

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengaruh Iklim terhadap Produksi Tanaman Apel

Apel merupakan tanaman buah tahunan yang berasal dari daerah tropis, sehingga apel dapat tumbuh dengan baik di daerah yang bertemperatur rendah. Tanaman apel menghendaki lingkungan dengan karakteristik temperatur rendah, kelembaban udara rendah dan curah hujan tidak terlalu tinggi. Syarat tumbuh tanaman apel adalah sebagai berikut (Soelarso, 1996) :

1. Curah hujan yang ideal adalah 1.000-2.600 mm/tahun dengan hari hujan 110-150 hari/tahun. Dalam setahun banyaknya bulan basah adalah 6-7 bulan dan bulan kering 3-4 bulan. Curah hujan yang kurang pada saat berbunga akan memicu terbentuknya zona absisi dan menyebabkan bunga dan buah muda gugur sehingga tidak dapat menjadi buah yang dewasa (Kowitcharoen *et al.*, 2015.).
2. Tanaman apel membutuhkan cahaya matahari yang cukup antara 50-60% setiap harinya, terutama pada saat pembungaan (Jung dan Choi, 2010).
3. Temperatur yang sesuai berkisar antara 16-27°C . Suhu udara sangat mempengaruhi kemampuan tanaman apel untuk berbunga dan berbuah (Tromp, 1986; Tromp dan Borsboom, 1994)
4. Kelembaban udara yang dikehendaki tanaman apel sekitar 75-85%.
5. Tanaman apel dapat tumbuh dan berbuah baik pada ketinggian 700-1200 m dpl dengan ketinggian optimal 1000-1200 m dpl.

Iklim berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman apel, sebagai contoh pergeseran apel ke ketinggian yang lebih tinggi di Himachal Pradesh berdasarkan informasi iklim dan persepsi petani, bahwa suhu di daerah-daerah yang tumbuh tanaman apel di Himachal Pradesh menunjukkan kecenderungan meningkat. Sedangkan curah hujan menunjukkan penurunan tren di daerah tersebut. Kecenderungan meningkatnya suhu dingin pada 2700 m dpl menyarankan daerah itu untuk budidaya apel di ketinggian yang lebih tinggi. Temuan ini juga telah didukung oleh persepsi petani yang jelas tercermin apel yang budidaya memperluas ke ketinggian yang lebih tinggi di Lahaul & Spitti. Perubahan iklim telah menunjukkan dampaknya penurunan produktivitas tanaman apel di tahun terakhir (Rana *et al.*, 2008). Tanaman apel merupakan spesies tanaman beriklim

yang membutuhkan kondisi dingin untuk memecahkan dormansi dan menghasilkan produksi yang tinggi. Sementara daerah beriklim stabil akan mengalami relatif sedikit perubahan. Adaptasi tepat waktu sangat penting bagi petani, sehingga perlu adanya cara-cara alternatif untuk perencanaan dalam pengelolaan pertaniannya.

Produksi apel sangat dipengaruhi oleh teknik budidaya, kesuburan tanah, pengendalian hama dan kondisi iklim. Unsur yang sangat mempengaruhi budidaya apel adalah temperatur, kelembaban udara, dan curah hujan yang tidak terlalu tinggi (Gouws dan Steyn, 2014; Zhang et al., 2016). Adanya perubahan pola radiasi, intensitas radiasi matahari, temperatur dan curah hujan berpengaruh terhadap perubahan produksi apel (George dan Nissen, 1988; Greer, 2015; Ping *et al.*, 2015). Curah hujan yang rendah dan kekeringan memicu kegagalan produksi buah tanamna apel (Ping, Tuan-hui Bai dan Feng-wang Ma, 2015). Data produksi apel disajikan dalam Tabel 1 yang menunjukkan perubahan produksi apel selama 12 tahun dari tahun 1999 hingga 2010 di Kota Batu (Dinas Pertanian Kota Batu, 2010) dan data produksi selama tahun 2012 sampai tahun 2014 (Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu, 2015). Dari data tersebut produktivitas apel tidak bisa dikatakan menurun atau naik sehingga isu dimana terjadi penurunan produksi ini tidak seluruhnya benar.

Tabel 1. Produksi Apel dari Tahun 1999 - 2014

Tahun	Produksi (kw)
1999	461,895
2000	522,433
2001	450,268
2002	172,489
2003	272,933
2004	674,313
2005	1,628,316
2006	2,097,514
2007	611,000
2008	1,230,079
2009	1,690,736
2010	842,799
2012	590,004
2013	838,915
2014	708,438

Sumber: BPS (2015).

2.2. Karakteristik Lahan Tanaman Apel

Lahan merupakan suatu lingkungan fisik yang meliputi tanah, iklim, relief, hidrologi dan vegetasi dimana faktor-faktor tersebut mempengaruhi dari proses budidaya pertanian. Sebagai contoh, karakteristik tanah, iklim, relief, hidrologi atau kualitas lahannya sesuai untuk pertanian, maka lahan tersebut di dimanfaatkan untuk pertanian (Klingiebel dan Montgomery, 1961; Hardjowigeno dan Widiatmaka, 2007). Tanaman apel membutuhkan karakteristik kesesuaian lahan berbeda dari tanaman lainnya, sebagai contoh karakteristik iklim sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Tanaman apel cocok di budidayakan pada ketinggian tempat (elevasi) antara 800 hingga 1500 m dpl, dengan curah hujan 1000 - 3000 mm/tahun, kedalaman efektif tanah 30 - 50 cm serta konsistensi tanah gembur hingga teguh (Balitjestro, 2014).

Penurunan produktivitas tanaman apel menunjukkan adanya kerusakan lahan (*land degradation*) dengan merujuk kepada penurunan kapasitas lahan bagi produksi atau penurunan potensi bagi pengelolaan lingkungan yang dengan kata lain ialah penurunan mutu lahan (Pieri *et al.*, 1995; Werner, 1997; Peck *et al.*, 2011). Adaptasi perlu dilakukan untuk meminimalkan perubahan dari karakteristik lahan, sehingga adanya kerusakan lahan dapat dicegah. Iklim merupakan salah satu konteks dalam karakteristik lahan, perubahan iklim yang terjadi membuat petani beradaptasi dengan mencari karakteristik iklim yang sesuai tanpa memperhatikan kondisi relief. Kondisi relief yang kurang mendukung akan mempercepat terjadinya degradasi lahan itu sendiri. Penilaian penggunaan lahan yang berpotensi terhadap peningkatan produktif lahan perlu dipertimbangkan. Keterbatasan produktif pertumbuhan tanaman disebabkan oleh banyak faktor utama seperti faktor tanah yang dangkal, kemiringan lahan, bawah permukaan bebatuan, drainase yang buruk, berat dan kasar tekstur tanah sub permukaan dan kapasitas retensi air rendah (Bolca *et al.*, 2012).

2.3. Karakteristik Tanah Untuk Tanaman Apel

Karakteristik tanah daerah sentra produksi apel di Kecamatan Bumiaji memiliki jenis tanah yang beragam, diantaranya Inceptisol, Andisols, Entisols, Alfisols Mollisol, dan Alfisols, sehingga karakteristik pengelolaannya berbeda-

beda (Balitjestro, 2014). Tanah Andisol tempat usahatani apel terletak pada daerah yang lerengnya curam sampai sangat curam, strukturnya remah dan konsistensinya gembur sehingga sangat peka terhadap erosi, sehingga lereng curam berpontesi sebagai faktor pembatas yang paling berpengaruh terhadap penurunan produksi. Dimana proses terjadinya erosi dapat berlangsung terus menerus selama musim hujan dan berkurang pada saat kemarau sehingga dalam jangka panjang menimbulkan dampak solum tanah makin tipis dan hilangnya bahan organik, sehingga berakibat menurunnya produktivitas tanah dan akhirnya lahan menjadi tidak layak untuk usahatani apel. Tingkat kecocokan karakteristik tanah untuk penggunaan kebun apel dapat dievaluasi dengan system indeks kualitas tanah dan sistem faktor pembatas (Glover, Reganold dan Andrews, 2000; Herrick, 2000; Andrews, Karlen dan Mitchell, 2002; Arshad dan Martin, 2002; Nortcliff, 2002; Karlen, Ditzler dan Andrews, 2003; Bastida *et al.*, 2008)

Tanaman apel tumbuh baik di pada tanah yang bersolum >100 cm, mempunyai lapisan (solum) tanah yang kaya bahan organik, konsistensi tanahnya remah/gembur dan sifat olahannya bagus (Liu *et al.*, 2013), serta mempunyai aerasi, penyerapan air dan porositas yang baik sehingga dalam pertukaran oksigen (respirasi tanah) (Blanke, 1996), pergerakan hara dan kemampuan menyimpan airnya menjadi lebih optimal (Jongmans *et al.*, 2003). Tanah yang cocok untuk tanaman apel adalah jenis tanah Inceptisol, Andisols dan Entisols.

pH yang sesuai untuk tanaman apel berkisar 5,5 - 7,8, kapasitas tukarkan 16 cmol/kg, C-organik 1,2 %, ketersediaan K-tanah yang cukup (Chang *et al.*, 2014). Kesuburan tanah ini akan menentukan tingkat aktivitas mikroba tanah dalam menyediakan hara, status ketersediaan hara tanah dan kandungan hara dalam tanaman apel, dan selanjutnya akan menentukan produktivitas buahnya (Haynes dan Goh, 1980; Qian *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2015). Kelerengan yang terlalu curam akan menyulitkan perawatan tanaman apel, sehingga lebih baik penggunaan tumbuhan bawah (under storey); mulsa hidup permanen (cover crop) dan terasiring dalam budidaya kebun apel (Prihatman, 2000; Mathews, Bottrell dan Brown, 2002; Forge *et al.*, 2003; Umali *et al.*, 2012; Qian *et al.*, 2015). Sifat fisik tanah sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman apel salah satunya yaitu tekstur tanah. Tektur tanah akan mempengaruhi kemampuan tanah untuk

menyimpan dan menyediakan air-tersedia (Yang, Zhang dan Li, 2011), menyimpan dan menyediakan hara tanaman (Islami dan Utomo, 1995), ketersediaan N-tanah dan kandungan bahan organik tanah (Terblanche *et al.*, 1979; Kühn, Bertelsen dan Sørensen, 2011; Liu *et al.*, 2014). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa system budidaya kebun apel organik menunjukkan hasil dan produktivitas buah apel yang bagus (Elliot dan Mumford, 2002; Roussos dan Gasparatos, 2009; Keyes, Tyedmers dan Beazley, 2015).

2.4. Klasifikasi dan Karakteristik Tanaman Apel

Apel (*Malus Sylvestris Mill*) merupakan tanaman buah tahunan yang berasal dari daerah dengan beriklim sub tropis. Keberadaan apel di Indonesia sudah sejak tahun 1934 hingga saat ini. Sentra produksi apel di Jawa Timur yaitu di Malang (Tumpang), Batu (Bumiaji) dan Pasuruan (Nongkojajar). Di daerah ini apel telah di budidayakan sejak tahun 1950, dan berkembang pesat pada tahun 1960 hingga saat ini. Budidaya apel sangat cocok pada daerah dataran tinggi.

Tanaman apel merupakan divisi dari Spermatophyta, subdivisio Angiospermae, kelas Dicotyledonae, ordo Rosales, famili Rosaceae, genus *Malus* dan spesies *Malus sylvestris mill*. Di Kota Batu terdapat berbagai jenis varietas unggulan seperti halnya Manalagi, Rome Beauty, Anna, Princess Noble dan Wanglin. Pada tanaman apel dapat diatur sewaktu perompesan daun sehingga dalam jangka waktu setahun apel dapat berproduksi hingga tiga kali, perompesan daun dan penjarangan buah apel ini dimaksudkan untuk mengendalikan neraca karbohidrat dalam tanaman apel (Prihatman, 2000; Byers dan Carbaugh, 2002; Lakso, 2011; Ackerman dan Samach, 2015). Perompesan daun dan penjarangan buah apel dapat dilakukan secara fisik atau dengan menggunakan bahan agrokimia, termasuk nitrogen dan unsur mikro (Nesme *et al.*, 2009; Milic *et al.*, 2012).

2.5. Pemodelan Menggunakan Markov Chain

Simulasi merupakan turunan waktu dari acuan matematika, maka proses simulasi terdapat keterkaitan dengan proses penyelesaian secara matematika dari sekumpulan persamaan simultan. Pada dasarnya terdapat dua teknik dasar dalam

proses simulasi yaitu penyelesaian secara aljabar atau matematika dari sekumpulan persamaan dan simulasi komputer (Singh and Chaudary, 1979). Metode Markov Chain merupakan model yang paling tua dan telah banyak digunakan dalam penelitian dalam memprediksi perubahan. Teknik ini telah banyak dimanfaatkan dalam mempelajari dinamika perubahan lahan. Penelitian lain di gunakan dalam penelitian Vandever dan Drummond (1976) dalam kajian dampak konstruksi sebuah reservoir. Konsep Markov Chain seringkali digunakan dalam penelitian pengembangan lanjutan, seperti model CA-Markov (Ye dan Bai 2008; Poska *et al.*, 2008).

Persamaan Markov Chain dibangun menggunakan data awal dan akhir yang terepresentasikan dalam suatu raster (matrik satu kolom), serta sebuah matrik transisi (transisi matrik). Hubungan ketiga matrik tersebut adalah sebagai berikut :

$$M_{LC} \cdot M_t = M_{t+1}$$

$$\begin{pmatrix} LC_{uu} & LC_{ua} & LC_{uw} \\ LC_{au} & LC_{aa} & LC_{aw} \\ LC_{wu} & LC_{wa} & LC_{ww} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_t \\ A_t \\ W_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_{t+1} \\ A_{t+1} \\ W_{t+1} \end{pmatrix}$$

Keterangan : MLC= Peluang ; M_t = Peluang tahun ke t.; M_{t+1} = Peluang tahun ke t+1 ; U_t = Peluang setiap titik terklasifikasi sebagai kelas U pada waktu t ; C_{ua} = Peluang suatu kelas u menjadi kelas lainnya pada rentang waktu tertentu.

Simbol U_t merepresentasikan peluang setiap titik terklasifikasikan sebagai kelas U ada waktu t. LC_{ua} menunjukkan peluang suatu kelas u menjadi kelas lainnya pada rentang waktu tertentu. Pemodelan CA_MARKOV tersedia dalam software *Idrisi Selva*. IDRISI'S CA_MARKOV menggunakan metode matrik perubahan Markov Chain untuk menentukan jumlah perubahan dan celluler automata dalam menentukan perubahan di data spasial (Mas, 2014).

2.6. Sistem Informasi Geografi

Sistem Informasi Geografis atau sering di kenal dengan SIG merupakan komponen yang terdiri seperangkat alat berbasis komputer yang memungkinkan untuk mengelola data spasial dan non spasial menjadi informasi yang berkaitan

dengan permukaan bumi serta digunakan untuk pengumpulan, menyimpan, manipulasi, menganalisis dan menampilkan data selanjutnya dipakai sebagai bahan untuk mengambil keputusan atau kebijakan (Marleila, 2005). SIG merupakan komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja sama secara efektif untuk menangkap, menyimpan, memperbaiki, memperbarui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisis, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografi (Puntodewo *et al.*, 2003).

Kebutuhan teknologi penginderaan jauh yang dipadukan dengan sistem informasi geografi (SIG) untuk tujuan inventarisasi dan pemantaun sangat penting terutama bila dikaitkan dengan pengumpulan data yang cepat dan akurat (Hanggono, 1998). Penginderaan jauh merupakan cara dalam mendapatkan informasi dengan melakukan pemantauan kondisi suatu objek di permukaan bumi. Informasi yang di peroleh merupakan kenampakan suatu objek yang dapat dilihat baik dari foto udara maupun dari citra satelit. Penginderaan jauh (remote sensing) memungkinkan pengambilan data untuk penggunaan sebagai pemetaan tutupan lahan, analisis dampak bencana, memprediksi suhu maupun informasi spasial lainnya.

Data hasil perekaman satelit dari luar angkasa disebut dengan citra. Citra di bagi menjadi dua macam yaitu citra analog dan citra digital. Salah satu contoh citra digital adalah foto udara, sedangkan contoh citra digital adalah citra satelit. Citra satelit di susun oleh dua dimensi dari elemen gambar yang disebut dengan piksel. Setiap piksel mempunyai informasi berupa warna, ukuran dan lokasi dari sebuah objek di permukaan bumi. Informasi warna pada piksel disebut dengan angka digital (*digital number-DN*). *DN* menggambarkan ukuran atau gelombang mikro yang ditangkap oleh sensor satelit. Informasi lokasi didapatkan dari kolom dan lajur piksel yang dihubungkan dengan posisi geografis sebenarnya (Ekadinata *et al.*, 2008).

Dalam mendukung keberhasilan usaha pengendalian perubahan iklim guna pengoptimalan produktivitas apel perlu adanya data mengenai karakteristik dan penyebaran lahan pertanian (seperti lahan sawah dan pertanian lahan kering), terutama di sentra produksi pertanian. Sekarang ini, pemanfaatan teknologi

penginderaan jauh (*remote sensing*) merupakan pilihan yang tepat dalam mengoptimalkan ketersediaan data dilihat dari kontinuitas penyediaan data, lingkup area peliputan, objektivitas data maupun frekuensi pengambilan data yang tinggi (Tedjasukmana *et al.*, 1998). Teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) diharapkan mampu mempertinggi efisiensi pengumpulan data dan pembaruan data mengenai lahan pertanian (Murting *et al.*, 1995). Menurut Lillesand dan Keifer (1994) data satelit penginderaan jauh di daerah beriklim tropis dan subtropis pada umumnya berhasil menyediakan informasi yang baik tentang kondisi dan perkembangan vegetasi. Kondisi dan perkembangan vegetasi yang dapat di deteksi dari citra satelit dengan memperhatikan respon spektral pada spektrum inframerah dekat/pantulan (Band).

Satelit Landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (band 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (band 10 dan 11) pada TIRS. Hasil penelitian Hidayat (2002) nilai rata-rata *user's* akurasi tertinggi dihasilkan oleh citra dengan kombinasi band 5, 4 dan 3 sebesar 82, 8% dan *overall* akurasi sebesar 91,2%. Dapat disimpulkan bahwa pada kombinasi band 5, 4, dan 2 memiliki kombinasi terbaik dalam klasifikasi tutupan lahan dan 6, 5 dan 3 cocok digunakan pada landsat 8. Berikut merupakan perbedaan setiap band pada landsat 7 dan landsat 8 yang di sajikan dalam Tabel 3 dan 4.

Tabel 2. Aplikasi dan Saluran Spektral (band) Thematic Mapper

Saluran (band)	Panjang Gelombang (μm)	Potensi Pemanfaatan
1	0,45-0,52	Dirancang untuk membuahkan peningkatan penetrasi kedalam tubuh air, dan juga untuk mendukung analisis sifat khas penggunaan lahan, tanah, dan vegetasi.
2	0,52-0,60	Dirancang untuk mengindra puncak pantulan vegetasi. Saluran ini berada pada spektrum hijau yang terletak diantara dua saluran spektral serapan klorofil. Tanggapan pada saluran ini dimaksudkan untuk menekankan perbedaan vegetasi dan penilaian kesuburan.
3	0,63-0,69	Saluran terpenting untuk memisahkan vegetasi. Saluran ini berada pada salah satu bagian serapan klorofil dan memperkuat kontras antara kenampakan vegetasi dan bukan vegetasi, juga menajamkan kontras antara kelas vegetasi
4	0,76-0,90	Tanggap terhadap sejumlah biomassa vegetasi yang terdapat pada daerah kajian. Hal ini akan membantu identifikasi tanaman dan akan memperkuat kontras antara tanaman-tanah, dan lahan-air
5	1,55-1,75	Saluran yang dikenal penting untuk penentuan jenis tanaman, kandungan air pada tanaman, dan kondisi kelembaban tanah.
6	2,08-2,35	Saluran inframerah thermal yang penggunaannya untuk perekaman vegetasi, diskriminasi kelembaban tanah dan pemetaan thermal. Saluran yang penting untuk pemisah formasi batuan
7	10,40-12,50	Saluran inframerah thermal yang dikenal bermanfaat untuk klasifikasi vegetasi, analisis gangguan vegetasi, pemisahan kelembaban tanah, dan sejumlah gejala lain yang berhubungan dengan panas. Saluran yang diseleksi karena potensinya untuk membedakan tipe batuan dan untuk pemetaan hidrotermal.

Sumber: Lo (1995).

Tabel 3. Karakteristik *band* pada Citra Landsat 8 OLI/TIRS

Band Spektral	Panjang Gelombang	Kegunaan
Band 1 - <i>Coastal/Aerosol</i>	0,433 - 0,453	Mempelajari tentang pesisir dan aerosol
Band 2 - <i>Blue</i>	0,450 - 0,515	Penetrasi tubuh air, analisis penggunaan lahan, tanah dan vegetasi.
Band 3 - <i>Green</i>	0,525 - 0,600	Pengamatan puncak pantulan vegetasi pada saluran hijau yang terletak diantara dua saluran penyerapan untuk membedakan tanaman sehat dan tanaman tidak sehat.
Band 4 - <i>Red</i>	0,630 - 0,680	Membedakan antara vegetasi dengan non vegetasi.
Band 5 - <i>Near Infrared (NIR)</i>	0,845 - 0,885	Peka terhadap biomassa vegetasi, lahan, serta air.
Band 6 - <i>Shortwave Infrared (SWIR) 1</i>	1,560 - 1,660	Membedakan kadar air tanah, vegetasi dan dapat menembus awan tipis.
Band 7 - <i>Shortwave Infrared (SWIR) 2</i>	2,100 - 2,300	Peningkatan kadar air tanah, vegetasi dan penetrasi awan tipis.
Band 8 - <i>Panchromatic</i>	0,500 - 0,680	Resolusi 15 meter dengan gambar yang lebih tajam, studi kota, penajaman batas linier dan analisis tata ruang.
Band 9 - <i>Cirrus</i>	1,360 - 1,390	Mendeteksi peningkatan kontaminasi dari awan cirrus.
Band 10 - <i>Thermal Infrared TIRS 1</i>	10,30 - 11,30	Resolusi 100 meter untuk pemetaan termal dan memperkirakan kelembaban tanah.
Band 11 - <i>Thermal Infrared TIRS 2</i>	11,50 - 12,50	Resolusi 100 meter untuk memetakan peningkatan termal dan memperkirakan kelembaban tanah.

Sumber: ESRI, 2014.