manfaat	Tantangan
		tanaman • Optimalisasi penggunaan pupuk	teknologi
Pemetaan Lahan	• Drone dan satelit dengan kamera resolusi tinggi • GIS (Geographic Information System)	• Pemetaan lahan pertanian secara akurat • Identifikasi penggunaan lahan	• Keterampilan teknis GIS • Manajemen data besar
Sistem Irigasi Cerdas	• Citra multispektra • Sensor kelembaban tanah	• Efisiensi penggunaan air • Penyesuaian irigasi berdasarkan kondisi tanah	• Instalasi sistem sensor • Biaya pemeliharaan
Analisis Tanah	• Spektroskopi inframerah • Analisis citra untuk komposisi tanah	• Deteksi nutrisi dan pH tanah • Rekomendasi pemupukan spesifik	• Akurasi spectrometer • Interpretasi data spektral
Estimasi Hasil Panen	• Citra satelit dan drone • Model prediktif AI	• Prediksi hasil panen lebih akurat • Perencanaan distribusi lebih baik	• Variabilitas kondisi lapangan • Kebutuhan data historis

Implementasi aplikasi pengolahan citra digital dalam pertanian membawa potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas,

dan keberlanjutan sektor pertanian. Meskipun terdapat tantangan, terutama terkait biaya, kebutuhan akan data pelatihan yang besar, dan keterampilan teknis, manfaat yang ditawarkan membuat investasi ini berharga. Dengan pendekatan yang tepat, termasuk pelatihan petani dan dukungan dari sektor publik dan swasta, aplikasi ini dapat diintegrasikan secara efektif dalam praktik pertanian di Majalengka dan wilayah lain.

D. Contoh Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Bidang Pertanian

Tanaman sachu inchi merupakan tanaman yang berpotensi untuk dikembangkan secara ekonomi hal ini dikarenakan sebagai sumber makanan bergizi tinggi dan mempunyai manfaat untuk kesehatan (Denny M, et al, 2021). Pengembangan tanaman sachu inchi masih memerlukan kajian yang optimal terkait kestabilan produktivitas dan hasil panen, melalui pengolahan citra digital dibuat rancangan atau formulasi khusus peningkatan produktivitas melalui perlakuan jenis pupuk dengan berbasis Internet Of Things (IoT). Dalam peningkatan produktivitas tanaman sachu inchi ini dibuat rangkaian alat berupa pemasangan alat elektronik dengan sensor yang diberikan knowledge sesuai fungsinya yaitu kelembaban tanah, unsur hara, tempratur untuk mengoptimalkan efektifitas perlakuan pupuk.



Gambar 7. Sensor dan Alat Pendukung untuk Pengembangan Sachu Inchi



Gambar 8. Pemasangan alat pendukung di lapangan untuk sensor otomatis dan monitoring dalam peningkatan efektivitas pengembangan tanaman sachu inchi

Contoh kedua adalah Tanaman rosella, juga dikenal sebagai *Hibiscus sabdariffa*, adalah tanaman penghasil serat yang memiliki banyak manfaat kesehatan. Karena banyak manfaatnya, banyak petani yang tertarik untuk membudidayakannya. Namun, serangan hama sering terjadi pada tanaman rosella selama proses budidaya, yang dapat menyebabkan kegagalan panen atau penurunan hasil. Kutu daun (*Aphididae*), lalat putih (*Bemisia spp.*), kutu tanah (*Oxycarenus spp.*), dan kutu kebul hibiscus (*Maconellicoccus hirsutus*) adalah beberapa hama yang rentan menyerang rosella.



Gambar 9. Tim Peneliti bersama Petani Rosella

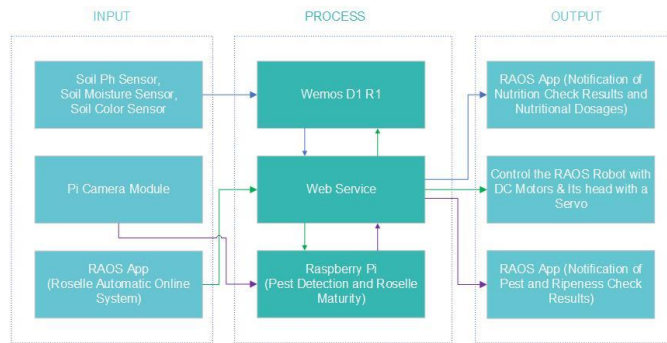
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem yang dapat mendeteksi hama pada tanaman rosella untuk mengurangi kemungkinan kegagalan panen. Sistem ini akan menggunakan metode

thresholding, yang merupakan teknik pengolahan gambar digital, yang terhubung ke internet dengan aplikasi media informasi dan template matching untuk menemukan dan mengklasifikasikan hama pada tanaman rosella. Diharapkan sistem ini akan membantu petani mengawasi dan menangani serangan hama dengan lebih baik.



Gambar 10. Kebun Rosella

Dimulai dengan studi lapangan di Desa Cikondang, Kecamatan Cikijing, Kabupaten Majalengka, Jawa Barat, penelitian ini mengidentifikasi masalah dalam budidaya tanaman rosella. Proses budidaya rosella diamati langsung melalui observasi. Ini termasuk penyemaian benih, penyiraman, penetralan pH tanah, pemupukan ulang, dan panen. Sri Fatimah dari Universitas Padjadjaran adalah salah satu penulis yang memulai program pengabdian masyarakatnya dengan menanam bunga rosella di Desa Cikondang. Analisis kebutuhan dilakukan setelah masalah ditemukan. Ini termasuk analisis fungsional, analisis pengguna, analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak, dan analisis proses dengan metode thresholding. Selanjutnya, desain perangkat lunak dan perangkat keras disusun dalam bentuk cetak biru untuk mendeteksi hama pada tanaman rosella.



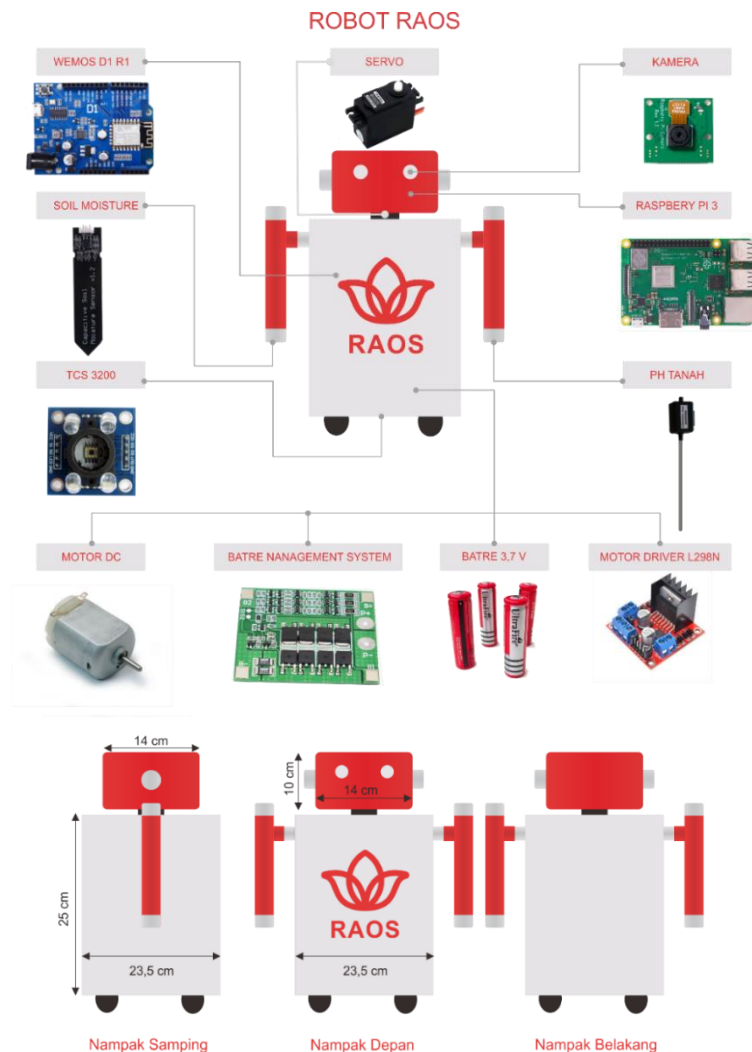
Gambar 11. Arsitektur Sistem

Proses desain sistem mencakup pembuatan perangkat lunak dan perangkat keras. Perangkat lunak dirancang untuk diterapkan pada Raspberry Pi untuk mengembangkan sistem deteksi dan klasifikasi hama dengan menggunakan Raspberry Pi3 dan modul PiCamera. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Python, dan perpustakaan OpenCV digunakan untuk memproses gambar yang diambil oleh kamera pada Raspberry Pi.



Gambar 12. Alat Pendeteksi Hama Rosella Pada Robot RAOS

Sistem diuji pada tanaman rosella yang dibudidayakan oleh petani di Desa Cikondang. Dua belas uji coba dilakukan untuk menemukan hama dan lubang pada tanaman rosella; dari dua belas uji coba tersebut, sembilan berhasil dan tiga gagal, yang menghasilkan akurasi deteksi sebesar 75%. Pencahayaan dan kualitas kamera juga memengaruhi proses deteksi.



Gambar 13. Desain Hardware

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem embedded berbasis pemrograman Python berhasil dibangun untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan hama pada tanaman rosella. Teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan komunikasi data jarak jauh. Dengan tingkat akurasi 75%, metode thresholding adalah metode utama untuk mendeteksi hama pada tanaman rosella. Selain itu, sistem ini dapat merespons permintaan dengan mengirimkan notifikasi ke smartphone petani secara real-time mengenai hasil deteksi. Penelitian lanjutan mencakup integrasi seluruh sistem pemeliharaan tanaman rosella dengan melengkapi fitur canggih seperti deteksi kelembaban tanah dan proses pemeliharaan tanaman secara keseluruhan.



Gambar 14. Hasil Penelitian

Manfaat Penelitian

1. Merancang alat deteksi dan klasifikasi hama pada tanaman rosella dengan menerapkan metode thresholding untuk mengurangi risiko kesalahan dalam proses penanganan atau pencegahan hama.
2. Menerapkan teknologi notifikasi real-time pada sistem yang terintegrasi dengan alat deteksi dan klasifikasi hama sehingga petani dapat memperoleh informasi tentang deteksi hama lebih cepat dengan menggunakan teknologi Internet of Things.
3. Merancang sistem yang mampu mengintegrasikan (embedded) alat deteksi dan klasifikasi hama dengan tanaman rosella.

E. Kerangka Konseptual

1. Pengertian pengolahan citra digital dan pertanian

Pengolahan citra digital dalam konteks pertanian merupakan penerapan teknik dan metode komputasi untuk mengolah, menganalisis, dan memanfaatkan citra yang diperoleh dari berbagai sumber seperti satelit, drone, atau kamera terestrial untuk mendukung dan meningkatkan praktik pertanian. Konvergensi antara pengolahan citra digital dan pertanian membuka peluang besar untuk inovasi dan efisiensi, memungkinkan petani dan pengelola lahan untuk membuat keputusan berdasarkan data yang lebih akurat dan tepat waktu.

2. Pengertian Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital adalah cabang dari ilmu komputer yang berkaitan dengan manipulasi dan analisis gambar digital dengan tujuan

untuk memperbaiki kualitas gambar, mengekstrak informasi penting, atau mengubah gambar menjadi format yang lebih berguna dan informatif. Proses ini melibatkan serangkaian operasi yang dapat mencakup pengurangan noise, peningkatan kontras, segmentasi gambar, deteksi tepi, pengklasifikasian objek, dan analisis fitur. Dalam pengolahan citra digital, gambar diinterpretasikan sebagai array dua dimensi dari piksel, di mana setiap piksel menyimpan nilai intensitas atau warna.

3. Pertanian dan Kebutuhan akan Inovasi

Pertanian adalah praktik yang berusia ribuan tahun, yang bertujuan untuk memproduksi makanan, serat, dan produk lain yang diperlukan untuk kehidupan sehari-hari. Di era modern, tantangan seperti pertumbuhan populasi, perubahan iklim, dan pengurangan lahan subur menuntut peningkatan efisiensi dan keberlanjutan dalam praktik pertanian. Inovasi teknologi, termasuk pengolahan citra digital, memberikan solusi untuk menghadapi tantangan ini dengan memungkinkan pemantauan yang lebih baik terhadap kondisi tanaman dan lahan, pengelolaan sumber daya yang lebih efektif, dan deteksi dini masalah yang mungkin mempengaruhi hasil panen.

4. Aplikasi Pengolahan Citra Digital dalam Pertanian

Pengolahan citra digital memiliki beragam aplikasi dalam pertanian, yang dapat dikategorikan menjadi beberapa area utama:

- a. **Pemantauan dan Analisis Kesehatan Tanaman:** Melalui ekstraksi indeks vegetasi dari citra satelit atau drone, petani dapat memantau kesehatan tanaman dan mengidentifikasi area yang mengalami stres atau serangan penyakit. Ini memungkinkan intervensi tepat waktu untuk mencegah kerugian panen.
- b. **Estimasi Hasil Panen:** Analisis citra dapat membantu dalam memprediksi hasil panen dengan mengukur area tanam, kepadatan tanaman, dan indikator kesehatan tanaman lainnya, memungkinkan perencanaan yang lebih baik untuk panen dan distribusi.
- c. **Manajemen Sumber Daya Air:** Penggunaan citra termal dan multispektral dapat mendeteksi variasi kelembapan tanah,

membantu petani dalam mengoptimalkan irigasi dan mengurangi penggunaan air.

- d. Deteksi dan Pengelolaan Hama dan Penyakit: Teknologi pengolahan citra memungkinkan deteksi dini serangan hama atau penyakit tanaman, memfasilitasi pengelolaan yang efektif untuk meminimalisir dampak terhadap produksi.
- e. Pemetaan Lahan dan Pengelolaan Lahan: Citra satelit dan drone dapat digunakan untuk membuat peta lahan yang detail, membantu dalam perencanaan penggunaan lahan, identifikasi batas lahan, dan pengelolaan lahan secara berkelanjutan.

Integrasi antara pengolahan citra digital dan pertanian mewakili salah satu area paling menjanjikan untuk inovasi dalam sektor agrikultur. Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi ini, pertanian dapat menjadi lebih presisi, efisien, dan berkelanjutan, memenuhi kebutuhan masyarakat modern sambil menghadapi tantangan lingkungan dan sosial. Pengembangan dan adopsi teknologi pengolahan citra digital dalam pertanian terus berkembang, menjanjikan perbaikan yang signifikan dalam cara kita mengelola produksi pangan dan sumber daya alam.

F. Hubungan antara pengolahan citra digital dan pertanian

Hubungan antara pengolahan citra digital dan pertanian adalah sinergi yang mendasar antara teknologi informasi dan praktek budidaya tanaman, yang bersama-sama membentuk fondasi dari apa yang kini dikenal sebagai pertanian presisi. Dalam dekade terakhir, integrasi pengolahan citra digital ke dalam sektor pertanian telah merevolusi cara petani memantau, mengelola, dan membuat keputusan terkait dengan lahan dan tanaman mereka. Hubungan ini didasarkan pada aplikasi teknologi pengolahan citra untuk memecahkan masalah praktis dalam pertanian, menyediakan solusi yang efisien untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan. Pengolahan citra digital untuk pertanian dapat diterapkan untuk aktivitas diantaranya :

1. Pemantauan Tanaman dan Lahan
2. Manajemen Sumber Daya
3. Estimasi Hasil Panen
4. Pemetaan Lahan dan Pengelolaan Lahan

5. Deteksi dan Pengelolaan Hama dan Penyakit

Hubungan antara pengolahan citra digital dan pertanian adalah contoh klasik dari bagaimana teknologi dapat dimanfaatkan untuk memecahkan masalah dunia nyata dan meningkatkan kehidupan manusia. Melalui aplikasi teknologi pengolahan citra, pertanian presisi tidak hanya menjadi konsep tetapi praktik nyata yang meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan dalam pertanian. Dengan terus berkembangnya teknologi pengolahan citra dan algoritma analisis, potensi untuk inovasi lebih lanjut dalam pertanian sangat besar, menjanjikan masa depan yang lebih cerah bagi petani dan keamanan pangan global.

G. Ruang lingkup aplikasi pengolahan citra digital dalam pertanian

Ruang lingkup aplikasi pengolahan citra digital dalam pertanian sangat luas, mencakup berbagai aspek dari pemantauan kondisi tanah dan tanaman hingga manajemen sumber daya dan prediksi hasil panen. Kemajuan teknologi ini telah membuka jalan bagi pertanian presisi, memungkinkan petani untuk mengoptimalkan praktik mereka berdasarkan data dan analisis yang akurat. Berikut ini adalah beberapa area utama di mana pengolahan citra digital memainkan peran penting dalam pertanian modern :

1. Pemantauan Kesehatan Tanaman
2. Deteksi dan Manajemen Hama dan Penyakit
3. Estimasi Hasil Panen
4. Manajemen Sumber Daya Air
5. Pemetaan Lahan dan Analisis Penggunaan Lahan
6. Pengelolaan Nutrisi Tanaman
7. Integrasi dengan Sistem Pertanian Cerdas