

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padi merupakan salah satu tanaman budidaya terpenting dalam peradaban manusia, tanaman padi juga merupakan sumber karbohidrat utama bagi mayoritas penduduk dunia setelah sereal, jagung dan gandum (*Food and Agriculture Organization*, 2018). Berdasarkan laporan di atas menunjukan tingginya vitalitas tanaman padi terhadap keberlangsungan peradaban penduduk dunia, tidak terlepas dengan Indonesia yang mayoritas penduduknya bergantung pada tanaman padi sebagai sumber pangan utama sehari-hari. Maka dari itu tanaman padi menjadi salah satu komoditas penting dan mempunyai nilai strategis bagi masyarakat Indonesia. Swasembada beras menjadi sasaran utama di dalam kebijakan pangan nasional ditandai dengan penerapan berbagai kebijakan peningkatan produksi padi. Menurut Atekan (2009), ketersediaan beras dalam jumlah yang cukup menjadi tuntutan untuk memberikan jaminan terhadap ketahanan pangan dan stabilitas keamanan. Oleh karena itu beras selalu di tempatkan sebagai komoditas utama dalam penyusunan konsep dan implementasi kebijakan perekonomian Indonesia. Besarnya perhatian pemerintah terhadap pangan beras ini dapat di simak juga dari kebijakan penetapan sasaran tambahan produksi beras minimal 2 juta ton pada tahun 2007, karena strategisnya komoditas ini bagi kehidupan ekonomi dan politik Indonesia, pemerintah menetapkan suatu peraturan dalam bentuk instruksi presiden RI (Inpres) No. 3 tahun 2007 tentang Kebijakan Perberasan (Kementrian Sekretaris Negara, 2007).

Menurut laporan monitor *Food and Agriculture Organization* (2015), menunjukan Indonesia sebagai negara peringkat ke 3 di dunia dengan produksi beras tertinggi setelah Negara Cina dan Negara India. Berdasarkan laporan tersebut Indonesia berada pada posisi ke tiga dengan tingkat produksi 70,8 ton setelah India dengan tingkat produksi 152,8 juta ton dan Cina dengan tingkat produksi 206,5 juta ton pada tahun 2015. Tingginya produksi beras berbanding

lurus dengan tingkat konsumsi beras nasional dengan tingkat 102 kg/kapita/tahun dibandingkan dengan konsumsi dunia hanya sekitar 60 kg/kapita/tahun (Sari, 2015). Dengan ini Indonesia berpotensi sebagai lumbung padi global dengan terus meningkatkan upaya kebijakan pemerintah dan berbagai lapisan ataupun unsur terkait baik pemerintah maupun non pemerintah.

Tabel 1. Peningkat Penghasil Beras Dunia.

NO.	NEGARA	PRODUKSI (JUTA TON)	EKSPOR (JUTA TON)	IMPOR (JUTA TON)
1	Cina	206,5	0,4	2,5
2	India	153,8	11,5	0
3	Indonesia	70,8	0	1
4	Bangladesh	52,4	6,5	0
5	Vietnam	45	6,5	0
6	Thailand	34,3	11	0
7	Myanmar	28,9	0,7	0
8	Filipina	18,9	0	1,9
9	Brasil	12,1	0,8	0,6
10	Jepang	10,5	0	0,7

Sumber : *Food and Agriculture Organization* (2015).

Tingginya nilai produksi beras nasional tidak terlepas dari daerah di Indonesia yang memiliki produktivitas tinggi, salah satunya Kabupaten Sukoharjo yang mana menjadi kabupaten dengan produktivitas tanaman padi tertinggi di Provinsi Jawa Tengah dengan tingkat produktivitas sebesar 74,66 Kw/Ha. Oleh karena itu Kabupaten Sukoharjo menjadi salah satu determinan swasembada beras nasional dengan tidak lupa mengadopsi berbagai upaya pemerintah dalam melakukan kebijakan ketahanan pangan nasional. Upaya untuk mendukung peningkatan produksi padi guna menunjang ketersediaan/swasembada beras telah banyak dilakukan melalui berbagai program diantaranya pengembangan teknologi budidaya, pemupukan dan pengaturan irigasi. Walaupun program ini cukup signifikan meningkatkan produksi, namun sampai

saat ini Indonesia belum mampu mengulang sejarah swasembada beras sebagaimana tahun 1984 dan 2005.

Tabel 2. Produktivitas Padi Jawa Tengah Menurut Kabupaten.

No	Kabupaten/Kota	Produktivitas (kw/ha)	No	Kabupaten/Kota	Produktivitas (kw/ha)
Kabupaten			Kabupaten		
1	Cilacap	58,55	19	Kudus	61,62
2	Banyumas	53,49	20	Jepara	55,36
3	Purbalingga	53,96	21	Demak	65,17
4	Banjarnegara	57,28	22	Semarang	56,83
5	Kebumen	55,53	23	Temanggung	60,59
6	Purworejo	53,73	24	Kendal	53,05
7	Wonosobo	51,74	25	Batang	48,63
8	Magelang	58,48	26	Pekalongan	45,40
9	Boyolali	53,24	27	Pemalang	50,27
10	Klaten	50,83	28	Tegal	56,88
11	Sukoharjo	74,66	29	Brebes	55,60
12	Wonogiri	60,71	Kota		
13	Karanganyar	62,61	1	Magelang	52,34
14	Sragen	63,67	2	Surakarta	58,38
15	Grobogan	62,46	3	Salatiga	60,95
16	Blora	56,54	4	Semarang	47,65
17	Rembang	48,83	5	Pekalongan	58,68
18	Pati	58,04	6	Tegal	54,37

Sumber: Badan Pusat Statistik (2018).

Ketersediaan data yang akurat tepat dan mutakhir sangat terkait dengan setiap kebijakan yang di ambil. Setiap tahunnya pemerintah senantiasa melakukan estimasi produksi padi untuk mengantisipasi kebutuhan beras bagi penduduk, estimasi produksi padi di lakukan oleh berbagai instansi diantara lain Dirjen Bina Produksi Tanaman Pangan dan Hortikula Kementerian Pertanian, BULOG (Badan Urusan Logistik) dan BPS (Badan Pusat Statistik). Di dalam estimasi produksi tersebut masing-masing instansi melakukannya sesuai tupoksi

dan kepentingan instansinya masing-masing, sehingga parameter dan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan produksi padi juga berbeda. Kementerian Pertanian memperkirakan produksi padi dengan mempertimbangkan parameter luas area tanam/panen dan jumlah benih yang disebar petani. Perhitungan produksi dengan memanfaatkan struktur kelembagaan di bawahnya yaitu Mantri Tani, Penyuluh Pertanian dan Informasi Luas baku sawah dari BPS (Badan Pusat Statistik). BULOG (Badan Urusan Logistik) memperkirakan produksi padi menggunakan pendekatan ekonometrik, dan pemanfaatan data sekunder. Parameter yang di gunakan adalah luas areal panen, produksi, curah hujan dan harga. Informasinya di sajikan percatur wulan. Parameter luas areal panen dan produksi padi per hektar di gunakan pula oleh Badan Pusat Statistik (BPS) dalam memperkirakan produksi padi, bedanya data yang di gunakan adalah data primer yang di himpun dari lapangan di setiap Kecamatan berdasarkan hasil ubinan secara acak terpilih (Wahyunto *et al.*, 2006).

Mengingat pendekatan yang digunakan antar instasi tidak sama, maka informasi yang dihasilkan juga berbeda maka hal ini akan menyulitkan pengguna informasi untuk memanfaatkanya, juga berpengaruh pada efektivitas kebijakan produksi padi ke depan terlebih kurangnya pertimbangan terhadap fase tumbuh tanaman padi dimana hal ini dapat mempengaruhi kualitas estimasi secara menyeluruh, pendekatan kajian dan analisis yang di lakukan masing-masing instansi hanya mencakup wilayah administrasi yang terbatas/spesifik lokal. Sementara tingkat akurasi pendugaan sangat tergantung pada kelengkapan data di lapangan dan untuk itu membutuhkan waktu yang relatif lama, tenaga banyak, biaya besar dan juga kurang mampu menjawab persoalan spasial.

Berkaitan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta tuntutan penyediaan data yang cepat dan akurat, salah satu alternatif yang bisa dimanfaatkan adalah menggunakan teknologi penginderaan jauh/citra satelit. Penginderaan jauh yang mengindera permukaan bumi secara temporal dan mencakup seluruh luasan mampu memonitor kondisi fisik tanaman padi (Kustiyo, 2003). Pendekatan ini mempunyai keunggulan dalam hal kecepatan

penyediaan informasi, akurat, kontinuitas data spasial, periodik, lebih mudah, dan objektif, serta mencakup wilayah yang luas termasuk daerah yang jauh dan terpencil dengan demikian dapat mengurangi kegiatan lapangan dan biaya yang diperlukan (Suryana, 2007). Salah satu informasi yang bisa di peroleh dari data citra satelit yang mempunyai hubungan dengan produksi padi sawah adalah tingkat kehijauan tanaman (*greenness*) yang di peroleh berdasarkan analisis indeks vegetasi dan dapat memperkirakan produksi tanaman padi berdasarkan fase tumbuhnya. Sedangkan untuk mendapatkan nilai produktivitas maka dilakukan estimasi berdasarkan data deret waktu produktivitas minimal selama 30 tahun terakhir menggunakan model estimasi ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), model ini dapat dijadikan alternatif karena menggunakan pendekatan analisis statistik deret waktu yang didasarkan pada stasioneritas data untuk estimasi jangka waktu pendek kedepan, sehingga sangat sesuai diterapkan untuk mengestimasi produktivitas tanaman padi mengingat data deret waktu produktivitas padi cukup stasioner karena hasil proporsional antara produksi dan luas serta Estimasi yang diterapkan tidak lebih dari satu tahun kedepan. Mengintegrasikan teknologi penginderaan jauh menggunakan citra satelit Landsat 8 untuk mengidentifikasi fase tumbuh dengan model Estimasi ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) untuk melakukan estimasi produktivitas padi, diharapkan mampu memberikan solusi dan kemudahan dalam pemantauan secara berulang dan kontinyu dengan cakupan wilayah yang luas.

Perkembangan zaman dewasa ini mencapai pada Era Indutri 4.0 dimana aspek kehidupan dituntut pada tren otomasi dan pertukaran data terkini dengan teknologi yang interaktif (Kagermann, 2013). Hal ini turut memacu pemerintah dalam menentukan kebijakan publikasi data. Namun beberapa instansi pemerintah cenderung belum bersikap serius pada realitas zaman, terbukti pada data yang di publikasi terkait produksi padi masi bersifat data tekstual saja, portal yang tersedia seperti SIMOTANDI (Sistem Informasi Monitoring Pertanaman Padi) yang di kelola oleh Kementrian Pertanian hanya bersifat monitoring fase pertanaman saja belum sampai pada estimasi produksi. Untuk menjawab

persoalan-persoalan di atas, terdapat berbagai alternatif salah satunya memanfaatkan teknologi Sistem Informasi Geografis berbasis Web dengan memberikan informasi estimasi produksi. Sehingga diharapkan akan menghasilkan ramalan produksi padi yang lebih objektif, akurat, dan mudah dimanfaatkan secara luas. Berdasarkan latar belakang di atas maka dilakukan penelitian dengan judul **“Analisis Estimasi Produksi Padi Berdasarkan Fase Tumbuh Dan Model Estimasi Arima (*Autoregressive Integrated Moving Average*) Menggunakan Citra Landsat 8 Di Kabupaten Sukoharjo Dengan Visualisasi *Web-GIS*”**.

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas maka dapat di rumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana estimasi persebaran luas panen tanaman padi berdasarkan fase tumbuh menggunakan Citra Landsat 8 di Kabupaten Sukoharjo ?
2. Bagaimana estimasi produktivitas tanaman padi di Kabupaten Sukoharjo pada tahun 2019 berdasarkan model Estimasi ARIMA ?
3. Bagaimana estimasi persebaran dan produksi padi divisualisasikan dengan *Web-GIS* agar dapat diakses secara luas ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis persebaran luas panen tanaman padi berdasarkan fase tumbuh menggunakan Citra Landsat 8 di Kabupaten Sukoharjo.
2. Menganalisis estimasi produktivitas tanaman padi di Kabupaten Sukoharjo berdasarkan model ARIMA.
3. Memvisualisasikan persebaran dan estimasi produksi tanaman padi di Kabupaten Sukoharjo dengan menggunakan *Web-GIS*

1.4 Kegunaan Penelitian

1. Menjadi bahan pertimbangan pemerintah daerah maupun pusat dalam menghadapi isu ketahanan pangan dan lingkungan.
2. Sebagai bukti langkah konkrit mahasiswa tanggap terhadap isu ketahanan pangan daerah dan nasional.
3. Memperkaya pustaka dalam kajian tanaman pangan di kalangan akademisi maupun praktisi.
4. Memperkaya pustaka ilmiah Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Menjadi alat bantu navigasi bagi petani maupun kelompok tani untuk memonitoring sawah.
6. Menjadi bahan pertimbangan kelompok tani untuk memulai masa tanam pada *Subround* selanjutnya.

1.5 Telaah Pustaka Dan Penelitian Sebelumnya

1.5.1 Tanaman Padi

Tanaman Padi dengan nama latin *Oryza Sativa* merupakan tanaman pangan berupa rumput berumpun, tanaman pertanian kuno ini berasal dari dua benua yaitu Asia dan Afrika Barat tropis dan subtropis. Bukti sejarah memperlihatkan bahwa penanaman padi di Zhejiang (Cina) sudah dimulai pada 3.000 tahun SM. Fosil butir padi dan gabah ditemukan di Hastinapur Uttar Pradesh India sekitar 100-800 SM. Selain Cina dan India, beberapa wilayah asal padi adalah, Bangladesh Utara, Burma, Thailand, Laos, Vietnam. Tanaman padi memiliki morfologi berbatang bulat dan berongga yang disebut jerami. Daunnya memanjang dengan ruas searah batang daun. Pada batang utama dan anakan membentuk rumpun pada fase vegetatif dan membentuk malai pada fase generatif dan membentuk malai pada fase produktif. Akarnya serabut yang terletak pada kedalaman 20-30 cm. Malai padi terdiri dari sekumpulan bunga padi yang timbul dari buku paling atas. Bunga padi terdiri dari tangkai bunga, kelopak bunga *lemma* (gabah padi

yang besar), palae (gabah padi yang kecil, putik, kepala putik, tangkai sari, kepala sari, dan Bulu (*awu*) pada ujung *lemma* (Humaerah, 2013).

Akar tanaman padi berfungsi menyerap air dan zat – zat makanan dari dalam tanah terdiri dari: 1) Akar tunggang yaitu akar yang tumbuh pada saat benih berkecambah, 2) Akar serabut yaitu akar yang tumbuh dari akar tunggang setelah tanaman berumur 5 – 6 hari (Humaerah, 2013). Ciri khas daun tanaman padi yaitu adanya sisik dan telinga daun, hal ini yang menyebabkan daun tanaman padi dapat dibedakan dari jenis rumput yang lain. Adapun bagian daun padi yaitu: 1) Helaian daun terletak pada batang padi, bentuk memanjang seperti pita, 2) Pelepah daun menyelubungi batang yang berfungsi memberi dukungan pada ruas bagian jaringan, 3) Lidah daun terletak pada perbatasan antara helaian daun dan leher daun (Humaerah, 2013). Perkecambahan adalah munculnya tunas (tanaman kecil dari biji). Embrio yang merupakan calon individu baru terdapat di dalam benih. Jika suatu benih tanaman ditempatkan pada lingkungan yang menunjang dan memadai, benih tersebut akan berkecambah.

Tanaman padi biasanya memerlukan waktu 3-4 bulan untuk tumbuh mulai dari pembenihan sampai dengan panen, tergantung dari jenis varietas padi dan kondisi tempat tanaman padi tumbuh. Pada periode tumbuh tersebut tanaman padi melalui beberapa tahap pertumbuhan, Pertumbuhan tanaman padi dibagi ke dalam tiga fase (Sajiwo, 2017) yaitu:

Vegetatif (awal pertumbuhan sampai pembentukan malai).

- a. Tahap 0 : berkecambah sampai muncul kepermukaan. Benih biasanya dikecambahkan melalui perendaman selama 24 jam dan diinkubasi juga selama 24 jam. Setelah berkecambah bakal akar dan tunas menonjol keluar menembus kulit gabah. Pada hari ke 2 atau ke 3 setelah benih disebar dipesemaian, daun pertama menembus keluar melalui koleoptil. Akhir tahap 0 memperlihatkan daun pertama yang muncul masih melengkung dan bakal akar memanjang.

b. Tahap 1 Pertunasan

Tahap pertunasan mulai benih berkecambah sampai dengan sebelum anakan pertama muncul. Selama tahap ini, akar seminal dan lima daun terbentuk, sementara tunas terus tumbuh, dua daun lagi terbentuk. Daun terus berkembang pada kecepatan satu daun setiap 3 sampai 4 hari selama tahap awal pertumbuhan. Kemunculan akar sekunder membentuk sistem perakaran serabut permanen dengan cepat menggantikan *radicula* dan akar seminal sementara. Bibit umur 18 hari siap untuk di tanam pindah bibit memiliki 5 daun dan sistem perakaran yang berkembang dengan cepat.

c. Tahap 2 Anakan

Tahap ini berlangsung sejak munculnya anakan pertama sampai pembentukan anakan maksimum tercapai. Anakan muncul dari tunasaksial (*axillary*) pada buku batang dan menggantikan tempat daun serta tumbuh dan berkembang. Setelah tumbuh, anakan pertama memunculkan anakan sekunder. Ini terjadi pada 30 hari setelah pindah tanam. Selain sejumlah anakan primer dan sekunder, anakan tertier tumbuh dari anakan sekunder seiring pertumbuhan tanaman yang bertambah panjang dan besar. Pada tahap ini, anakan terus bertambah sampai pada titik dimana sukar dipisahkan dari batang utama. Anakan terus berkembang sampai tanaman memasuki tahap pertumbuhan berikutnya yaitu pemanjangan batang.

d. Tahap 3 Pemanjangan Batang

Tahapan ini terjadi sebelum pembentukan malai atau terjadi pada tahap akhir pembentukan anakan. Oleh karenanya bisa terjadi tumpang tindih dari tahap 2 dan 3. anakan terus meningkat dalam jumlah dan tingginya. Periode waktu pertumbuhan berkaitan nyata dengan memanjangnya batang. Batang lebih panjang pada varietas yang jangka waktu pertumbuhannya lebih panjang. Anakan maksimum, memanjangnya batang, dan pembentukan malai terjadi nyaris simultan

pada varietas umur genjah (105 – 120 hari). Pada varietas umur dalam (150 hari), terdapat yang disebut lagi periode vegetatif dimana anakan maksimum terjadi. Hal ini diikuti oleh memanjangnya batang (internode), dan akhirnya sampai ke tahap pembentukan malai.

Reproduksi (pembentukan malai sampai pembungaaan).

a. Tahap 4 Pembentukan Malai Sampai Bunting

Inisiasi primordia malai pada ujung tunas tumbuh menandai mulainya fase reproduksi. Primordia mulai menjadi kasat mata pada sekitar 10 hari setelah inisiasi. Pada tahap ini, tiga daun masih akan muncul sebelum malai pada akhirnya timbul ke permukaan. Pada varietas genjah, malai terlihat berupa kerucut berbulu putih panjang 1,0 sampai 1,5 mm muncul pada ruas buku utama, kemudian pada anakan dengan pola tidak teratur. Dapat terlihat dengan membelah batang. Saat malai terus berkembang bulir terlihat dan dapat dibedakan. Malai muda meningkat dalam ukuran dan berkembang ke atas di dalam pelepah daun bendera menyebabkan pelepah daun menggebung.

b. Tahap 5 Keluar Malai

Tahap keluar malai ditandai dengan kemunculan ujung malai dari pelepah daun bendera. Malai terus berkembang sampai keluar seutuhnya dari pelepah daun.

c. Tahap 6 Pembungaan

Tahap pembungaan dimulai ketika serbuk sari menonjol keluar dari bulir dan terjadi proses pembuahan. Pada pembungaan, kelopak bunga terbuka, antera menyembul keluar dari kelopak bunga karena pemanjangan stamen dan serbuk sari tumpah. Kelopak bunga kemudian menutup. Serbuk sari jatuh ke putik, sehingga terjadi pembuahan. Struktur pistil berbulu dimana *tube* tepung sari dari serbuk sari yang muncul akan mengembang ke ovari. Proses pembungaan berlanjut sampai hampir semua spikelet pada malai mekar. Pembungaan terjadi

sehari setelah keluarnya malai. Pada umumnya kelopak bunga membuka pada pagi hari. Semua spikelet pada malai membuka dalam 7 hari. Pada pembungaan, 3 sampai 5 daun masih aktif.

Pematangan (pembungaan sampai gabah matang).

a. Tahap 7 Gabah Matang Susu

Pada tahap ini, gabah mulai terisi dengan cairan serupa susu. Gabah mulai terisi dengan larutan putih susu, dapat dikeluarkan dengan menekan/ menjepit gabah di antara dua jari. Malai hijau dan mulai merunduk. Pelayuan (*senescense*) pada dasar anakan berlanjut. Daun bendera dan daun dua daun di bawahnya tetap hijau.

b. Tahap 8 Gabah Setengah Matang.

Pada tahap ini, isi gabah yang menyerupai susu berubah menjadi gumpalan lunak dan akhirnya mengeras. Gabah pada malai mulai menguning. Pelayuan (*senescense*) dari anakan dan daun dibagian dasar tanaman nampak semakin jelas. Pertanaman kelihatan menguning. Seiring menguningnya malai, ujung dua daun terakhir pada setiap anakan mulai mengering.

c. Tahap 9 Gabah Matang Penuh

Setiap gabah matang, berkembang penuh, keras dan berwarna kuning. Daun bagian atas mongering dengan cepat (daun dari sebagian varietas ada yang tetap hijau). Sejumlah daun yang mati terakumulasi pada bagian dasar tanaman.

Adapun menurut *International Rice Research Institute* (IRRI) Philipina tahap pertumbuhan dapat dikelompokkan menjadi 3 tahap utama yaitu: vegetatif, reproduktif dan pemasakan. Masing-masing tahap utama dibagi menjadi beberapa kelompok lagi seperti berikut:

Tabel 3. Fase Tumbuh Tanaman Padi Berdasarkan Perkembangan Fisik.

Tahap Pertumbuhan	Tahapan Fase Tumbuh	Keterangan
Vegetatif	1. Pertunasan , bibit yang baru ditanam pada lahan yang sudah diolah	
	2. Pembentukan Anakan yaitu bibit padi mulai tumbuh, daun mulai bertambah banyak	
	3. Pemanjangan Batang yaitu padi mulai tinggi dan daun mulai menutup	
Reproduktif	4. Malai Bunting yaitu padi malai mulai buntuk	
	5. Keluar Bunga malai sudah mulai keluar	
	6. Pembungaan malai terus berkembang dan keluar bunga	
Pemasakan	7. Gabah Matang Susu yaitu butiran padi mulai berisi biasanya masih berbentuk seperti susu	
	8. Gabah Matang Adonan yaitu biji padi mulai mengeras dan daun masih berwarna hijau	
	9. Gabah Matang yaitu tahap pemasakan biji sampai akhirnya siap dipanen	

Sumber: Modifikasi dari *International Rice Research Institute* (2002).

Berdasarkan fase tumbuh di atas menunjukkan secara umum fase pertumbuhan Tanaman padi memiliki 9 fase yaitu Pertunasan, Anakan, *Stem Elongation*, *Panicle*, *Heading*, *Flowering*, *Milk Grain*, *Dough Grain*, dan *Mature Grain*. Secara substansial kedua fase tumbuh tersebut adalah sama, hanya saja perlu di perhatikan pada fase tumbuh 0 yaitu persiapan yang mana ketika di telaah secara harafiah bukanlah termasuk fase tumbuh tanaman padi.

1.5.2 Estimasi (*Estimation*)

Estimasi merupakan kegiatan yang mencoba memprediksi keadaan masa depan dengan penggunaan data masa lalu dari sebuah variabel atau kumpulan variable. Definisi lain tentang Estimasi “*Forecasting is the art of specifying meaningful information about the future*”, Teknik Estimasi digunakan secara luas dalam manajemen produksi dan sistem persediaan untuk melihat variasi yang sering muncul di beberapa bagian misalnya, kualitas dan proses kontrol, perencanaan keuangan, pemasaran, analisis investasi, dan perencanaan distribusi (Montgomery, 1998).

Estimasi menjadi salah satu dari bagian proses pengambilan keputusan. Kemampuan untuk memprediksikan aspek yang tidak dapat dikendalikan membuat proses pengambilan keputusan seharusnya mengambil keputusan pada sesuatu yang telah dibuat berdasarkan keterkaitan variabel yang ada. Berdasarkan hal tersebut, sistem manajemen untuk perencanaan dan pengendalian operasi dengan menjalankan fungsi dari Estimasi yang lebih terdefinisi.

Ada dua metode atau teknik Estimasi yang dapat digunakan, yaitu teknik Estimasi kualitatif dan kuantitatif (Nurlita, 2010).

a. Teknik Estimasi kualitatif

Teknik Estimasi kualitatif lebih menitikberatkan pada pendapat (*judgment*) dan intuisi manusia dalam proses Estimasi, sehingga data

historis yang ada menjadi tidak begitu penting. “*Qualitative forecasting techniques relied on human judgments and intuition more than manipulation of past historical data,*” atau metode yang hanya didasarkan pada penilaian dan intuisi, bukan pada pengolahan data

b. Teknik Estimasi kuantitatif

Teknik Estimasi kuantitatif sangat mengandalkan pada data historis yang dimiliki. Teknik kuantitatif ini biasanya dikelompokkan menjadi dua, yaitu teknik statistik dan teknik deterministik.

1. Teknik statistik menitikberatkan pada pola, perubahan pola, dan faktor gangguan yang disebabkan pengaruh random. Termasuk dalam teknik ini adalah teknik *smoothing*, dekomposisi, dan teknik Bob-Jenkins.
2. Teknik deterministik mencakup identifikasi dan penentuan hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel-variabel lain yang akan mempengaruhinya. Termasuk dalam teknik ini adalah teknik *regresi* sederhana, *regresi* berganda, *autoregresi*, dan model *input output*.

Pendekatan teknik Estimasi kuantitatif terdiri dari 3 pendekatan yaitu:

1. Analisis Deret Waktu (*Time Series Analysis*)

Metode Estimasi ini menggunakan deret waktu (*Time series*) sebagai dasar Estimasi. Diperlukan data actual/data historis yang akan diramalkan untuk mengetahui pola data yang diperlukan untuk menentukan metode Estimasi yang sesuai. Beberapa contoh metode dengan pendekatan analisis deret waktu adalah *winter*, dekomposisi, *exponential smoothing*, ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), kalman filter, metode *Bayesian*, dan lain lain.

2. Analisis Kausal (*Causal Methods*)

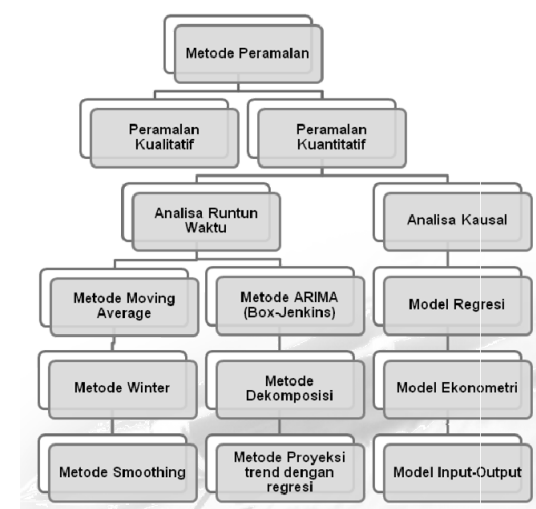
Metode ini menggunakan pendekatan sebab-akibat, dan bertujuan untuk meramalkan keadaan di masa yang akan datang dengan menemukan dan mengukur beberapa variabel bebas (independen) yang penting beserta

pengaruhnya terhadap variabel tidak bebas yang akan diramalkan. Pada metode kausal terdapat dua metode yang sering digunakan:

- a. *Metode regresi dan korelasi*, memakai teknik kuadrat terkecil (*least square*) dan variabel dalam formulasi matematisnya. Metode ini sering digunakan untuk prediksi jangka pendek. Contohnya: meramalkan hubungan jumlah kredit yang diberikan dengan giro, deposito dan tabungan masyarakat atau meramalkan kemampuan dalam meramal sales suatu produk berdasarkan harganya.
- b. *Metode input output*, biasa digunakan untuk perencanaan ekonomi nasional jangka panjang. Contohnya: meramalkan pertumbuhan ekonomi seperti pertumbuhan domestik bruto (PDB) untuk beberapa periode tahun ke depan 5-10 tahun mendatang.

3. Metoda Ekonometri (*Simulation Analysis*)

berdasarkan pada persamaan regresi yang didekati secara simultan. Metoda ini sering digunakan untuk perencanaan ekonomi nasional dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Contohnya: Meramalkan besarnya indikator moneter buat beberapa tahun ke depan, hal ini sering di lakukan pihak BI tiap tahunnya. Untuk mempermudah memahami konsep metode estimasi yang ada. Nurlita (2010) mengilustrasikan dengan alur yang jelas terkait dengan jenis-jenis metode estimasi seperti pada gambar berikut:



Gambar 1. Metode-metode Estimasi (Nurlita, 2010).

Pada penelitian ini, digunakan metode estimasi dengan pendekatan analisis deret waktu. Model *time series* yang digunakan adalah model *Autoregressive Integrated moving Average* (ARIMA) yang dikembangkan oleh George dan Jenkins atau banyak juga yang menyebut metode ini dengan Box- Jenkins Model.

Analisis deret waktu adalah metode estimasi dengan menggunakan pendekatan deret waktu (*time series*) sebagai dasar estimasi, yang memerlukan data aktual masa lalu yang akan diramalkan untuk mengetahui pola data yang diperlukan untuk menentukan metode estimasi yang sesuai (Nurlita, 2010). Pendekatan ini mencoba memahami dan menjelaskan mekanisme tertentu, meramalkan suatu nilai di masa depan dengan asumsi bahwa data-data masa lampau dapat memproyeksikan masa depan, dan mengoptimalkan sistem kendali. Tujuannya yaitu untuk mengamati atau memodelkan *data series* yang telah ada sehingga memungkinkan data yang akan datang yang belum diketahui bisa diprediksi.

Analisis *time series* dikenalkan pada tahun 1970 oleh Jenkins (Nurlita, 2010) melalui bukunya *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Sejak saat itu, *time series* mulai banyak dikembangkan. Dasar pemikiran *time series* adalah pengamatan sekarang (z_t) tergantung pada satu atau beberapa pengamatan sebelumnya (z_{t-k}). Dengan kata lain model *time series* dibuat karena secara statis ada korelasi (dependen) antarderet pengamatan. Untuk melihat adanya dependensi antarpengamatan, dapat melakukan uji korelasi antarpengamatan yang disebut dengan *autocorrelation function* (ACF). Nurlita (2010) menjelaskan istilah yang biasa ditemukan dalam analisis deret waktu sebagai berikut :

1. Stasioneritas

Asumsi yang sangat penting dalam suatu deret waktu adalah stasioneritas deret pengamatan. Suatu deret waktu dikatakan stasioner apabila proses tidak berubah seiring dengan perubahan waktu.

Maksudnya, rata-rata deret waktu di sepanjang pengamatan waktu selalu konstan.

2. Fungsi Autokorelasi (*Autocorelation Function/ACF*)

Autokorelasi adalah korelasi antar deret pengamatan suatu deret waktu, sedangkan fungsi autokorelasi (ACF) adalah plot dari korelasi-korelasi.

3. *Partial Autocorelation Function (PACF)*

Sepertihalnya autokorelasi, autokorelasi parsial adalah korelasi antar deret pengamatan dari suatu deret waktu pengamatan. Autokorelasi parsial mengukur keeratan antar pengamatan suatu deret waktu.

4. *Cross Corelation*

Digunakan untuk menganalisis deret waktu multivariasi sehingga ada lebih dari deret waktu yang akan di analisis. Seperti halnya autokorelasi, cross corelation mengukur pula korelasi antar deret waktu, tetapi korelasi yang diukur adalah korelasi dari dua deret waktu.

5. *Proses White Noise*

Merupakan proses stasioner, proses ini diidentifikasi sebagai deret variabel acak yang independen, identik dan terdistribusi.

6. Analisis Tren

Analisis ini digunakan untuk menaksir model tren suatu data deret waktu. Ada beberapa model analisis tren, antara lain model linier, kuadratik, eksponensial, pertumbuhan atau penurunan dan model kurva S. analisis tren digunakan apabila deret waktu tidak ada komponen musiman.

7. Rata-rata Bergerang (*Moving Average*)

Teknik ini dapat memperhalus data dengan membuat rata-rata secara keseluruhan dan beruntun dari sekelompok pengamatan pada jangka waktu tertentu.

1.5.3 ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*)

ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) merupakan salah satu teknik estimasi dengan pendekatan deret waktu yang menggunakan teknik-teknik korelasi antar suatu deret waktu. Dasar pemikiran dari model ARIMA adalah pengamatan sekarang (z_t) tergantung pada satu atau beberapa pengamatan sebelumnya (z_{t-k}). Dengan kata lain, model ini dibuat karena secara statis ada korelasi (dependen) antar deret pengamatan. Untuk melihat adanya dependensi antar pengamatan, dapat melakukan uji korelasi antarpengamatan yang sering dikenal dengan fungsi autokorelasi (*autocorrelation function/ACF*) (Iriawan *et al.*, 2006).

ARIMA sering juga disebut metode runtun waktu Box-Jenkins. ARIMA sangat baik ketepatannya untuk estimasi jangka pendek, sedangkan untuk estimasi jangka panjang ketepatan estimasinya kurang baik. Biasanya akan cenderung flat (mendatar/konstan) untuk periode yang cukup panjang. Model Autoregresif Integrated Moving Average (ARIMA) adalah model yang secara penuh mengabaikan independen variabel dalam membuat estimasi. ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel dependen untuk menghasilkan estimasi jangka pendek yang akurat. ARIMA cocok jika observasi dari deret waktu (time series) secara statistik berhubungan satu sama lain (dependent).

Model ARIMA terdiri dari tiga proses yaitu *autoregressive*, *integrated*, *moving average* dengan order (p , d , q) dinotasikan sebagai ARIMA (p , d , q). Order p untuk menunjukkan adanya proses *autoregressive* pada model, order d untuk menunjukkan proses *integrated* yang harus dilakukan terlebih dahulu pada data, dan order q menunjukkan proses *moving average*. Apabila $d = 0$ dan $q = 0$, maka model *autoregressive* dinotasikan sebagai AR(p) dan bila $d = 0$ dan $p = 0$, maka model *moving average* notasikan sebagai MA(q) sedangkan bila dalam

model tersebut adak ketiga proses maka model dinamakan *autoregressive integrated moving average* dinotasikan sebagai ARIMA (p, d, q).

Untuk dapat membangun sebuah model ARIMA yang akurat yaitu apabila memiliki kesalahan (*error*) yang kecil. Olehk arena itu, dalam mengidentifikasi model deret waktu yang ada perlu dilakukan dengan teliti. Dalam ARIMA ada empat proses penting mulai dari identifikasi korelasi, menentukan parameter model, cek diagnosis model, hingga tahap terakhir yaitu melakukan Estimasi (Montgomery dan Johnson, 1998: 190).

1.5.4 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan suatu ilmu, seni, dan teknik untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer 1990). Penginderaan jauh tidak hanya mencakup pengumpulan data mentah, tetapi juga mencakup pengolahan data secara otomatis (komputerisasi) dan manual analisis citra (interpretasi) dan penyajian data yang diperoleh.

Lebih lanjut Lillesand dan Kiefer (1990) menjelaskan bahwa proses dan elemen yang terkait di dalam sistem penginderaan jauh meliputi dua proses utama yaitu pengumpulan data dan analisis data. Elemen proses pengumpulan data meliputi:

1. Sumber energi.
2. Perjalanan energi melalui atmosfer.
3. Interaksi antara energi dengan kemampuan di muka bumi.
4. Sensor dan wahana berupa pesawat terbang atau satelit.
5. Hasil pembentukan data dalam bentuk piktorial dan bentuk numerik

Sedangkan proses analisis data meliputi:

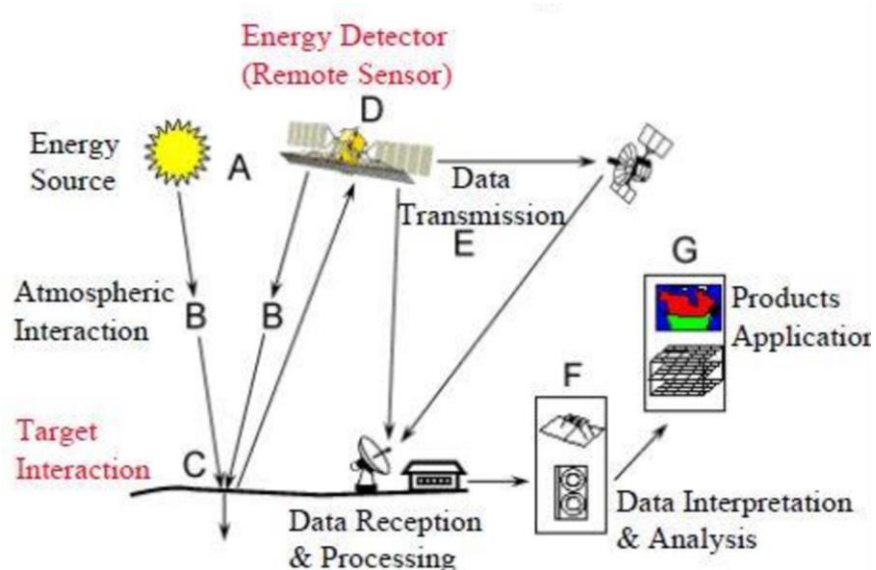
1. Pengujian data dengan menggunakan alat interpretasi dan alat pengamatan untuk menganalisis data piktorial, dan atau komputer untuk menganalisis data sensor numerik.
2. Penyajian informasi dalam bentuk peta, tabel, dan suatu bahasan tertulis atau laporan.
3. Penggunaan data untuk proses pengambilan keputusan.

Pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan dengan menggunakan alat pengindra atau alat pengumpul data yang disebut sensor. Berbagai sensor pengumpul data jarak jauh, umumnya dipasang pada wahana (*platform*) yang berupa pesawat terbang, balon, satelit, atau wahana lainnya. Obyek yang diindra adalah obyek yang terletak di permukaan bumi, di atmosfer (dirgantara), dan antariksa. Pengumpulan data penginderaan jauh tersebut dapat dilakukan dalam berbagai bentuk, sesuai dengan tenaga yang digunakan. Menurut Adimah (2017) teknik penginderaan jauh merupakan suatu cara atau metode yang sangat efektif untuk memantau sumberdaya alam, karena memiliki beberapa keuntungan antara lain:

1. Menghasilkan data sinoptik (meliputi wilayah yang luas dalam waktu yang hampir bersamaan) dalam dua dimensi dengan resolusi tinggi dan mampu menghasilkan data deret waktu (*time series*) dalam frekuensi yang rendah.
2. Mempunyai kemampuan untuk mendeteksi dan memberikan informasi tentang lapisan yang terpenting yaitu lapisan permukaan.
3. Pengamatan terhadap suatu objek dapat dilakukan dengan menggunakan sensor yang bersifat multi spektral, mulai dari sinar tampak (*visible*), inframerah (*infrared*), dan gelombang (*microwave*). Hal ini memungkinkan dilakukannya analisis multi spektral dengan mengimplementasikan berbagai model matematik untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat.

Penginderaan jauh juga mempunyai beberapa keterbatasan antara lain:

1. Akurasi yang diperoleh lebih rendah dibanding dengan pengukuran atau pengamatan secara terestris.
2. Untuk meghasilkan citra yang memiliki informasi yang akurat, harus disertai pengecekan daerah atau objek yang diamati.
3. Waktu pendeteksian satelit terbatas hanya pada saat satelit tersebut melintas di atas lokasi pengamatan.
4. Kondisi atmosfer yang beranekaragam awan, kabut, dan hujan menyebabkan citra yang diperoleh kurang baik untuk keperluan monitoring daerah lautan maupun daratan. Awan dan kabut akan menyebabkan citra visual kurang jelas. Namun dengan dikembangkannya penginderaan jauh secara aktif dengan menggunakan radar yang bisa menembus awan, kabut, dan hujan maka beberapa kekurangan itu dapat teratasi.



Gambar 2. Penerapan Teknologi Penginderaan Jauh pada Eksplorasi Air Tanah (Wahyunto *et al.*, 2006).

Data penginderaan jauh dapat berupa citra, grafik, dan data numerik. Data tersebut dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang obyek, daerah, atau fenomena yang diindera atau diteliti. Proses penerjemahan data menjadi informasi disebut analisis atau interpretasi data. Interpretasi atau

penafsiran citra penginderaan jauh merupakan perbuatan mengkaji citra dan menilai arti pentingnya obyek tersebut. Interpretasi citra penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu interpretasi secara visual dan interpretasi secara digital.

Satelit Landsat (*Land Satellite*) merupakan satelit pengamatan bumi milik Amerika yang diluncurkan oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Citra dari satelit Landsat telah banyak digunakan oleh pemerintah, masyarakat, industri, maupun pendidikan di seluruh dunia. Citra landsat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti pada bidang pertanian, kehutanan, pemetaan, oseanografi, sumberdaya alam, dan penelitian perubahan iklim. Satelit Landsat pertama kali diluncurkan pada tahun 1972 dengan nama ERTS- 1 (*Earth Resource Technology Satellite*), kemudian berganti nama menjadi Landsat 1. Seri satelit Landsat hingga saat ini telah sampai pada Landsat 8. Dari Landsat 1 sampai dengan Landsat 8 telah terjadi perubahan sensor sehingga satelit Landsat dikelompokkan menjadi beberapa generasi. Generasi pertama terdiri dari Landsat 1, Landsat 2, dan Landsat 3. Generasi kedua terdiri dari Landsat 4 dan Landsat 5. Generasi ketiga terdiri dari Landsat 6, dan Landsat 7 ETM+, serta generasi terakhir adalah Landsat 8 (USGS, 2018).

Tabel 4. Perkembangan Satelit Landsat.

Satelit Landsat	Waktu Beroperasi
Landsat 1	23 Juli 1972 - 6 Januari 1978
Landsat 2	22 Januari 1975 – 22 Januari 1981
Landsat 3	5 Maret 1978 – 31 Maret 1983
Landsat 4	16 Juli 1982 – 1993
Landsat 5	1 Maret 1984 – 26 Desember 2012
Landsat 6	1 Maret 1984 – 26 Desember 2012
Landsat 7 ETM +	15 Desember 1999 – sekarang (Rusak sejak Mei 2003)
Landsat 8	11 Februari 2013 – sekarang

Sumber : Adimah (2017).

Tabel 4. Menunjukkan perkembangan citra landsat dari awal peluncurannya hingga sekarang. NASA meluncurkan satelit LDCM

(*Landsat Data Continuity Mission*) yang dikenal dengan Landsat 8. Bentuk satelit Landsat 8 dapat dilihat pada gambar. Satelit ini dibawa oleh roket ATLAS V yang diluncurkan dari pangkalan udara Vandenberg, California.

Landsat 8 terdiri dari 2 instrument yaitu OLI (*Operational Land Imager*) dan TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). Instrumen OLI (*Operational Land Imager*) terdiri dari band yang ada pada Landsat 7 ETM+ sebelumnya, ditambah dengan 3 band baru, yaitu band biru untuk studi wilayah pesisir/aerosol, band inframerah gelombang pendek untuk mendeteksi awan cirrus, dan band TIRS. TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) memberikan 2 band termal. Keduanya memberikan peningkatan sinyal terhadap *noise* sehingga mendapatkan karakteristik yang lebih baik dari keadaan dan kondisi tutupan lahan. Produk dikirim sebagai citra dengan 16 bit (65536 tingkat keabuan).

Tabel 5. Saluran Spektral Dalam Sistem Citra Satelit Landsat 8.

Band	Panjang Gelombang (Mikrometer)	Resolusi (Meter)
Band 1 - <i>Coastal aerosol</i>	0,43 – 0,45	30
Band 2 - <i>Blue</i>	0,45 – 0,51	30
Band 3 - <i>Green</i>	0,53 – 0,59	30
Band 4 - <i>Red</i>	0,64 – 0,67	30
Band 5 - <i>Near Infrared (NIR)</i>	0,85 – 0,88	30
Band 6 - <i>SWIR 1</i>	1,57 – 1,65	30
Band 7 - <i>SWIR 2</i>	2,11 – 2,29	30
Band 8 - <i>Panchromatic</i>	0,50 – 0,68	15
Band 9 - <i>Cirrus</i>	1,36 – 1,38	30
Band 10 - <i>Thermal Infrared (TIRS) 1</i>	10,60 – 11,19	100
Band 11 - <i>Thermal Infrared (TIRS) 2</i>	11,50 – 12,51	100

Sumber : Adimah (2017).

Landsat 8 memiliki beberapa keunggulan khusus, banyaknya band penyusun RGB komposit pada landsat 8 dan spesifikasi band baru yaitu band 1,9,10, dan 11, membuat warna objek menjadi lebih bervariasi. Band 1 (*ultra blue*) dapat menangkap panjang gelombang elektromagnetik lebih rendah dari pada band yang sama pada landsat 7 ETM+, sehingga lebih

sensitif terhadap perbedaan reflektan air laut atau aerosol. Band ini lebih unggul untuk membedakan konsentrasi aerosol di atmosfer dan mengidentifikasi karakteristik tampilan air laut pada kedalaman yang berbeda. Band 9 lebih sensitif dalam mendeteksi awan cirrus. Band 10 dan 11 bermanfaat untuk mendeteksi perbedaan suhu permukaan bumi dengan resolusi spasial 100 m. Tingkat keabu-abuan (*digital number*) pada landsat 8 memiliki interval yang lebih panjang yaitu 16 bit (0-65535) , dengan ini tampilan citra akan lebih halus, baik pada citra multispektral maupun pankromatik serta dapat mengurangi terjadinya kesalahan interpretasi objek-objek di permukaan bumi.

1.5.5 Model Algoritma Indeks Vegetasi

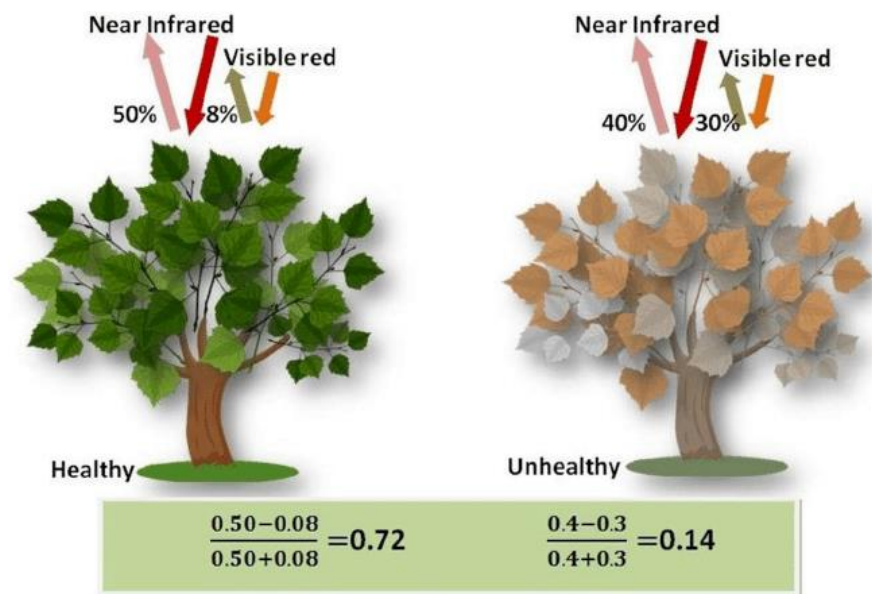
Indeks vegetasi merupakan nilai kehijauan yang dapat dijadikan sebagai satu parameter untuk menganalisa keadaan vegetasi dari suatu wilayah. Indeks vegetasi digunakan sebagai metode transformasi citra berbasis data spektral dan memiliki banyak manfaat (Purwanto, 2015). Indeks vegetasi diperoleh dengan menggunakan suatu algoritma dengan membentuk kombinasi beberapa saluran (band), kemudian menggunakan operasi penambahan, pembagian, perkalian antara saluran satu dengan yang lain untuk mendapatkan nilai yang dapat mencerminkan kelimpahan atau kesehatan vegetasi. Model Algoritma Nilai Indeks Vegetasi merupakan salah satu logika program dalam teknologi penginderaan jauh sebagai upaya penerapan teknologi kedalam kehidupan secara praktis. Beberapa tahun terakhir seiring dengan makin berkembangnya teknologi penginderaan jauh dalam pemanfaatan yang luas khususnya pemanfaatan pada penelitian tanaman, terciptanya beberapa algoritma yang sering digunakan untuk memanfaatkan citra dalam perencanaan, monitoring, dan evaluasi tanaman. Secara umum yang sering di gunakan yaitu NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), LSWI (*Land Surface Water Index*), SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*), dan MSAVI (*Modified Soil Adjusted Vegetation Index*). Beragamnya algoritma yang digunakan

disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik yang di teliti. Menurut Sari (2015), dari berbagai macam model algoritma yang di gunakan untuk tanaman hanya ada dua model yang paling sesuai untuk mengidentifikasi tanaman padi yaitu NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) di pilih karena terbukti memiliki kemampuan untuk menonjolkan fonomena yang terkait dengan kerapatan vegetasi dengan menekan sumber-sumber variasi spektral lain. Nilai hasil hitungan indeksvegetasi ini berkisar antara +1 hingga -1 dan MSAVI (*Modified Soil Adjusted Vegetation Index*) dipilih karena dapat menghalangkan faktor tanah. Algoritma ini merupakan optimalisasi dari transformasi SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*), dan MSAVI (*Modified Soil Adjusted Vegetation Index*).

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan metode standar yang digunakan dalam membandingkan tingkat kehijauan vegetasi yang berasal dari citra satelit. Formula standar untuk menghitung nilai NDVI adalah sebagai berikut:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \dots\dots\dots(1)$$

Nilai index NDVI ini mempunyai rentang dari -1.0 (minus 1) hingga 1.0 (positif 1). Besarnya nilai kerapatan vegetasi ditentukan dengan melakukan pengklasifikasian ulang (*reclassification*) dari perhitungan NDVI dengan menghitung histogram dan standart deviasi. NDVI dikelompokkan menjadi 5 kelas kerapatan vegetasi dengan cara nilai tertinggi dikurangi nilai terendah dibagi jumlah kelas (Sujiwo, 2017).



Gambar 3. Pantulan Gelombang Pada Tanaman (Wahyunto *et al.*, 2006).

Perhitungan indeks tumbuh-tumbuhan dari produksi biomassa atas dasar perbandingan yang berikut: $VI = [NIR] / R$ Perhitungan perbandingan sifat respon objek terhadap pantulan sinar merah dan NIR dapat menghasilkan nilai dengan karakteristik khas yang dapat digunakan untuk memperkirakan kerapatan atau kondisi kanopi/kehijauan tanaman. Tanaman yang sehat berwarna hijau mempunyai nilai indeks vegetasi tinggi. Hal ini disebabkan oleh hubungan terbalik antara intensitas sinar yang dipantulkan vegetasi pada spektral sinar merah dan NIR. NDVI adalah salah satu metode yang digunakan dengan mengukur resapan radiasi klorofil selama tanaman berfotosintesis yang diperoleh dengan data penginderaan jauh, tergantung kepada kelembaban tanah, produktivitas dan biomassa tanaman itu sendiri. Secara umum jika lebih banyak radiasi yang dipancarkan dari panjang gelombang near infrared terhadap cahaya tampak, maka vegetasi dalam piksel tersebut padat, berarti terdapat salah satu jenis hutan dalam piksel tersebut. jika hanya terdapat sedikit perbedaan dalam intensitas panjang gelombang cahaya tampak dan near infrared yang dipancarkan, vegetasi dalam daerah tersebut dapat diidentifikasi jarang seperti padang rumput, tundra atau padang pasir.

Penghitungan NDVI memberikan nilai dalam jangkauan -1 sampai +1. pada kasus tidak ditemukannya daun hijau akan memberikan nilai dekat dengan 0. Nilai 0 mengidentifikasi tidak adanya vegetasi. Nilai mendekati +1 mengidentifikasi padatnya tanaman berdaun hijau. Nilai NDVI negatif menunjukkan tingkat vegetasi yang rendah seperti awan, air, tanah kosong, bangunan dan unsure non-vegetasi lainnya.

MSAVI (*Modified Soil Adjusted Vegetation Index*) merupakan suatu algoritma yang di kembangkan untuk mendapatkan nilai indeks vegetasi dengan menghilangkan faktor tanah. Algoritma ini merupakan optimalisasi dari transformasi SAVI (*soil adjusted vegetation index*).

$$SAVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red} + L} (1 + L)$$

$$MSAVI = \frac{2\rho_{NIR} + 1 - \sqrt{(2\rho_{NIR} + 1)^2 - 8(\rho_{NIR} - \rho_{red})}}{2} \quad (2)$$

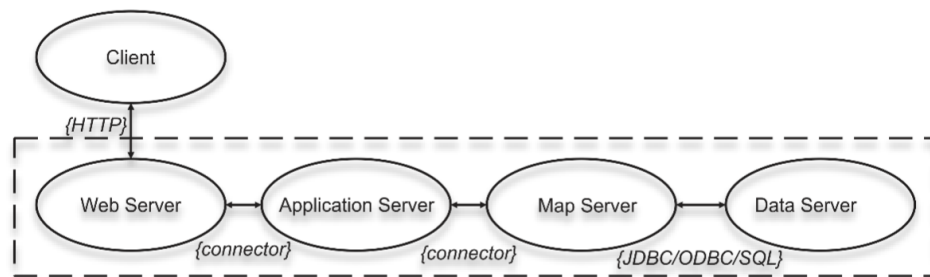
Menurut A.R. Huate (1998), Kondisi latar belakang tanah memberikan pengaruh yang cukup besar pada spektrum kanopi parsial dan indeks vegetasi yang dihitung. Untuk mengurangi efek latar belakang tanah, dapat menggunakan faktor penyesuaian tanah L , untuk menghitung hamburan latar belakang orde pertama, vegetasi-tanah, dan variasi tanah, dan memperoleh MSAVI (*Modified Soil Adjusted Vegetation Index*).

1.5.6 Teknologi Web-GIS

Menurut Awaln dan Sukojo (2003) sistem informasi geografis adalah sistem basis data spasial. Maka dapat diartikan sebagai sistem informasi geografis merupakan system berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan, memanipulasi, dan menganalisis informasi geografi. Dari definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa sistem informasi geografis merupakan sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menganalisis

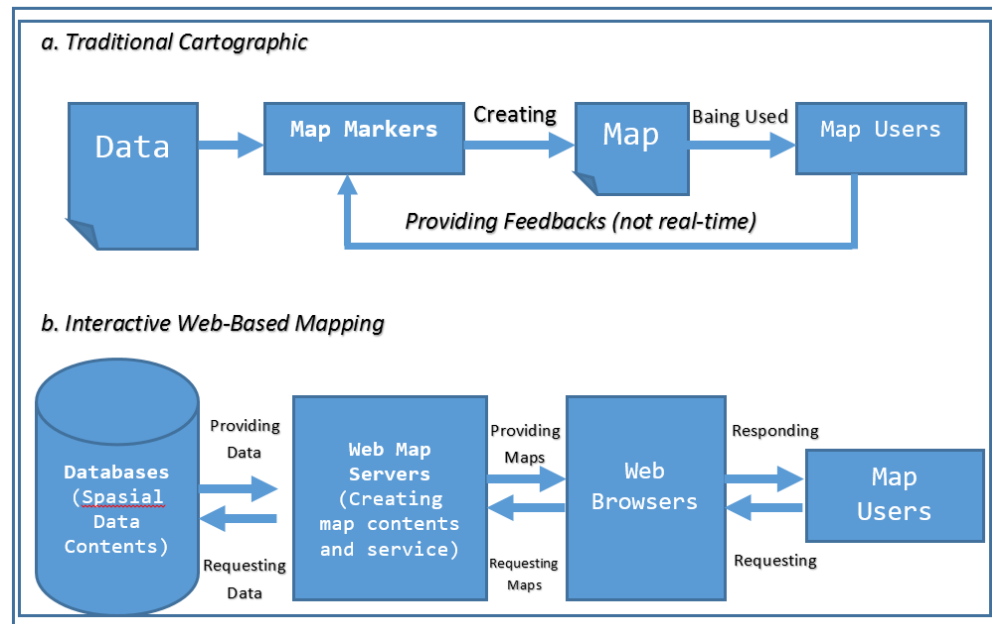
informasi mengenai geografi ataupun obyek-obyek yang terdapat di permukaan bumi.

Web-GIS adalah aplikasi *GIS* (*Geographic Information System*) atau pemetaan digital yang memanfaatkan jaringan internet sebagai media komunikasi yang berfungsi mendistribusikan, mempublikasikan, mengintegrasikan, mengkomunikasikan dan menyediakan informasi dalam bentuk teks, peta digital, serta menjalankan fungsi-fungsi analisis dan *query* yang terkait dengan *GIS* melalui jaringan internet (Prahasta 2007 Dalam Putra 2016). *Web-GIS* secara penuh disediakan untuk kemudahan pengguna mengakses data spasial, informasi spasial, dan pemodelan spasial. Komponen dasar data spasial yang berada pada *server* agar dapat sebuah *Web-GIS* dishare kepada *client* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Arsitektur *Web-GIS* (Rao dan Vinay dalam Putra 2016).

Web-GIS adalah salah satu jenis sistem informasi terdistribusi. Dengan kata lain, *Web-GIS* disini dapat diartikan sebagai suatu Sistem Informasi Geografis (SIG) yang dijalankan menggunakan perangkat lunak web browser dengan menggunakan koneksi internet sebagai penghubung antara klien dan server. Bentuk sederhana dari *Web-GIS* yaitu terdiri dari klien dan server, dimana server adalah server aplikasi web dan klien adalah web browser, aplikasi desktop dan aplikasi mobile.



Gambar 5. Perbandingan GIS Konvensional dengan *Web-GIS* (Robinson dalam Putra, 2016).

Dalam membangun *Web-GIS* ada beberapa komponen dasar yang wajib di pahami untuk Sebagai Berikut :

a. HTML (*Hypertext Markup Language*)

HTML (*Hypertext Markup Language*) adalah sebuah bahasa yang di gunakan untuk membuat sebuah halaman *web*, menampilkan berbagai informasi didalam sebuah penjelajah *web* internet dan pemformatan hiperteks sederhana yang di tulis dalam berkas format ASCII agar dapat menghasilkan tampilan wujud yang terintegrasi (Putra, 2016). Secara khusus file *HTML* memiliki ekstensi `.html` atau `.htm` misalnya saja halaman `index.html` atau `index.htm` halaman web dapat di buat menggunakan text editor standar seperti notepad, wordpad, sublime hingga yang di khususkan untuk coding bahasa program seperti notepad ++, Visual Studi Code dan lain-lain. Pada dasarnya html memiliki tag inti yaitu `<html>`, `<head>`, `<tittle>` dan `<body>` seperti contoh text skrip HTML sebagai berikut:

```
<!DOCTYPE html>
<html Lang="en">
<head>
```

```

<meta charset="utf-8">
<meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
</head>
<body>
    GISTANI
</body>
</html>

```

Dalam penelitian ini menggunakan *HTML5* dalam membangun *Web-GIS*. Menurut Putra (2016) kelebihan *HTML5* untuk *Web-GIS* sebagai berikut :

1. *Caching Map Tiles*

Dalam sebuah *Web-GIS* tampilan peta utama merupakan potongan peta (*caching map tiles*). Solusi besarnya data spasial yang diambil dari *server GIS* dapat ditanggulangi dengan potongan peta (*caching map tiles*).

2. *HTML5 Canvas*

HTML5 dapat bekerja secara *cross platform* berdampak juga pada aplikasi *GIS* yang diimplementasikan di dalamnya. Untuk itu tidak perlu membangun aplikasi *GIS* untuk masing-masing *platform* lagi.

3. *HTML5 In Practice*

Dalam versi ini telah tersedia tool sederhana dan gampang dipergunakan untuk membuat Map/Peta dan dapat menambahkan/memakai Icon yang anda inginkan. Leaflet adalah sebuah javascript API Opensource yang dapat di download dan pergunakan secara gratis. Aplikasi Leaflet yang dibuat oleh CloudMade dapat dioperasikan dari desktop, web browser dan Mobile device. Map Interactive ini di dalam penggunaannya disertai dengan *HTML5*, sehingga map ini mudah untuk di tampilkan dari berbagai web flatform. Fitur terbaiknya adalah ukuran file yang sangat kecil, performance yang baik, fleksibel dan mudah dipergunakan. Untuk database *HTML5* pada kasus *GIS* ini menggnakan GeoJSON. GeoJSON sendiri merupakan encoding open format data geografis bertipe JavaScript Open Notation. Database yang disupport antara lain ESRI Personal Geodatabase, ODBC, Postgre, dan MySQL, artinya anda bahkan bisa buka Geodatabase ESRI

walaupun kemungkinan ada beberapa format data khusus yang hilang, tetapi spatial-nya akan tetap dapat terbaca.

b. *JavaScript*

JavaScript adalah bahasa pemrograman berbasis *java* yang merupakan *interface* pembantu dalam pemrograman *web* (Putra, 2016) *JavaScript* sudah tertanam dalam berbagai *browser* seperti *Internet Explorer*, *Firefox*, *Chrome*. *JavaScript* mampu membuat aplikasi *web* dinamis sehingga aplikasi dapat lebih responsif dan *user friendly*.

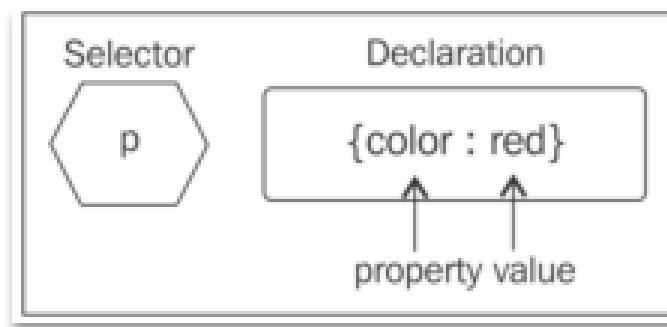
Dalam penelitian ini untuk membangun *Web-GIS* menggunakan *Leaflet Js* yang merupakan *JavaScript Library* open-source terkemuka untuk peta interaktif ramah-mobile. Dengan berat hanya sekitar 38 KB dan memiliki semua fitur pemetaan yang paling dibutuhkan pengembang. *Leaflet* dirancang dengan kesederhanaan, kinerja, dan kegunaan. Ia bekerja secara efisien di semua platform desktop dan seluler utama, dapat diperluas dengan banyak plugin, memiliki API yang indah dan menarik, mudah digunakan dan didokumentasikan dengan baik serta kode sumber yang mudah dibaca dan menyenangkan untuk berkontribusi (Putra, 2016). Untuk memanggil *Leaflet js*. dengan contoh teks skrip sebagai berikut :

```
<link rel="stylesheet"
href="https://unpkg.com/leaflet@1.3.1/dist/leaflet.css" />
<script
src="https://unpkg.com/leaflet@1.3.1/dist/leaflet.js"></script>
```

c. *Cascading Style Sheets (CSS)*

Cascading Style Sheets (CSS) adalah bahasa yang digunakan untuk mendeskripsikan *element HTML* yang ditampilkan dalam sebuah halaman *web* (Pimpler, 2014 dalam Ivan, 2015). *CSS* ini berhubungan dengan desain visual dari tampilan sebuah *web*, misalnya *font*, *background*, warna, ukuran *font*, link warna, dan banyak lagi. Desain *web* dengan *CSS*, mempunyai dua aturan yaitu, *selector* dan *declaration*. *Selector* merupakan keunikan dari elemen *HTML* yang hendak dilakukan pengaturan *style*. *Declaration* adalah

merupakan *property* dan *value* dari pengaturan elemen *HTML* yang dipilih, misalnya *property* *color* (warna) yang diubah ke dalam *value* *red* (merah).



Gambar 6. CSS Syntax (Pimpler dalam Putra, 2015).

1.5.7 Penelitian Sebelumnya

Atekan (2009) dalam penelitiannya yang berjudul “*Estimasi Luas Panen dan Produksi padi sawah melalui analisis citra landsat 7 ETM* Pada lahan sawah berbeda bahan induk (studi kasus di kabupaten ngawi jwa timur)*” berhasil mengkaji pola pertumbuhan pada lahan sawah dengan berbahan induk Vulkan, Aluvial, dan sedimen secara statistic menunjukan pola yang sama yaitu mengikuti pola polynomial berbentuk parabolic dengan perkiraan luas panen tiap bahan induk lahan sawah yang berbeda-beda.

Perbedaan penelitian Atekan dengan penelitian ini adalah pada kurangnya mempertimbangkan fase pertumbuhan padi sehingga belum mampu menjawab ramalan pada waktu tertentu. Sementara penelitian ini tidak hanya mampu menjawab ramalan luas panen, namun juga waktu tertentu berdasarkan fase tumbuh.

Sari (2015) dalam penelitiannya yang berjudul “*Estimasi Produksi Padi Berdasarkan Fase Tumbuh Dan Model Estimasi Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Menggunakan Citra Landsat 8 (Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro)*” berhasil mendapatkan model terbaik dalam menghitung indeks vegetasi dan mampu mendapatkan ramalan

produktivitas padi berdasarkan fase tumbuh, sehingga ramalan yang ada dapat menjawab baik itu pertanyaan spasial maupun temporal.

Sari (2015) dengan penelitian ini terletak pada aspek lokasi penelitian, pendekatan dan hasil. Penelitian Sari (2010) berlokasi di Kabupaten Bojonegoro bertujuan mengidentifikasi model algoritma terbaik pada indeks vegetasi dengan pendekatan matematis dan kurang mempertimbangkan aspek keruangan (Skala dan resolusi spasial) sehingga metode yang diterapkan hanya menggunakan data sekunder yang minim seperti lokasi dan jumlah pengambilan sampel tidak dapat di uji kelayakannya secara keruangan. Sedangkan penelitian ini berlokasi di Kabupaten Sukoharjo berdasarkan penelitian Sari (2015), maka hanya menggunakan 2 algoritma indeks vegetasi terbaik dan memiliki tujuan menganalisis sebaran fase tumbuh menggunakan pendekatan keruangan menjadikan peta sebagai acuan analisisnya sehingga metode yang digunakan dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan spasial dengan memanfaatkan teknologi *Web-GIS* sehingga menghasilkan peta yang bersifat terbuka dan interaktif.

Maja Dan Cahyono (2016) dalam penelitiannya merancang sistem informasi geografis zona tanah berbasis web mampu membangun sistem dengan konsep yang cukup baik salah satunya dengan menyajikan uji kelayakan sistem dengan cara menguji fungsionalitas, usabilitas dan probabilitas sehingga sistem yang dibangun cukup representatif terhadap sasaran pengguna dan manfaat.

Tabel 6. Penelitian Sebelumnya.

Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Atekan (2009)	Estimasi Luas Panen dan Produksi padi sawah melalui analisis citra landsat 7 ETM* Pada lahan sawah berbeda bahan induk (studi kasus di kabupaten ngawi jwa timur)	1. Mengkaji pola pertumbuhan tanaman padi sawah berdasarkan nilai NDVI berbeda bahan induk 2. Menentukan model pendugaan fase pertumbuhan padi dan luas panen padi berdasarkan perubahan nilai NDVI masing-masing lahan sawah berbeda bahan induk, dan 3. Menduga produksi tanaman padi sawah berdasarkan dugaan luas panen dan nilai indeks NDVI	Metode Yang Di Gunakan Deskriptif Kulaitatif Dengan Pendekatan Analisis Citra Secara Visual Dan Digital.	1. pola pertumbuhan pada lahan sawah berbahan Vulkan, alluvial, dan sedimen secara statistic menunjukkan pola yang sama yaitu mengikuti pola polynomial berbentuk parabolic. 2. Luas Panen pada lahan berbahan induk Vulkan adalah 30.380 ha, alluvial 13.490 ha, dan sedimen 6.510 ha 3. Nilai NDVI dengan produktivitas padi memiliki korelasi positif yang artinya setiap kenaikan nilai NDVI diikuti dengan kenaikan produktivitas.
Sari (2015)	Estimasi Produksi Padi Berdasarkan Fase Tumbuh Dan Model Estimasi <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i> Menggunakan Citra Landsat 8 (Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro)	1. Mendapatkan Indeks Vegetasi Terbaik Untuk Penentuan Fase Tumbuh Pada Citra Satelit Landsat 8. 2. Mendapatkan Hasil Estimasi Produktivitas Padi Kabupaten Bojonegoro Dengan Metode ARIMA Serta Hasil Perbandingannya Dengan Data Hasil Panen Sampel 3. Untuk Mengetahui Estimasi Produksi Padi Kabupaten Bojonegoro Untuk N Minggu Kedepan	Metode Yang Di Gunakan Deskriptif Kuantitatif Dengan Pendekatan Analisis Data Sekunder dengan teknik pengolahan data menggunakan model Estimasi ARIMA.	Model terbaik untuk mengidentifikasi 9 fase tumbuh tanaman padi menggunakan algoritma MSAVI dan Berdasarkan Estimasi model diketahui hasil dari ramalan produktivitas padi t35 yaitu 55,62 kw/ha. Dan pada saat penelitian dilakukan, kabupaten bojonegoro berada pada musim tanam. Hal ini terlihat pada tingginya nilai perkiraan produksi padi dari fase <i>seedling</i> dan <i>tillering</i> . Model ARIMA sesuai dengan taraf uji kelayak setimasi baik secara statistik maupun perbandingan data estimasi BPS dan data hasil validasi lapangan.
Maja Dan Cahyono (2016)	Perancangan System Informasi Geografis Zona Nilai Tanah Berbasis Web	1. Membuat <i>Web-GIS</i> zona nilai tanah Kecamatan Kenjeran, Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambak Sari dan Kecamatan Bulak, Kota	Metode yang di gunakan <i>Interactive Webmap Developing</i>	1. <i>Web-GIS</i> zona nilai tanah untuk Kecamatan Kenjeran, Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambak Sari dan Kecamatan Bulak, Kota Surabaya, Jawa Timur telah selesai dibuat

	Menggunakan <i>Leaflet Javascript Library</i> . (Studi Kasus: Kecamatan Kenjeran, Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tambak Sari Kecamatan Bulak, Kota Surabaya, Jawa Timur)	Surabaya, Jawa Timur. 2. Menganalisis nilai tanah yang dihasilkan oleh program <i>Web-GIS</i> dengan analisis nilai tanah. 3. Menganalisis kelayakan sistem dari <i>Web-GIS</i> zona nilai tanah yang telah dibuat.	dengan menggunakan DBMS untuk menyimpan data tabular.	dengan beberapa fitur utama yaitu formulir kuisioner, pencarian data nilai tanah, pembaharuan data nilai tanah, penghitungan nilai tanah dengan program dan ekspor data nilai tanah dalam format pdf 2. Besar persentase kelayakan sistem untuk uji fungsionalitas sebesar 100 % dengan predikat baik, uji usabilitas sebesar 72% dengan predikat baik dan uji portabilitas sebesar 85 % dengan predikat sangat baik.
Darmawan (2019)	Analisis Estimasi Produksi Padi Berdasarkan Fase Tumbuh Dan Model Estimasi <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i> Menggunakan Citra Landsat 8 Di Kabupaten Sukoharjo Dengan Visualisasi <i>Web-GIS</i>	1. Menganalisis persebaran luas panen Tanaman Padi berdasarkan fase tumbuh menggunakan Citra Landsat 8 di Kabupaten Sukoharjo. 2. Menganalisis nilai estimasi jumlah produksi Tanaman Padi di Kabupaten Sukoharjo berdasarkan model <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i> . 3. Memvisualisasikan hasil estimasi produksi Tanaman Padi berdasarkan fase tumbuh dan meodel Estimasi <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i> di Kabupaten Sukoharjo dengan menggunakan <i>Web-GIS</i> .	Metode Yang Di Gunakan Deskriptif Kuantitatif Dengan Pendekatan Partisipatif.	1. Peta Sebaran luas panen tanaman padi berdasarkan fase tumbuh menggunakan Citra Landsat 8 2. Peta produktivitas tanaman padi berdasarkan model Estimasi <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i> . 3. <i>Web-GIS</i> Produksi tanaman padi berdasar fase tumbuh dan model Estimasi <i>Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)</i> .

Sumber: Penulis (2019).

1.6 Kerangka Penelitian

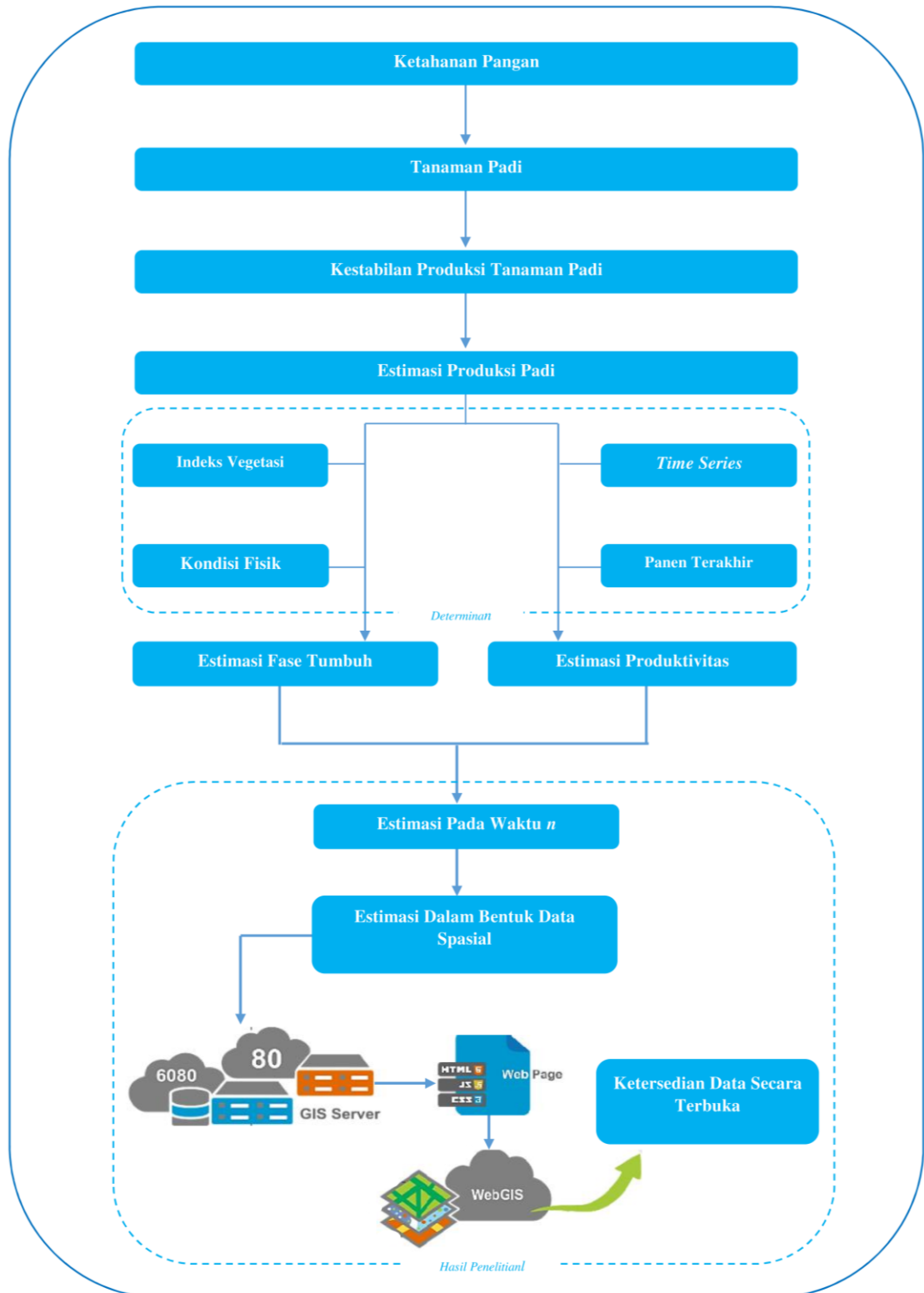
Tanaman padi merupakan tanaman penghasil beras yang banyak di budidayakan di Indonesia. Tingginya produksi tanaman padi turut serta dibarengi dengan tingginya angka konsumsi beras nasional hal ini disebabkan beras menjadi bagian yang tidak bisa dipisahkan dari budaya pangan nasional. Perlu adanya upaya untuk memantau kestabilan produksi pertanian secara berkala. Angka ramalan produksi padi sangat di perlukan untuk mendukung kebijakan pemerintah dalam penanganan isu pangan. Namun kendala yang dihadapi saat ini adalah kesulitan dalam hal memantau perkembangan tanaman padi secara cepat, akurat, dan kontinu sehingga memperlambat upaya memperkirakan produktivitas pada suatu wilayah yang diamati. Tanaman padi dalam satu tahun pada umumnya mampu memproduksi sebanyak 3 kali (3 kali masa panen) dengan waktu tanaman variatif artinya dalam satu wilayah memiliki fase tumbuh padi yang berbeda-beda, hal ini yang perlu di perhatikan dalam memantau perkembangan tanaman padi.

Dalam upaya memantau fase tumbuh tanaman padi pada suatu wilayah memiliki kesulitan karena umumnya lahan sawah yang cukup luas sehingga jangkauan secara manual memerlukan waktu dan tenaga yang lebih dan dinilai kurang efisien. Pendekatan dengan teknologi penginderaan jauh dengan memanfaatkan pancaran gelombang elektromagnetik terhadap karakteristik fisik tanaman padi pada tiap fasenya sehingga mendapatkan nilai berdasarkan fakta dilapangan dalam bentuk digital number pada citra satelit. Hal ini memudahkan upaya dalam memantau perkembangan tanaman padi karena jangkauan penginderaan jauh yang relatif luas dan dapat menjangkau daerah yang sulit dijangkau secara manual, maka dengan memanfaatkan pendekatan ini dapat lebih praktis karena perbandingan kebutuhan waktu dan tenaga cukup signifikan rendah dibandingkan dengan cara manual. Sehingga dapat memonitoring dan menghitung perkembangan luasan fase tumbuh tanaman padi secara berkala dan efisien.

Produktivitas tanaman padi merupakan hasil dari pembagian angka produksi padi dengan luas lahan sawah. Nilai produktivitas bersifat stasioner, artinya tren naik dan turunnya nilai tidak terlalu signifikan dan cukup stabil. Hal ini dikarenakan nilai produktivitas merupakan representasi dari kedua variabel yang saling berkaitan (produksi/Luas lahan). Stasioneritasnya nilai produktivitas membuat nilai ini mudah di manfaatkan dalam berbagai kajian terkait ketahanan pangan, salah satu contohnya adalah dalam hal menganalisis estimasi produksi padi menggunakan nilai produktivitas.

Estimasi pada umumnya merupakan perhitungan atas dasar rasionalitas terhadap korelasi antar suatu deret waktu. Dasar pemikiran dari estimasi adalah pengamatan pada waktu saat ini tergantung pada satu atau beberapa pengamatan waktu sebelumnya. Hal ini yang menjadikan estimasi memiliki syarat penggunaannya pada data yang bersifat stasioner sehingga pengamatan korelasi antar waktu dapat diamati dan di analisis persamaan hubungannya secara konsisten (selaras). Maka dengan memanfaatkan nilai estimasi produktivitas tanaman padi dan diakumulasikan dengan tiap luasan fase tumbuhnya untuk mendapatkan nilai estimasi produksi tanaman padi yang representatif terhadap waktu panen yang bervariasi, sehingga nilai ramalan produksi yang didapat lebih objektif dan akurat dibandingkan estimasi pada umumnya yang tidak mempertimbangkan fase tumbuh tanaman padi.

Hasil estimasi dapat disajikan dalam bentuk peta sehingga mampu menampilkan informasi estimasi secara spasial. Kemajuan teknologi melahirkan inovasi-inovasi yang dapat dimanfaatkan untuk memvisualisasikan hasil estimasi tersebut, salah satunya adalah peta interaktif yang terIntegrasi secara langsung dengan *web* sehingga dapat di akses dan dimanfaatkan secara luas dan membantu ketersediaan data terhadap studi isu ketahanan pangan.



Gambar 7. Diagram Alir Kerangka Penelitian (Penulis, 2019).

1.7 Batasan Operasional

ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) adalah salah satu teknik Estimasi dengan pendekatan deret waktu yang menggunakan teknik-teknik korelasi antar suatu deret waktu. Dasar pemikiran dari model ARIMA adalah pengamatan sekarang (z_t) tergantung pada satu atau beberapa pengamatan sebelumnya (z_{t-k}) (Iriawan, 2006).

Estimasi merupakan kegiatan yang mencoba memprediksi keadaan masa depan dengan penggunaan data masa lalu dari sebuah variabel atau kumpulan variabel (Iriawan, 2006).

Fase Tumbuh Tanaman Padi adalah periode tumbuh tanaman padi melalui beberapa tahap pertumbuhan yang didasarkan pada perkembangan fisiknya (De Datta, 1981).

Indeks Vegetasi adalah Indeks vegetasi merupakan nilai kehijauan yang dapat dijadikan sebagai satu parameter untuk menganalisa keadaan vegetasi dari suatu wilayah. Indeks vegetasi digunakan sebagai metode transformasi citra berbasis data spektral dan memiliki banyak manfaat (Purwanto, 2015).

Landsat adalah salah satu wahana penginderaan jauh yang diluncurkan pertama kali pada tahun 1972 (Sutanto, 1994).

Penginderaan Jauh merupakan suatu ilmu, seni, dan teknik untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer 1990) (Putra, 2016).

Produktivitas produktivitas merupakan suatu ukuran yang menyatakan bagaimana baiknya sumber daya diatur dan dimanfaatkan untuk mencapai hasil yang optimal (Herjanto, 2007).

Tanaman Padi dengan nama latin *Oryza Sativa* merupakan tanaman pangan berupa rumput berumpun, tanaman pertanian kuno ini berasal dari dua benua yaitu Asia dan Afrika Barat tropis dan subtropis. (Atekan, 2009).

Web-GIS adalah aplikasi *GIS* atau pemetaan digital yang memanfaatkan jaringan internet sebagai media komunikasi yang berfungsi mendistribusikan, mempublikasikan, mengintegrasikan, mengkomunikasikan dan menyediakan informasi dalam bentuk teks, peta digital, serta menjalankan fungsi-fungsi analisis dan *query* yang terkait dengan *GIS* melalui jaringan internet (Prahasta dalam Putra, 2016).