

**ANALISIS PEMBATAS PRODUKTIVITAS LAHAN PADA  
TANAMAN JERUK (*Citrus L.*) DI KECAMATAN JUNREJO  
KOTA BATU**

Oleh

**MOHAMMMAD IMAM MASHUDI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
MALANG  
2018**

**ANALISIS PEMBATAS PRODUKTIVITAS LAHAN PADA TANAMAN  
JERUK (*Citrus L.*) DI KECAMATAN JUNREJO KOTA BATU**

Oleh

**MOHAMMAD IMAM MASHUDI**

**115040200111001**

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN  
PROGAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN TANAH  
MALANG  
2018**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Juli 2018

Mohammad Imam Mashudi



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Analisis Pembatas Produktivitas Lahan pada Tanaman  
Jeruk (Citrus L.) Di Kecamatan Junrejo Kota Batu

Nama Mahasiswa : Mohammad Imam Mashudi

NIM : 115040200111001

Progam Studi : Agroekoteknologi

Minat : Manajemen Sumberdaya lahan

Laboratorium : Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan



Diketahui,  
Ketua Jurusan Tanah

A handwritten signature in black ink, belonging to Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU  
NIP. 19540501 198103 1 006

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Prof. Dr. Ir. Syekhfani. MS  
NIP. 19480723 197802 1 001

Penguji II

Prof. Dr. Ir. Soemarno. MS  
NIP. 19550817 198003 1 003

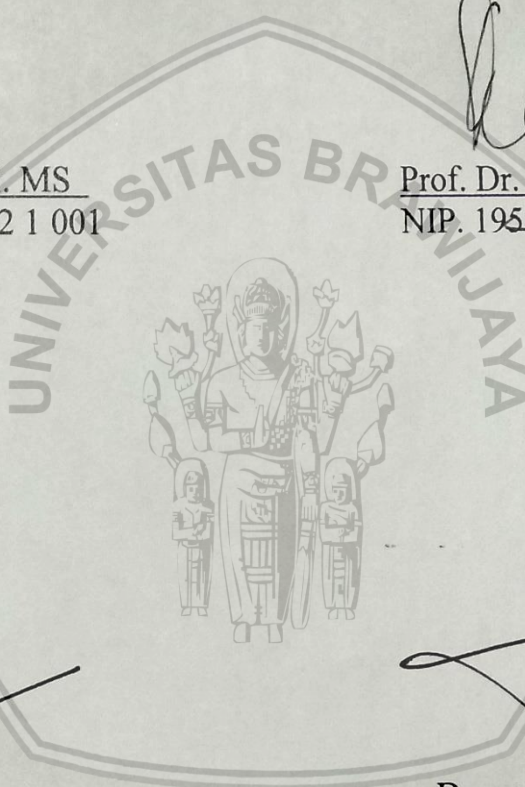
Penguji III

Prof. Dr. Ir. Sugeng Prijono. SU  
NIP. 19580214 198503 1 003

Penguji IV

Danny Dwi Saputra. SP MSi  
NIP. 2011068 60317 1 001

Tanggal Lulus :.....



*“sungguh atas kehendak Allah semua ini terwujud, tiada kekuatan kecuali dengan pertolongan Allah” (QS. Al – Kahf :39)*

*Atas kasih sayang dan kesabaran yang engkau berikan....*

*Getaran air mata tak mampu disembunyikan*

*Rasa bahagia tak mampu terucap*

*Ocehan demi ocehan kata tak lagi hanya imaji*

*Ejaan semu tak lagi membayangi*

*Kini sampai pada waktuku*

*Ornamen keraguan itu terhapus sudah*

*Terima kasih atas ketulusanmu.... Ayah, Ibu*

*Entah seberapa banyak kesalahan yang aku perbuat*

*Kenakalan, kelalaian, kecerobohan telah sangat banyak aku lakukan*

*Namun, selalu senyum tulus yang engkau berikan*

*Ohhhhh, rasanya kata maaf saja dariku tak cukup*

*Lantunan do'a yang selalu engkau panjatkan untukku*

*Otentik!! Karya ini bagian kecil bakti kasihku*

*Gambaran dari cahaya kasih sayangmu tak pernah padam*

*I love you... Ayah, Ibu...*

*Tak lupa untuk kakak – kakakku tercinta*

*Alangkah indah nada do'a yang kau panjatkan dengan tulus dan penuh kasih sayang*

*Nasehat demi nasehat penuh cinta telah mengantarkanmu pada detik ini*

*Alunan kata – kata kesabaran dan ketulusan dosen pembimbingku, terima kasih telah meluangkan waktu dan tenaga untuk mahasiswamu yang bandel ini*

*Hasrat canda tawa, suka duka kebersamaan ini tak lekang waktu, semoga sukses sahabat!!!*

*“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan” (QS. Alam Nasyrat : 4)*

## RINGKASAN

**MOHAMMAD IMAM MASHUDI. 115040200111001. Analisis Pembatas Produktivitas Lahan Pada Tanaman Jeruk (*Citrus L.*) Di Kecamatan Junrejo Kota batu. Dibawah bimbingan Soemarno Sebagai dosen pembimbing utama.**

Pemanasan global (*global warming*) menjadi salah satu isu lingkungan utama yang dihadapi dunia saat ini. Dampak dari pemanasan global yang sedang dihadapi salah satunya adalah yang berpengaruh pada sektor pertanian. Perubahan iklim menyebabkan musim sulit diprediksi. Akibat musim tanam yang sulit diprediksi dan musim penghujan yang tidak menentu maka musim produksi panen juga demikian. Tujuan penelitian ini adalah menganalisa faktor pembatas yang mempengaruhi produktivitas tanaman dan mengetahui hubungan faktor pembatas lahan dengan kondisi produktivitas tanaman jeruk di Kecamatan Junrejo Kota Batu. Jumlah produksi pada budidaya tanaman dipengaruhi oleh faktor pembatas salah satunya adalah topografi dan iklim. Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Junejo, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur. Daerah penelitian terletak di perbatasan antara Kota Batu dengan Kabupaten Malang. Analisis Spasial dilaksanakan di Laboratorium Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan jurusan tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2017-April 2017. Analisis faktor pembatas produktivitas lahan dibagi menjadi tiga tahap yaitu *groundcheck* lapang, pengumpulan data lapang, dan analisis data.

Hasil penelitian analisis produktivitas lahan pada tanaman jeruk di Kecamatan Junrejo Kota Batu menunjukkan bahwa produktivitas jeruk masih rentan terganggu faktor pembatas yang ada. Hal ini terlihat dari ketiga faktor pembatas yang dianalisis, yaitu curah hujan, kemiringan lahan, dan ketinggian tempat menunjukkan semakin besar faktor pembatas maka produktivitas semakin turun. Dari hasil analisis statistika didapatkan bahwa elevasi berkorelasi negatif dengan produksi ( $r = -0,668$ ). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi elevasi maka semakin mengurangi potensi produksi jeruk di Kecamatan Junrejo. Sedangkan hasil analisis statistika didapatkan bahwa kemiringan lahan berkorelasi negatif dengan produksi ( $r = -0,757$ ) dan untuk curah hujan juga berkorelasi negatif dengan produksi ( $r = -0,589$ ). Dari hasil regresi stepwise secara berurutan elevasi, kemiringan lahan, dan curah hujan didapatkan hasil model  $y = -0,0986x + 101,89$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,4002,  $y = -0,7539x + 32,944$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,5733, dan Dari hasil regresi stepwise didapatkan hasil model  $y = -0,0158x + 54,53$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,3475

Prediksi perubahan curah hujan Di kecamatan Junrejo menggunakan software IDRIS dengan metode matematika CA\_Markov Chain dimana matrik transisi dibandingkan  $t_0$  dan  $t_1$  ( $t_1 = t_0 + T$ ) yang dioverlay dari 2 data tersebut. Time series yang diperlukan untuk mengetahui perubahan curah hujan dimulai dari tahun 2007 – 2017. Untuk validasi data dibutuhkan data curah hujan tahun 2011 sebagai data validasi untuk peramalan tahun 2027. Dari hasil validasi nilai kappa pada validasi prediksi perubahan curah hujan menggunakan Marcov Chain didapat nilai kappa 0,7642 atau sebesar 76% keakuratannya, yang artinya hasil prediksi tersebut nilai keakuratannya sebesar 76%.



## SUMMARY

### **MOHAMMAD IMAM MASHUDI. 115040200111001. The Limitation Analysis of Land Productivity Orange (*Citrus L.*) Crops in Junrejo Sub-District, Batu City. Under Supervised of Soemarno as a Primary Supervisor**

Global warming (global warming) became one of the major environmental issues facing the world today. The impact of global warming that is facing one of them is that affect the agricultural sector. Climate change causes a difficult season to predict. Due to the unpredictable planting season and the uncertain rainy season the harvest production season is also so. The purpose of this study is to analyze the limiting factors that affect the productivity of plants and to know the relationship of land limiting factors with the productivity of citrus crops in Junrejo Sub-District, Batu City. The amount of production in the cultivation of plants is influenced by limiting factors one of which is the topography and climate. Research is done in Junejo Sub-district, Batu City, East Java Province. The research area is located on the border between Batu City and Malang Regency. Spatial analysis is done at the Laboratory of Pedology and Land Resources Information System of the land department, Faculty of Agriculture Universitas Brawijaya. The research was conducted in February 2017-April 2017. The analysis of land productivity limiting factors was divided into three stages: ground field checks, field data collection, and data analysis.

Result of research of land productivity analysis at citrus plant in Sub-District of Junrejo Kota Batu shows that productivity of orange still susceptible disturbed limiting factor that exist. This can be seen from the three limiting factors analyzed, ie rainfall, land slope, and altitude show the bigger the limiting factor, the productivity will decrease. Result of statistic analysis found that elevation correlated negatively with production ( $r = -0,668$ ). This indicates that the higher the elevation, the more it reduces the citrus production potential in Junrejo Sub-district. While the result of statistic analysis found that the slope of land correlated negatively with production ( $r = -0,757$ ) and for rainfall also negatively correlated with production ( $r = -0,555$ ). From the result of stepwise regression of elevation, land slope, and rainfall, the result of model  $y = -0,0986x + 101,89$  with value  $R^2$  equal to 0,4002,  $y = -0,7539x + 32,944$  with  $R^2$  value equal to 0,5733, and From result of stepwise regresi got result of model  $y = 5,9513x + 23357$  with value  $R^2$  equal to 0,3095.

Prediction of rainfall change In Junrejo sub-district using IDRIS software with mathematical method CA\_Markov Chain where the transition matrix is compared  $t_0$  and  $t_1$  ( $t_1 = t_0 + T$ ) covered by the 2 data. Time series needed to know the change of rainfall starting from 2007 - 2017. For data validation required rainfall data in 2011 as a validation data for forecasting year 2027. From the validation of kappa value on the validation of predicted changes in rainfall using Marcov Chain obtained kappa value 0.7642 or 76% accuracy, which means the result of the prediction is 76% accuracy value





## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas karunia dan limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul ” Analisis Pembatas Produktivitas Lahan Pada Tanaman Jeruk (*Citrus L.*) Di Kecamatan Junrejo Kota Batu ”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Soemarno, MS. selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, nasihat, arahan dan bimbingannya kepada penulis. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak, Ibu, dan keluarga atas dukungan material dan doa. Serta teman-teman, dan semua pihak yang selalu mendukung, membantu dan memberi do'a sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

Dalam penulisan ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan ini. Penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan semoga kualitas, produksi dan permintaan jeruk di Indonesia semakin berkembang hingga mendapat tempat di dunia Internasional.

Malang, Juli 2018

Penulis

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Mojokerto pada tanggal 29 Juni 1992 sebagai putra ketiga dari tiga bersaudara dari Bapak Paidi Siswanto dan Ibu Tutik Umiati.

Penulis memulai pendidikan dengan memasuki taman kanak-kanak di TK Beringin pada tahun 1997-1999 dan menjalani sekolah dasar di SDN Kwedenkembar pada tahun 1999-2005, kemudian melanjutkan di SMP Negeri 2 Bangsal pada tahun 2005-2008 dan SMA Negeri 1 Bangsal pada tahun 2008-2011. Pada tahun 2011 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang, Minat Manajemen Sumberdaya Lahan, Laboratorium Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah aktif dalam beberapa organisasi yaitu sebagai koordinator humas internal FORKANO (Forum Komunikasi Agroekoteknologi) pada tahun 2012, anggota divisi operasi KSR UB (Korps Sukarelawan Universitas Brawijaya) tahun 2013, Anggota MSR (Malang Selatan Rescue) tahun 2013, Anggota divisi biro kesetariatan HMIT FP UB (Himpunan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya) tahun 2014 dan panitia RANTAI 3 (Rangkaian Orientasi Program Studi Agroekoteknologi ke-3) tahun 2012, panitia Ekspedisi HIMAPTA FP UB pada tahun 2012, panitia Diklatsar KSR UB tahun 2013, ketua pelaksana RANTAI IV pada tahun 2013, koordinator lapangan Kaldera HMIT FP UB pada tahun 2013, panitia Gatraksi HMIT FP UB tahun 2014.

## DAFTAR ISI

<b>RINGKASAN .....</b>	<b>i</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Tujuan penelitian .....	3
1.3 Hipotesis .....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Alur pikir .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Karakteristik Tanaman Jeruk.....	4
2.2 Persyaratan Iklim Bagi Tanaman Jeruk.....	4
2.3 Kebutuhan air dan hara pada tanaman jeruk .....	12
2.4 Karakteristik Lahan Untuk Tanaman Jeruk.....	17
2.5 Karakteristik Tanah Untuk Tanaman Jeruk.....	18
2.6 Perakaran Tanaman Jeruk dan Karakteristik Tanah .....	20
2.7 Pemodelan Menggunakan Markov Chain .....	52
2.8 Sistem Informasi Geografis Untuk Evaluasi Lahan Tanaman Jeruk.....	53
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>55</b>
3.1 Tempat Dan Waktu .....	56
3.2 Alat Dan Bahan .....	57
3.3 Tahap Penelitian .....	58
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>59</b>
4.1 Kondisi Umum Wilayah.....	59
4.2 Hasil dan Pembahasan Penelitian .....	79
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>88</b>
5.1 Kesimpulan.....	88
5.2 Saran .....	88
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>89</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>99</b>



## DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alat yang dipergunakan dalam penelitian .....	55
2.	Bahan penelitian sebelum diolah untuk menghasilkan data .....	55
3.	Bahan Penelitian Dan Pengambilan.....	56
4.	Luas kelerengan kecamatan junrejo.....	61
5.	Data ketinggian daerah contoh .....	63
6.	Luasan ketinggian tempat di Kecamatan Junrejo Kota Batu .....	63
7.	luas jenis tanah di Kecamatan Junrejo .....	65
8.	Klasifikasi Iklim Schimdt – Ferguson .....	70
9.	Faktor pembatas setiap titik pengamatan.....	72
10.	Data plot SPL 1 dan kesesuaian lahan jeruk.....	73
11.	Data plot SPL 2 dan kesesuaian lahan jeruk .....	74
12.	Data plot SPL 3 dan kesesuaian lahan jeruk.....	74
13.	Data plot SPL 4 dan kesesuaian lahan jeruk .....	75
14.	Data plot SPL 5 dan kesesuaian lahan jeruk.....	76
15.	Data Plot SPL 6 dan kesesuaian lahan jeruk.....	77
16.	Data Plot SPL 7 dan kesesuaian lahan jeruk.....	78
17.	Syarat tumbuh varietas jeruk terhadap ketinggian tempat.....	81

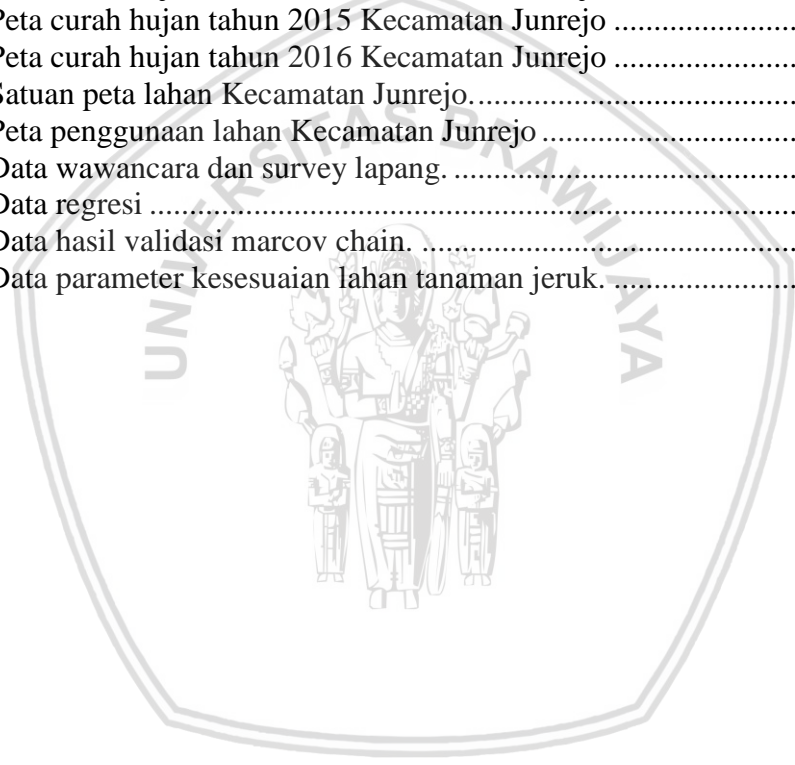


## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur pikir penelitian .....	3
2.	Rumus marcov chain.....	53
3.	Peta administrasi Kecamatan Junrejo Kota Batu .....	60
4.	Peta kemiringan lahan Kecamatan Junrejo Kota Batu .....	62
5.	Peta ketinggian tempat Kecamatan Junrejo Kota Batu .....	64
6.	Peta jenis tanah Kecamatan Junrejo Kota Batu.....	66
7.	Distribusi curah hujan Stasiun Tlekung Kota Batu tahun 2017.....	69
8.	Peta curah hujan tahun 2017 Kecamatan Junrejo .....	71
9.	SPL 1 jeruk Kecamatan Junrejo Kota Batu.....	73
10.	SPL 2 jeruk Kecamtan Junrejo Kota Batu .....	74
11.	SPL 3 jeruk Kecamatan Junrejo Kota Batu.....	75
12.	SPL 4 jeruk Kecamtan Junrejo Kota Batu .....	76
13.	SPL 5 jeruk Kecamatan Junrejo Kota Batu.....	77
14.	SPL 6 jeruk Kecamatan Jumrejo Kota Batu .....	78
15.	SPL 7 jeruk Kecamatan Junrejo Kota Batu.....	79
16.	Grafik kemiringan lahan dengan produksi jeruk.....	82
17.	Grafik curah hujan dengan produksi jeruk.....	84
18.	Perubahan curah hujan dan produksi jeruk .....	86

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Peta prediksi curah hujan tahun 2027 Kecamatan Junrejo.....	99
2.	Peta curah hujan tahun 2007 Kecamatan Junrejo .....	100
3.	Peta curah hujan tahun 2008 Kecamatan Junrejo .....	101
4.	Peta curah hujan tahun 2009 Kecamatan Junrejo .....	102
5.	Peta curah hujan tahun 2010 Kecamatan Junrejo .....	103
6.	Peta curah hujan tahun 2011 Kecamatan Junrejo .....	104
7.	Peta curah hujan tahun 2012 Kecamatan Junrejo .....	105
8.	Peta curah hujan tahun 2013 Kecamatan Junrejo .....	106
9.	Peta curah hujan tahun 2014 Kecamatan Junrejo .....	107
10.	Peta curah hujan tahun 2015 Kecamatan Junrejo .....	108
11.	Peta curah hujan tahun 2016 Kecamatan Junrejo .....	109
12.	Satuan peta lahan Kecamatan Junrejo.....	110
13.	Peta penggunaan lahan Kecamatan Junrejo .....	111
14.	Data wawancara dan survey lapang. ....	112
15.	Data regresi .....	113
16.	Data hasil validasi marcov chain. ....	114
17.	Data parameter kesesuaian lahan tanaman jeruk. ....	115





## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karakteristik Tanaman Jeruk

Sekitar 70-80 % jeruk yang dikembangkan di Indonesia adalah jeruk siem, kemudian sisanya adalah jeruk keprok unggulan daerah dan jeruk lainnya (Suyamto *et al.*, 2005). Jeruk siem Pontianak, siem Garut, dan siem Lumajang merupakan beberapa jenis jeruk siem yang ditanam di Indonesia, sedangkan beberapa jeruk keprok yang dikenal antara lain adalah keprok Garut dari Jawa Barat, keprok Siompu dari Sulawesi Tenggara, keprok Tejakula dari Bali, keprok Kacang dari Sumatera Barat, keprok Batu 55 dari Batu (Prihatman, 2000). Tanaman jeruk merupakan divisi dari Spermatophyta, subdivisi Angiospermae, kelas Dicotyledonae, ordo Rutales, famili Rutaceae, Genus Citrus, spesies Citrus sp. Jeruk Keprok atau Jeruk Puten ada semenjak jaman Belanda dan berkembang pada tahun 1970-an yang kemudian tergeser karena berkembangnya tanaman apel di Kota Batu pada tahun 1980-an.

Iklm adalah parameter yang paling penting untuk memilih lokasi bidang oranye. Iklm menentukan keberhasilan pertanian jeruk dan kualitas buah jeruk, sedangkan tanah dan air menentukan produktivitas pohon jeruk. Dingin adalah musuh paling penting dari pohon jeruk. Di Amerika Serikat, pohon jeruk ditanam secara komersial di negara bagian selatan (California, Texas, Arizona, Florida). Suhu udara kurang dari 32°F (0°C) berbahaya bagi pohon jeruk, terutama jika bertahan untuk waktu yang cukup lama. Temperatur yang tinggi juga dapat menjadi penting bagi produktivitas pohon jeruk. Angin berkecepatan tinggi dan dingin juga dapat menyebabkan kerusakan pada pohon jeruk, hilangnya buah dan penurunan kualitas buah jeruk.

### 2.2 Persyaratan Iklm Bagi Tanaman Jeruk

Tanaman jeruk merupakan tanaman buah tahunan yang berasal dari China, sedangkan jeruk yang ada sekarang di Indonesia dipercaya merupakan peninggalan orang Belanda yang mendatangkan jeruk manis dan keprok dari Amerika dan Italia (Prihatman, 2000). Sehingga jeruk dapat tumbuh dengan baik di daerah yang tidak terlalu tinggi. Tanaman jeruk menghendaki lingkungan dengan karakteristik



temperatur sedang, kelembaban tinggi, kecepatan angin sedang. Syarat tumbuh tanaman jeruk dapat dijelaskan berikut ini.

Tanaman jeruk manis, juga jeruk lainnya, dapat ditanam di daerah antara 40° LS. Namun, tanaman jeruk paling banyak terdapat di daerah 20° – 40° LU dan 20° – 40° LS. Di daerah subtropis, tanaman jeruk ditanam di dataran rendah sampai ketinggian 650 m dpl. Sedangkan di daerah katulistiwa sampai ketinggian 2.000 m dpl.

Aktivitas pertumbuhan jeruk akan sangat kurang bila temperatur kurang dari 13° C tetapi masih bisa bertahan pada temperatur lebih dari 38° C. Temperatur optimal untuk pertumbuhan jeruk 25° C dan 30° C, di atas dan dibawah temperatur optimal, pertumbuhannya akan berkurang. Waktu yang diperlukan untuk pertumbuhan dan masaknya buah di daerah tropis lebih pendek bila dibandingkan dengan di daerah subtropis.

Tanaman jeruk memerlukan sinar matahari yang penuh, bila terlindung akan berkurang produktivitasnya. Penurunan produksi ini bisa mencapai setengah bagian dari tanaman yang tidak terlindungi. Sinar matahari mempunyai peranan penting dalam kehidupan tanaman jeruk. Sinar matahari sangat dibutuhkan dalam proses pembentukan zat-zat organik dalam daun yang biasanya kita sebut fotosintesa atau asimilasi karbon. Tanaman memerlukan tenaga matahari untuk pertumbuhan normal, perkembangan buah dan lainnya. Intensitas sinar matahari ditentukan oleh sinar langsung dan sinar pantulan dari sekitarnya. Derajat intensitas sinar tergantung dari letak geografis, ketinggian dari permukaan laut, ada atau tidak adanya awan, dan lamanya penyinaran. Semakin tinggi suatu tempat, maka makin bertambah pula intensitas sinar. Tanaman jeruk yang ditanam di daerah pegunungan akan mempunyai aroma yang baik, warna lebih cerah, dan lebih banyak mengandung gula bila dibandingkan dengan tanaman yang ditanam pada ketinggian lebih rendah, untuk varietas yang sama. Di daerah subtropis, tanaman jeruk manis pada umumnya ditanam didaerah yang lebih rendah. Sebagai contoh di daerah California, jeruk ditanam didaerah dengan ketinggian kurang dari 700 m, di Spanyol kurang dari 250 m, sedangkan di Indonesia banyak ditanam di daerah yang tinggi, misalnya di Kabanjehe, Ngablak, Tawangmangu yang tingginya leih dari 1.000 m (Pracaya, 2000).

Air merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman jeruk manis, pembentukan buah, fotosintesa, dan lain-lain. Air juga sebagai komponen semua jaringan tanaman. Kandungan air pada daun dan tunas sekitar 50-75%, pada buah lebih kurang 85% dan pada akar kira-kira 60-85%. Air melarutkan unsur hara dan membawanya ke seluruh tubuh tanaman dan aktivitas kehidupan sel-sel dalam semua jaringan tanaman. Bila tidak ada irigasi (pengairan) maka sumber air berasal dari curah hujan. Tanaman jeruk memerlukan cukup air, keperluan air yang terbanyak yaitu pada waktu mulai berbunga, terbentuk buah, dan membesarnya buah. Bila udara kering lalu turun hujan, maka kelembaban menjadi tinggi. Hal ini mengakibatkan buah menjadi retak. Curah hujan sekurang-kurangnya 700 mm setiap tahun, yang baik bila merata, walaupun curah hujan 1.250 - 1.850 mm tetapi kalau turunnya tidak merata, maka perlu ada tambahan pengairan. Hujan terlalu banyak mungkin juga akan timbul penyakit misalnya jamur upas), atau terganang terlalu lama sehingga tanaman bisa mati. Bila ada pengairan yang cukup, warna cukup bagus pada waktu telah masak walaupun masih menggantung di pohon terutama pada waktu siang panas dan malam dingin. Pada daerah yang bulannya selalu basah walaupun basah sudah masak, warnanya masih tetap hijau. Curah hujan ideal bila merata sepanjang tahun yang berkisar 1.000 mm sampai 2.000 mm, karena bisa memelihara kelembaban tanah sepanjang tahun pada kebun jeruk. (Pracaya, 2000)

Iklim salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman dengan baik secara kualitas maupun kuantitas jeruk. Unsur-unsur iklim tersebut antara lain temperatur, intensitas cahaya dan curah hujan atau ketersediaan air yang sangat mempengaruhi terhadap proses metabolisme tanaman. Perubahan temperatur udara sangat berperan terhadap aktivasi energi maupun inaktivasi enzim. Temperatur yang terlalu tinggi akan menurunkan cadangan makanan serta kandungan vitamin, sebaliknya temperatur yang rendah akan mempengaruhi pewarnaan dan kerusakan buah. Intensitas cahaya yang tinggi akan meningkatkan vitamin C, B1 dan kandungan beta karotin pada buah. Intensitas cahaya sepanjang fase pematangan pada buah juga berpengaruh pada pewarnaan buah. Curah hujan atau ketersediaan air berfungsi sebagai pengisian sel tanaman atau buah, pelarut zat kimia, sebagai pengendali suhu tanaman. (Pracaya, 2000).

### 2.2.1 Temperatur udara bagi tanaman jeruk

Suhu udara merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi laju pertumbuhan dan perkembangan tanaman jeruk. Suhu yang lebih hangat sebagai akibat dari perubahan iklim dan potensi untuk terjadinya peristiwa suhu yang lebih ekstrim, akan berdampak pada produktivitas tanaman jeruk. Penyerbukan adalah salah satu tahap fenologi yang paling sensitif terhadap efek suhu ekstrem; dan selama tahap penyerbukan ini suhu ekstrem ini sangat mempengaruhi produksi tanaman. Beberapa strategi adaptasi yang tersedia untuk mengatasi suhu ekstrem pada tahap pertumbuhan ini selain untuk memilih untuk tanaman yang melepaskan serbuk sari selama periode hari dingin sehingga bunga terjadi selama periode yang lebih panjang selama musim tanam. Dalam studi lingkungan yang terkontrol, suhu hangat meningkatkan laju perkembangan fenologi tanaman. Namun demikian, tidak ada efek pada luas-daun atau biomassa vegetatif, dibandingkan dengan suhu normal. Dampak utama dari suhu yang lebih hangat adalah selama tahap reproduksi tanaman dan dalam semua kasus ternyata hasil biji jagung secara signifikan berkurang sebanyak 80-90% dari rezim suhu normal (Hatfield dan Prueger, 2015). Efek suhu meningkat oleh adanya defisit air dan kelebihan air tanah; hal ini menunjukkan bahwa memahami interaksi suhu dan air sangat diperlukan untuk mengembangkan strategi adaptasi yang lebih efektif.

Tingkat pertumbuhan dan perkembangan tanaman tergantung pada suhu udara di sekitar tanaman dan setiap spesies memiliki kisaran suhu tertentu yang dinyatakan dalam suhu minimum, maksimum, dan optimal. Nilai-nilai ini diringkaskan oleh Hatfield *et al.*, (2008, 2011) untuk sejumlah spesies tanaman biji-bijian dan buah-buahan. Perubahan suhu yang diharapkan selama 30-50 tahun ke depan diperkirakan berada pada kisaran 2-3°C (IPCC, 2007). Gelombang panas atau peristiwa suhu ekstrim diproyeksikan menjadi lebih intens, lebih sering, dan bertahan lebih lama daripada kondisi pada saat ini (Meehl *et al.*, 2007). Peristiwa suhu ekstrim mungkin memiliki jangka waktu pendek beberapa hari dengan peningkatan suhu lebih dari 5°C di atas suhu normal. Peristiwa ekstrim yang terjadi selama periode musim panas akan berdampak paling dramatis pada produktivitas tanaman. Namun demikian masih sedikit penelitian yang dilakukan untuk mendokumentasikan efek ini seperti yang ditemukan oleh Kumudini *et al.*, (2014).

Ulasan terbaru oleh Barlow *et al.*, (2015) tentang pengaruh suhu ekstrem, embun beku dan panas, pada tanaman gandum (*Triticum aestivum L.*) mengungkapkan bahwa embun beku menyebabkan kemandulan dan aborsi biji-bijian yang terbentuk; sedangkan suhu panas yang berlebihan menyebabkan berkurangnya jumlah biji-bijian dan berkurangnya durasi periode pengupasan biji-bijian. Analisis oleh Meehl *et al.*, (2007) mengungkapkan bahwa suhu minimum harian akan meningkat lebih cepat daripada suhu maksimum harian; hal ini mengarah ke peningkatan suhu rata-rata harian dan kemungkinan lebih besar dari peristiwa ekstrim, perubahan seperti ini memiliki efek merugikan pada hasil tanaman.

Respon tanaman terhadap suhu udara ternyata sangat beragam di antara spesies tanaman sepanjang siklus hidupnya dan terutama tanggapan fenologis, yaitu tahap perkembangan tanaman. Untuk setiap spesies, kisaran suhu maksimum dan minimum tertentu membentuk batas pertumbuhan yang dapat diamati. Perkembangan vegetatif (tingkat munculnya daun dan noktah) meningkat ketika suhu naik ke tingkat optimumnya. Untuk sebagian besar spesies tanaman, fase perkembangan vegetatif biasanya memiliki suhu optimum yang lebih tinggi daripada untuk fase perkembangan reproduksi. Nilai suhu kardinal untuk beberapa jenis tanaman dibahas oleh Hatfield *et al.*, (2008, 2011). Jika kisaran suhu disajikan dalam diagram maka definisi suhu ekstrim yang mempengaruhi respon tanaman akan tergantung pada spesies. Misalnya, suhu ekstrim untuk jagung (*Zea mays L.*) lebih hangat daripada untuk sayuran musim dingin (*brokoli, Brassica oleracea L.*) dimana suhu maksimum untuk pertumbuhannya adalah 25°C dibandingkan dengan 38°C. Dalam memahami peristiwa ekstrim dan dampaknya terhadap tanaman maka harus mempertimbangkan respon suhu tanaman relatif terhadap suhu meteorologi.

Perkembangan tanaman non-perennial yang lebih cepat menghasilkan siklus hidup yang lebih pendek sehingga menghasilkan tanaman yang lebih kecil, durasi reproduksi yang lebih pendek, dan potensi hasil yang lebih rendah. Suhu yang akan dianggap ekstrim dan berada di bawah atau di atas ambang batas pada saat-saat kritis selama fase pembangunan dapat secara signifikan berdampak pada produktivitas tanaman. Tanaman sensitif penyinaran, misalnya kedelai, juga akan berinteraksi dengan suhu yang menyebabkan gangguan dalam perkembangan fenologinya. Secara umum, suhu tinggi yang ekstrim selama tahap reproduksi

mempengaruhi kelayakan serbuk sari, pembuahan, dan pembentukan biji atau buah (Hatfield *et al.*, 2008, 2011). Paparan kronis ke suhu ekstrim selama tahap penyerbukan (awal pembuahan) atau fruitset dapat mengurangi potensi hasil. Namun demikian, paparan akut terhadap peristiwa ekstrem mungkin sangat merugikan selama tahap pertumbuhan reproduksi.

Jeruk merupakan tanaman yang sensitif terhadap suhu dingin, sering menderita suhu rendah, yang secara serius mempengaruhi produktivitas jeruk. Faktor-faktor kendala lingkungan memiliki dampak beragam pada tanaman hortikultura yang berbeda di antara daerah, periode dan jenis tanaman. Zabihi *et al.*, (2016) menyajikan analisis statistik untuk menyelidiki kondisi cekaman-beku (FS) dan morfometri, terutama ketinggian dan suhu minimum pada budidaya jeruk skala regional. Berdasarkan peta dan topografi isolasi suhu, analisis dampak ketinggian tempat dan suhu minimum pada produksi tanaman jeruk menggunakan teknik sistem informasi geografis (GIS), analisis statistik dan data iklim selama 30 tahun. Studi ini menunjukkan bahwa kesesuaian bervariasi dalam kaitannya dengan suhu kritis dan menyimpulkan bahwa suhu udara dan ketinggian-tempat minimum berdampak negatif signifikan pada produksi tanaman jeruk. Perubahan iklim, khususnya, terjadi front-dingin dalam beberapa tahun terakhir selama waktu panen jeruk telah memperumit masalah ini dan meningkatkan pentingnya efek cekaman-beku (FS). Kebun jeruk lebih kuat dipengaruhi oleh suhu minimum, dan pada rentang elevasi ini, faktor suhu minimum ini sangat penting.

Tanaman jeruk adalah salah satu tanaman pangan buah yang sangat penting di dunia. Jeruk secara komersial ditanam di lebih dari 100 negara di seluruh dunia di daerah tropis dan subtropis, sekitar 40°LU dan 40°LS (CDCGC, 2004; FAO, 2009). Hasil tanaman jeruk adalah buahnya, yang baik dapat dimakan (jeruk manis, jeruk keprok, jeruk, mandarin, dll) sebagai buah segar, diolah menjadi jus, atau ditambahkan ke makanan dan minuman (lemon, jeruk nipis, dll). Suhu dingin menyebabkan kerugian pertanian besar dan dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil sudah banyak diketahui (Beck *et al.*, 2007). Efek suhu adalah salah satu faktor lingkungan selama pada tahap pemasakan dan pematangan. Paparan suhu rendah dan sangat rendah adalah salah satu cekaman lingkungan yang paling umum pada tanaman (Sahin-Cevik dan Moore, 2006, Haghghi *et al.* 2014;

Kalisz *et al.*, 2014; Dürr *et al.*, 2014; Vico *et al.*, 2014; Loel dan Hoffmann, 2014) dan produktivitasnya sangat dipengaruhi oleh suhu rendah (Zhang *et al.*, 2005). Pada tanaman jeruk, suhu rendah menyebabkan gangguan-dingin dan beku pada tanaman dan dengan demikian membatasi produksi dan hasil panen buah (Zhang *et al.*, 2011). Suhu optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman jeruk berkisar 13-37°C (Wu *et al.*, 2012). Integral termal dihitung dengan menggunakan rumus:  $IT = (T_m - 12.8) \cdot dm$ , dimana 12,8 mewakili suhu dasar tanaman jeruk (Bustan *et al.*, 1996),  $T_m$  adalah suhu rata-rata harian, dan  $dm$  adalah banyaknya hari dalam sebulan.

Selama dekade terakhir, kerusakan beku telah menjadi salah satu tantangan utama di wilayah sentra kebun jeruk (peristiwa beku pada tahun 2008, 2014). Biasanya di wilayah ini, waktu panen bertepatan dengan akhir musim gugur dan awal musim dingin (akhir November hingga Februari). Hal ini menunjukkan kemungkinan hubungan antara distribusi spasial kebun jeruk dan kondisi FS. Pada skala global, suhu minimum telah meningkat sekitar dua kali lebih cepat daripada suhu maksimum (Vose *et al.*, 2005; Skansi *et al.*, 2013). Di Spanyol, Martínez *et al.*, (2010) melaporkan peningkatan suhu minimum tahunan dan suhu maksimum selama musim semi dan musim panas, dan hanya untuk suhu maksimum di musim dingin. Di Perancis, pemetaan tren suhu telah dilakukan oleh Moisselin *et al.*, (2002). Mereka menunjukkan peningkatan suhu minimum yang signifikan dan peningkatan moderat suhu maksimum. Suhu minimum menyajikan gradien timur-barat, sedangkan suhu maksimum menunjukkan gradien utara-selatan.

Para peneliti mencoba untuk menentukan wilayah yang sesuai untuk perencanaan masa depan dan bagaimana tantangan FS ini dapat diatasi dengan melakukan data DEM yang terkait dengan suhu minimum yang ekstrim sebagai variabel iklim kritis. Beberapa penelitian telah mempertimbangkan efek parameter lingkungan pada produksi tanaman, termasuk perubahan iklim (White *et al.*, 2011; Gohari *et al.*, 2013; Smith *et al.*, 2013; Wei *et al.*, 2014; Anwar *et al.*, 2015), suhu rendah, kejutan dingin, beban tanaman dan umur tunas jeruk manis dan mandarin (Valiente dan Gene Albrigo, 2004; Barry dan van Wyk, 2006; Crifò *et al.*, 2011), suhu udara (Lobell, 2007b; Thakur *et al.*, 2010; Luo, 2011; Chen *et al.*, 2011; Jumrani and Bhatia, 2014). Studi ini menunjukkan bahwa tahap fenologis tanaman

terkait erat dengan karakteristik suhu udara di situs tanaman selama bulan sebelum evolusi fenologi (Osborne *et al.*, 2000; Lopez dan Dejong, 2007).

Beberapa penelitian telah mengevaluasi kinerja analisis statistik yang terkait dengan produksi tanaman, meskipun hanya sedikit yang melaporkan kombinasi teknik SIG dengan regresi linier pada kebun jeruk berskala regional. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan ketinggian, berdasarkan data DEM, dan FS terkait dengan tanggapan tanaman memiliki pengaruh besar pada produksi jeruk dan distribusi geografis. Informasi iklim penting untuk mendukung distribusi kebun jeruk dan membantu petani untuk memperbaiki kegiatan pengelolaan kebunnya. Hal ini dapat memberikan pencegahan untuk investasi dan pengembangan jeruk di daerah berisiko tinggi dalam konteks FS. Meskipun analisis menunjukkan bahwa masih mungkin untuk meningkatkan budidaya jeruk hingga ketinggian tempat 700 m (batas zona 1 & 2). Mungkin penting untuk merancang praktik budidaya ramah-iklim dan strategi adaptasi di wilayah yang kurang cocok untuk tanaman jeruk (zona 2). Suhu udara dan ketinggian-tempat memiliki dampak yang signifikan pada distribusi spasial kebun jeruk. Selain itu, hubungan ini memperkuat gagasan bahwa penurunan suhu minimum memiliki pengaruh yang signifikan selama fase repening tanaman jeruk. Hal ini berarti bahwa zona 2 dan 3 berada di daerah tidak sesuai untuk produksi jeruk. Frekuensi kejadian iklim ekstrim (terutama cekaman-beku, FS) dengan waktu panen tanaman jeruk tidak dapat dihindari di zona 1, 2 dan 3.

Ada perbedaan di antara kultivar jeruk dalam menanggapi “efek beku” dan dengan demikian ambang elevasi, parameter ini selalu memiliki dampak negatif pada pohon jeruk di daerah pegunungan. Varietas jeruk yang sensitif selama bulan kritis Januari dan Februari dinilai tidak cocok untuk daerah selatan (dataran tinggi). Jeruk masam (*Citrus aurantium* L.) sebagai spesies toleran telah disarankan karena pola tanamnya lebih konsisten. Kultivar yang sedang mekar akan menunjukkan tanggal mekar yang lebih tidak stabil karena konsekwensi dengan adanya gangguan kerusakan-beku selama bulan Desember, Januari dan Februari. Temuan penelitian ini mengungkapkan bahwa penerapan faktor iklim khususnya suhu rendah karena FS di daerah moderat adalah ancaman paling serius terhadap produksi tanaman jeruk komersial.

### 2.3 Kebutuhan air dan hara pada tanaman jeruk

Ketersediaan air adalah salah satu kendala utama dalam produksi tanaman jeruk. Permintaan air yang lebih tinggi untuk air-minum dan keperluan industri, maka pangsa air pertanian menjadi semakin berkurang. Salah satu opsi untuk memproduksi lebih banyak hasil panen jeruk dengan setetes air adalah pemanfaatan yang bijaksana jumlah air yang tersedia dengan sistem irigasi yang efisien seperti irigasi tetes (DI) dan penjadwalan irigasi yang optimal (Ghosh 2007). Selain itu, penerapan pupuk melalui DI, yang disebut fertigasi dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk (FUE) pada tanaman jeruk.

Jeruk adalah tanaman buah yang banyak dibudidayakan di dunia (CCRI 2015). Secara global, jeruk ditanam di 146 negara yang merupakan jumlah tertinggi dibandingkan dengan tanaman buah lainnya. Sebagai pohon hijau abadi, jeruk membutuhkan air dan nutrisi sepanjang tahun untuk efisiensi kebun yang lebih tinggi (Davies dan Albrigo, 1994). Kekurangan air dan nutrisi di setiap tahap tanaman mengurangi hasil dan kualitas buah secara drastis. Di sisi lain, kelangkaan air adalah masalah utama di sebagian besar wilayah tanaman jeruk di dunia. Penggunaan air dan pupuk pada kondisi irigasi permukaan tradisional (genangan, cekungan dan irigasi alur/parit) adalah praktik irigasi yang umum dilakukan di kebun jeruk (Singh dan Srivastava, 2004).

Efisiensi penggunaan air (WUE) dan FUE yang rendah adalah dua kelemahan utama dari metode irigasi permukaan (Phene, 1995). Selain itu, hilangnya substansial nutrisi dari zona akar tanaman melalui perkolasi dan limpasan permukaan pada metode tradisional irigasi dan pemupukan menyebabkan pencemaran air permukaan dan sumber air bawah-tanah di wilayah tersebut, yang merupakan ancaman bagi kehidupan manusia (Hanson *et al.*, 2006). Penggunaan air dan hara melalui sistem DI dianggap sesuai dengan permintaan tanaman, dapat menjadi salah satu opsi potensial untuk produksi jeruk yang berkelanjutan. Namun demikian, karena investasi yang lebih tinggi untuk biaya sistem DI dan fertigasi, maka analisis keuangan system produksi menjadi sangat penting.

Di masa lalu, dampak dari system drip-fertigasi (DI) telah dipelajari di berbagai kultivar jeruk pada berbagai kondisi agro-iklim dunia. Holzapfel *et al.* (2001) menyelidiki efek air dan aplikasi pupuk melalui system DI pada tanah



berpasir dan menyimpulkan bahwa drip-fertigasi mampu meningkatkan hasil dan kualitas buah dibandingkan dengan irigasi konvensional dan aplikasi pupuk pada tanaman jeruk. Duenhas *et al.*, (2005) melaporkan bahwa fertigasi dengan tingkat pupuk yang berkurang tidak mengakibatkan hilangnya produktivitas dan kualitas buah dibandingkan dengan pemupukan konvensional pada tanah berpasir di kebun jeruk Valencia. Selain itu, mereka mengamati bahwa metode aplikasi pupuk tidak berpengaruh pada status hara pohon jeruk. Quiñones *et al.*, (2005) mempelajari respon tanaman jeruk Navelina terhadap aplikasi N (dua dan lima kali aplikasi terpisah) pada kondisi irigasi yang baik dan system DI (66 kali sama dengan jumlah irigasi) ketika mereka dicangkokkan pada Carrizo citrange di tanah berpasir. Mereka tidak mengamati perbedaan hasil buah dan kualitas buah secara signifikan (kecuali indeks warna). Namun demikian, efisiensi penggunaan air (WUE) dan nitrogen (NUE) lebih tinggi pada system drip-fertigation. Wassel *et al.* (2007) melaporkan bahwa di antara irigasi (16, 20, 24, dan 30 m<sup>3</sup> pohon<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>) dan pemupukan N (400, 600, 800 dan 1000 g N pohon<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>), irigasi pada 24 m<sup>3</sup> pohon<sup>-1</sup> dengan 800 g N pohon<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup> direkomendasikan untuk hasil optimal pada pohon jeruk mandarin di tanah-tanah berpasir di Mesir.

Martínez-Alcántara *et al.*, (2012) menyatakan bahwa membandingkan efek aplikasi - split pupuk N dengan DI (DI-F) dengan aplikasi sebar - tunggal dengan irigasi genangan (FI-B) dan menyimpulkan bahwa praktik pengelolaan pupuk-irigasi tidak berpengaruh pada total biomassa pohon dan hasil buah. Namun demikian, NUE lebih tinggi dengan pelepasan nitrat yang lebih rendah pada perlakuan DI-F dibandingkan dengan FI-B pada pohon jeruk. Kumar *et al.*, (2013) mengevaluasi respon tanaman jeruk manis cv. Mosambi terhadap volume air yang berbeda yang diterapkan dengan system irigasi permukaan (V) yaitu, 60, 80 dan 100% V bersama dengan jumlah pupuk yang berbeda yaitu, 75, 100 dan 125% dari dosis pupuk yang dianjurkan (RDF, N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O = 600 g: 200 g: 100 g) di lingkungan lahan kering tanah-tanah berpasir. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa irigasi pada 80% dengan RDF 100% menghasilkan hasil buah tertinggi dengan kualitas buah jeruk yang lebih baik.

Barua dan Hazarika (2014) melaporkan bahwa sistem DI pada 100% kebutuhan air tanaman dengan 120% RDF dengan mulsa plastik hitam

menghasilkan hasil buah 22% lebih tinggi dibandingkan dengan yang aplikasi pupuk ke tanah dengan RDF pada tanah-tanah lempung berpasir dan iklim lembab. Qin *et al.*, (2016a) melaporkan bahwa irigasi defisit (80% dari permintaan air) dan input N (permintaan N rendah, 200 kg ha<sup>-1</sup>) melalui pemodelan simulasi secara signifikan mengurangi kerugian N tanpa pengurangan hasil pada jeruk mandarin Clementine yang diirigasi pada tanah-tanah lempung dengan iklim Mediterania. Qin *et al.*, (2016b) memperkirakan bahwa mengurangi irigasi yang over-optimal menjadi irigasi yang optimal dapat meningkatkan hasil jeruk sebesar 20%, WUE sebesar 30% dan NUE sebesar 15%. Demikian pula, mengurangi pemupukan N yang over-optimal menjadi pemupukan N yang optimal dapat meningkatkan hasil buah jeruk sebesar 10%, WUE sebesar 15% dan NUE sebesar 40%. Secara keseluruhan, respon tanaman jeruk terhadap irigasi dan aplikasi pupuk ternyata berbeda-beda menurut lokasi, jenis tanah, dan praktik budidaya pertanian (Yavuz *et al.*, 2016).

Kultivar jeruk Nagpur-Mandarin (*Citrus reticulata Blanco*) secara komersial dibudidayakan pada areal lahan seluas 0,2 juta ha dari India Tengah (Singh dan Srivastava 2004). Tanah-tanah kebun jeruk ini sebagian besar didominasi oleh vertisol dengan kandungan liat 45-60%. Produktivitas tanaman (9,2 t ha<sup>-1</sup>) terlalu rendah dibandingkan dengan produktivitas varietas jeruk-mandarin (25-30 ton ha<sup>-1</sup>) di negara lain seperti Amerika Serikat, Spanyol, Brasil dan Cina (NHB, 2014). Salah satu penyebab utama rendahnya produktivitas jeruk mandarin Nagpur ini adalah kekurangan air irigasi dalam tahap pertumbuhan kritis tanaman (Huchche *et al.*, 1999). Air tanah adalah satu-satunya sumber irigasi untuk tanaman jeruk. Basin irigasi (BI) dan irigasi-alur bersama dengan pemupukan sebar-tradisional atau penempatan band-pupuk (BPF) di cekungan pohon secara luas dipraktekkan dalam budidaya kebun jeruk mandarin Nagpur. Selama beberapa tahun terakhir, ketinggian air di sumur bor dan sumur-gali menurun secara mengkhawatirkan dan menciptakan kekurangan air di musim panas untuk mempertahankan pertumbuhan tanaman jeruk. Setiap tahun ribuan hektar kebun jeruk secara permanen layu karena kekurangan air, yang merupakan kerugian ekonomis yang besar bagi para petani kebun jeruk. Di sisi lain, hilangnya pupuk melalui limpasan permukaan dan pencucian menyebabkan ketersediaan nutrisi

yang tidak optimal untuk tanaman jeruk dengan aplikasi pupuk secara tradisional dan irigasi permukaan (Huchche *et al.*, 1999; Panigrahi *et al.*, 2009). Oleh karena itu, aplikasi air yang optimal dengan metode irigasi efisien dan pemupukan yang tepat sangat diperlukan untuk kebun-jeruk yang menguntungkan dan berkelanjutan. Dalam beberapa tahun terakhir, system DI secara bertahap mendapatkan popularitas di kalangan petani jeruk (Singh dan Srivastava, 2004). Para petani lebih tertarik dalam aplikasi pupuk melalui sistem infus ini, karena menghemat tenaga kerja dibandingkan dengan metode pemupukan tradisional.

Penelitian irigasi dengan perlakuan yang berbeda selama bulan November hingga Juni (Panigrahi dan Srivastava, 2017) menyatakan bahwa kuantitas air terendah diterapkan pada bulan Desember dan tertinggi pada bulan Mei. Hal ini disebabkan oleh peningkatan evaporatif atmosfer dari bulan Desember hingga Mei, yang terbukti dari data Ep. Selain itu, air yang digunakan dalam sistem BI adalah 51% lebih tinggi daripada sistem DI. Konsumsi air yang lebih tinggi disebabkan oleh kehilangan air karena perkolasi dan rembesan di bawah zona akar tanaman dalam hubungannya dengan peningkatan penguapan pada sistem BI dibandingkan dengan DI. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan pengurangan konsumsi air sebesar 40% pada Jeruk Verna lemon di Spanyol (Sánchez-Blanco *et al.*, 1989), 30% pada jeruk Thompson Navel orange di Spanyol (Holzapfel *et al.*, 2001) dan 35% pada jeruk Kinnow di India utara (Singh *et al.*, 2001) pada sistem DI dibandingkan dengan sistem BI konvensional. Variasi ini karena sifat kultivar jeruk yang digunakan di bawah berbagai kondisi iklim dan tanah, dan metode yang diadopsi dalam penjadwalan irigasi.

### 2.3.1 Variasi air tanah dan penggunaan air

Kadar air tanah pada perlakuan DI dan BI menunjukkan tanggapan yang berbeda dengan magnitudo yang lebih tinggi pada perlakuan DI. Kandungan air tanah yang lebih tinggi di bawah DI adalah karena aplikasi air yang sering dalam jumlah yang tepat. Peningkatan kadar air tanah pada 0,3 m tanah selama Januari-Februari adalah karena terjadi beberapa hujan (10-15 mm) di bulan-bulan ini. Fluktuasi air tanah yang lebih tinggi antara dua pengukuran dalam seminggu di pada system DI dibandingkan dengan BI adalah karena tingkat penguapan yang lebih tinggi dari area permukaan basah pada system BI, seperti yang dilaporkan

oleh Cohen (2001). Selain itu, peningkatan secara progresif dalam hal penipisan air tanah pada kedalaman 0,30 m dengan meningkatnya tingkat irigasi menunjukkan tingkat evapo-transpirasi (ET) yang lebih tinggi dari tanaman pada irigasi yang lebih tinggi, bahkan dalam sistem irigasi dengan volume rendah. Namun demikian, rendahnya fluktuasi air tanah dalam system DI pada kedalaman 0,60 m mencerminkan efektivitas zona akar tanaman (pada sistem DI) dalam lapisan tanah-atas 0-30 cm. Kadar air tanah yang meningkat pada kedalaman 0,60 m dalam system BI menunjukkan perkolasi air irigasi dari lapisan tanah-atas 0-0,30 m. Fluktuasi yang lebih besar dalam hal kandungan air tanah pada kedalaman 0,60 m selama bulan April hingga Juni dan November hingga Maret, mungkin disebabkan oleh perkolasi yang lebih tinggi akibat kuantum pasokan air irigasi yang lebih tinggi selama bulan-bulan musim panas (April-Juni) dalam system BI. Deplesi air tanah yang lebih tinggi dengan tingkat pupuk yang lebih tinggi mungkin disebabkan oleh peningkatan ET karena pertumbuhan vegetatif yang lebih besar dari tanaman jeruk pada perlakuan ini (Panigrahi dan Srivastava, 2017).

Kesetimbangan (neraca) air pada perlakuan yang berbeda-beda menunjukkan bahwa penggunaan air tanah dalam sistem BI (625,5 mm) lebih tinggi daripada sistem DI. Hal ini disebabkan meningkatnya kehilangan air melalui perkolasi-mendalam pada sistem BI dibandingkan dengan DI. Sebaliknya, beberapa penurunan kadar air tanah (sistem DI) pada 50 dan 75% Ep menunjukkan bahwa pohon-pohon jeruk menggunakan sejumlah kuantitas air tanah sisaan dari musim irigasi. Hasil buah maksimum yang diamati pada perlakuan I2F2 adalah karena fotosintesis yang lebih baik dari daun yang disebabkan oleh ketersediaan air tanah yang optimal dan hara yang cukup di zona akar tanaman jeruk (Panigrahi dan Srivastava, 2017). Hasil buah jeruk yang lebih tinggi pada kondisi optimal drip-fertigation dibandingkan dengan kondisi irigasi permukaan dengan pemupukan konvensional, juga diamati pada berbagai kultivar jeruk (Duenhas et al., 2005). WUE dan FUE tertinggi juga ditemukan pada perlakuan I2F2, karena peningkatan yang lebih tinggi dalam hal hasil buah per unit peningkatan air dan penggunaan pupuk pada perlakuan ini dibandingkan dengan perlakuan lain.

Sehubungan dengan kualitas buah, kandungan jus tertinggi (40,1%) tercatat pada perlakuan I3F3. Perlakuan I2F2 menghasilkan buah dengan TSS tertinggi

(10.3°Brix) dan keasaman terendah (0.82%) (Panigrahi dan Srivastava, 2017). Ketersediaan air tanah yang lebih tinggi mungkin menjadi alasan dari kandungan sari yang lebih tinggi yang menghasilkan TSS yang lebih rendah dan tingkat keasaman buah yang lebih tinggi di I3F3. BI dengan BPF menghasilkan buah dengan kualitas buah yang lebih rendah dibandingkan dengan DI (kecuali I1F1). TSS yang lebih tinggi dan keasaman yang lebih rendah dalam buah-buahan di bawah suplai air dan pemupukan yang optimal melalui sistem infus melalui irigasi permukaan dengan aplikasi pupuk tradisional juga diamati sebelumnya pada jeruk Valencia (Koo dan Smajstrla, 1984) dan Thompson Navel orange (Holzapfel *et al.*, 2001).

Penerapan irigasi dan pupuk melalui sistem infus ditemukan menjadi teknik penghematan air dan pupuk yang potensial di Nagpur mandarin. Rezim DI optimal (75% dari kelas-A) dalam kombinasi dengan 75% RDF menghemat sekitar 40% air dan 25% pupuk dibandingkan dengan sistem irigasi-alur (parit) dengan penempatan band-pupuk. Drip-fertigation juga meningkatkan hasil buah hingga mencapai 65% dan meningkatkan kualitas buah (Juice persen, TSS, keasaman) dibandingkan system irigasi-basin dengan metode band-pupuk. Produktivitas yang lebih tinggi menggunakan lebih sedikit air dan pupuk menghasilkan 148 dan 118% peningkatan WUE dan FUE, masing-masing pada irigasi yang optimal dan rezim pupuk (I2F2) dibandingkan dengan band-pupuk dengan irigasi basin (Panigrahi dan Srivastava, 2017). Peningkatan hasil buah dengan buah berkualitas unggul menggunakan lebih sedikit air dan pupuk dengan system DI, menjamin adopsinya dalam budidaya jeruk. Hal ini bisa membantu memperluas jangkauan irigasi, yang menghasilkan peningkatan produksi kebun jeruk.

#### **2.4 Karakteristik Lahan Untuk Tanaman Jeruk**

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 dimanfaatkan untuk pertanian (Hardjowigeno, 2007). Tanamn jeruk membutuhkan karakteristik kesesuaian lahan berbeda dari tanaman lainnya, sebagai contoh karakteristik iklim

sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Tinggi tempat budidaya tanaman jeruk bervariasi tergantung spesiesnya dari dataran rendah sampai tinggi.

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 sesuai akan mempercepat terjadinya degradasi lahan itu sendiri. Penilaian penggunaan lahan berpotensi terhadap peningkatan produksi lahan perlu dipertimbangkan. Keterbatasan produksi pertumbuhan tanaman disebabkan oleh banyak faktor utama seperti faktor tanah 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).

### **2.5 Karakteristik Tanah Untuk Tanaman Jeruk**

Tanaman jeruk manis ditanam diberbagai jenis tanah, dari tanah pasir kasar sampai tanah liat berat. Tanah tidak boleh tergenang air. Di daerah yang tergenang air harus segera dikeringkan, atau menanamnya pada tanah yang ditinggikan. Drainase yang baik sangat perlu untuk memperoleh hasil yang tinggi. Tanah yang baik untuk tanaman jeruk yaitu bila berasal dari tanah yang subur, cukup dalam dan tidak beragam. Tanaman jeruk tidak mempunyai banyak akar rambut atau boleh dikatakan tidak mempunyai akar rambut. Oleh karena itu, tanah tempat tumbuhnya harus cukup humus atau bahan organik kompos, pupuk kandang, pupuk hijau). Struktur fisik tanah sangat penting, tanah harus bisa mengikat dan merembeskan air, jangan sampai tanah tergenang. Tanaman jeruk manis yang ditanam pada tanah yang cukup bahan organik sampai lapisan dalam lebih dari 50 cm, akan lebih cepat besar pertumbuhannya. Di Indonesia tanaman jeruk bisa hidup baik pada pH 5-6. Bila pH terlalu rendah, tanah ditambah kapur atau dolomit ( dolomit yaitu campuran karbonat dan magnesium karbonat ) (Balitjestro, 2014).

Jenis tanah Andosol dan Latosol sangat cocok untuk budidaya jeruk. Derajat keasaman tanah (pH tanah) yang cocok untuk budidaya jeruk adalah 5,5–6,5 dengan pH optimum 6. Air tanah yang optimal berada pada kedalaman 150–200 cm di bawah permukaan tanah. Pada musim kemarau 150 cm dan pada musim hujan 50

cm. Tanaman jeruk menyukai air yang mengandung garam sekitar 10%. Tanaman jeruk dapat tumbuh dengan baik di daerah yang memiliki kemiringan sekitar 30° (Puji, 2005).

Pohon jeruk lebih menyukai tanah bertekstur ringan hingga sedang, dengan drainase yang baik dan bebas dari air yang tergenang. Tanaman jeruk orange tidak tumbuh dengan baik di tanah-tanah yang sebelumnya ditumbuhi dengan jenis jeruk lainnya. Hal ini berkaitan dengan akumulasi zat toksik dalam tanah, dari waktu ke waktu, dan / atau keberadaan beberapa patogen tertentu (*Thielaviopsis basicola* dan *Tylenchulus semipenetrans*). Lokasi yang cocok untuk kebun jeruk-oranye adalah posisi lahan menurun, permukaan lahan yang datar, dimana arus dingin dapat mengalir dengan bebas. Erosi tanah di lokasi seperti ini kebanyakan dihindari dengan memasang area berumput permanen yang dipertahankan pada tingkat rendah di antara barisan penanaman pohon jeruk. Di tanah-tanah dengan kemiringan yang curam, lebih baik untuk membuat teras-teras. Produksi yang memuaskan tercapai pada tanah dengan pH 5,5 (agak asam) hingga pH 6,5, tetapi pohon jeruk dapat mentoleransi pH 4,5 hingga 8,0. Tanaman jeruk sensitif terhadap garam atau salinitas. Jadi, jika air mengandung banyak garam, maka pertumbuhan dan produktivitas pohon jeruk dapat dibatasi.

Tanah untuk tanaman jeruk idealnya harus gemur, kaya bahan organik dan drainagenya baik. Pohon jeruk kemungkinan akan menderita di tanah-tanah liat berat atau tanah-tanah yang mempertahankan banyak air. Lempung pasir yang sareang adalah tanah yang ideal untuk pohon jeruk. Jika tanah tidak mengering (drainage) dengan sendirinya, maka pohon jeruk ditanam di sepanjang punggung bukit untuk mendorong air mengalir ke luar dari zone akar pepohonan. Hindari erosi di punggung bukit ini dengan menggunakan mulsa atau penutup tanah lain untuk membantu menahan tanah di tempat selama hujan dan irigasi. Dalam cuaca panas dan lembab, bahan organik tanah akan mengalami dekomposisi lebih cepat, yang berarti bahwa tanah-tanah yang kaya, akan kehilangan nutrisi dengan cepat. Tambahkan pupuk kandang atau kompos ke tanah untuk memperkaya dan membantu pohon jeruk mendapatkan banyak nutrisi dari tanah. Bahan organik di dalam tanah penting bukan hanya untuk nutrisi tanaman, tetapi juga untuk

menciptakan lapisan tanah yang memungkinkan drainase dan mendorong pertumbuhan akar.

Nilai pH tanah penting untuk menanam pohon jeruk secara produktif. pH adalah ukuran seberapa asam atau alkali suatu tanah. Pohon jeruk lebih menyukai pH tanah 5,5-6,5. Uji pH tanah dapat dilakukan dengan menggunakan kit yang tersedia secara komersial yang dapat dibeli secara online. Menambahkan kompos atau pupuk kandang ke tanah dapat membantu menjaga pH yang baik untuk pohon jeruk.

Potassium (K) sangat aktif di semua fase pertumbuhan tanaman, yaitu dari sel individu hingga ke xilem dan floem. Kation ini memainkan peran utama dalam hal-hal (1) aktivasi enzim; (2) sintesis protein; (3) fungsi stomata; (4) stabilisasi pH internal; (5) fotosintesis; (6) proses-proses turgor; dan (7) transportasi metabolit. Pohon jeruk umumnya tidak menunjukkan gejala kekurangan K yang terlihat di berbagai status K di daun, kecuali ketika konsentrasi daun turun di bawah 3-4 mg kg<sup>-1</sup> (Alva *et al.*, 2006). Namun, kualitas buah cukup sensitif terhadap berbagai tingkat ketersediaan K. Kandungan K yang tinggi menyebabkan ukuran buah besar dengan kulit tebal dan kasar. Sebaliknya, kekurangan K menghasilkan buah yang lebih kecil dengan kulit tipis. Berkaitan dengan sifat juice, nutrisi K memiliki peran yang signifikan dalam keasaman jus; yaitu, keasaman jus tinggi dengan ketersediaan K tinggi, sementara ketersediaan K rendah menyebabkan penurunan keasaman jus. Ketersediaan K yang tinggi di dalam tanah dapat mengurangi penyerapan kation lain, terutama magnesium, kalsium, dan ammonium. Informasi yang tersedia mengenai efek ketersediaan K yang bervariasi pada hasil buah jeruk, kualitas pascapanen buah, juga kualitas jus sangat penting. Rekomendasi saat ini pada aplikasi analisis tanah dan daun untuk evaluasi status hara K dan pemupukan K (Alva *et al.*, 2006).

## **2.6 Perakaran Tanaman Jeruk dan Karakteristik Tanah**

Pemahaman pola pertumbuhan akar-akar halus pada pohon jeruk [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] memungkinkan penempatan pupuk yang tepat untuk meningkatkan efisiensi serapan hara dan untuk mengurangi pencucian hara ke lapisan tanah di bawah zona akar. Morgan, Obreza dan Scholberg (2007) meneliti hubungan kerapatan panjang akar-akar halus tanaman jeruk (FRLD-fibrous root



length density) sebagai fungsi dari kedalaman tanah, jarak dari batang, dan ukuran pohon. Sistem akar dari 18 pohon dengan volume kanopi pohon (TCV) mulai dari 2,4 hingga 34,3 m<sup>3</sup> pada dua macam batang bawah yang berbeda dan tumbuh di tanah berpasir yang drainagenya baik diambil sampelnya secara sistematis yang berjarak 2 m dari batang dan kedalaman 0,9 m. Pohon jeruk dengan batang bawah *Swingle citrumelo* [*Citrus paradisi* Macf. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] memiliki FRLD lebih besar secara signifikan pada lapisan topsoil 0,15 m daripada batang bawah *Carrizo citrange* (*C. sinensis* × *P. trifoliata*). Sebaliknya, *Carrizo citrange* memiliki FRLD lebih besar pada lapisan 0,15-0,75 m di bawah permukaan tanah. FRLD secara signifikan lebih besar pada jeruk 'Hamlin' yang ditanam dengan batang bawah *Swingle citrumelo* pada jarak kurang dari 0,75 m dari batang, dibandingkan dengan yang ada pada jeruk *Carrizo citrange* (Morgan, Obreza dan Scholberg, 2007). Akar-akar rambut dari pohon jeruk muda membentuk semacam tikar akar yang rapat pada lapisan tanah permukaan 0,3 m yang meluas secara radial dan dengan kedalaman tanah, seiring dengan waktu pertumbuhan pohon dan peningkatan tajuknya. Hubungan fungsional yang dikembangkan dalam penelitian ini menjelaskan perubahan FRLD dengan peningkatan ukuran pohon.

Observasi lapangan menunjukkan bahwa penurunan muka air-tanah dari 76-117 cm dapat menggandakan jumlah akar penyerap di profil tanah dan meningkatkan ukuran pohon jeruk (Ford, 1954). Ukuran pohon dan total akar penyerap menurun untuk pohon-pohon yang tumbuh di lokasi lebih dari 39 m di luar ujung sistem drainase. Penurunan tabel muka-air ini hanya 13 cm menghasilkan peningkatan 25% konsentrasi akar dengan peningkatan ukuran pohon yang nyata.

Akar tanaman jeruk yang ditemukan tumbuh ke lapisan bawah 60 cm dalam 1 tahun setelah penurunan tabel air-tanah dengan saluran air yang baru dipasang. Tiga puluh persen dari keseluruhan sistem akar penyerap dan 66% dari pertumbuhan akar baru ternyata rusak ketika permukaan air-tanah naik ke level 1 m. Hasil penelitian yang serupa telah dicatat di pantai timur Florida (Reitz dan Long, 1955) dimana studi distribusi akar menunjukkan bahwa muka-air tahunan yang tinggi menentukan rata-rata kedalaman perakaran tanaman jeruk.

Karakteristik tanah mempengaruhi pertumbuhan pohon, ketika lahan memiliki drainase yang sangat baik dengan tabel air-tanah di bawah 1,5 m (Ford dan Eno, 1962). Pertumbuhan akar dalam profil tanah praktis berhenti ketika akar memasuki zone “pasir-putih”. Akar penyerap berada dalam konsentrasi yang lebih besar dalam pasir yang mengandung lebih banyak bahan organik di seluruh profil tanah. Disimpulkan setelah mempelajari mikroorganisme, akar penyerap pada tanaman jeruk, produksi nitrat dan kandungan nutrisi; karakteristik yang paling erat hubungannya dengan ukuran pohon adalah jumlah akar penyerap per satuan volume tanah.

Kedalaman perakaran minimum 91 cm diperlukan oleh tanaman pohon jeruk yang tumbuh pada tipe tanah “flatwoods” yang bereaksi masam di Florida. Lapisan organik lunak (horison spodik) yang ditemukan dalam profil tanah berpasir dan lahan basah telah menjadi media yang memuaskan untuk pengembangan akar penyerap pada kondisi drainase yang memadai (Ford, 1963). Sekitar 50% dari seluruh sistem akar dari setiap pohon jeruk ditemukan di horison spodik bertekstur pasir halus. Ketebalan lapisan spodik rata-rata 43 cm di bawah pohon berumur 12 tahun setinggi 4,5 m. Lapisan spodik ini 75 cm di bawah permukaan. Pencampuran lapisan spodik dengan lapisan terlindi-putih bersama dengan aplikasi dolomit atau batu kapur kalsitik dosis tinggi telah dievaluasi. Pencampuran profil dan menambahkan kapur dapat memperbaiki pertumbuhan pohon jeruk muda (Bryan, 1962; Stewart, Calvert and Rogers, 1975).

Struktur sistem akar menentukan volume tanah yang dapat diakses oleh tanaman serta jalur untuk pengambilan air dan zat terlarut (Kramer dan Boyer, 1995). Meningkatnya panjang akar-akar rambut berdiameter halus dalam sistem akar tanaman dapat meningkatkan jumlah air dan nutrisi yang tersedia bagi tanaman (Tinker dan Nye, 2000). Tujuan dari aplikasi pupuk biasanya adalah menempatkan nutrisi di dalam zona akar tanaman untuk memastikan penyerapan unsur hara yang paling efisien. Mempertahankan air yang cukup dan konsentrasi nutrisi dalam tanah yang ditempati oleh sistem akar tanaman sangat penting untuk penyerapan nutrisi yang optimal (Scholberg et al., 2002). Oleh karena itu, memahami distribusi spasial akar-akar rambut (akar halus) sangat penting untuk memastikan posisi pupuk yang

tepat, meningkatkan efisiensi penyerapan hara, dan mengurangi pencucian hara di bawah zona akar.

Beberapa penelitian di Florida menunjukkan bahwa ukuran dan hasil pohon jeruk terkait dengan kepadatan atau distribusi berat kering akar-akar rambut di tanah berpasir yang solumnya dalam di Florida tengah (Castle dan Krezdorn, 1975; Ford, 1954, 1964, 1968, 1969, 1972). Castle dan Krezdorn (1975) mendeskripsikan dua tipe umum dari sistem akar jeruk, yang dicirikan oleh pengembangan lateral dan vertikal yang luas dan oleh kepadatan akar-akar rambut yang intensif di dekat permukaan tanah. Pohon-pohon jeruk nipis (*Citrus jambhiri Lush*), lemon Volkamer (*C. volkameriana Pasquale*), dan jeruk manis kapur Palestina (*C. limettioides Tan.*) merupakan pohon jeruk dengan struktur akar yang luas dimana 50% dari akar-akar rambutnya berada di kedalaman tanah lebih dari 0,7 m. Pohon-pohon besar dengan hasil buah yang tinggi dan sistem akar yang luas mendominasi industri jeruk di Florida; pohon-pohon jeruk ini diirigasi secara kurang intensif dan ditanam pada kepadatan yang jauh lebih rendah. Sayangnya, jeruk nipis telah hampir dieliminasi sebagai batang bawah komersial sebagai akibat dari penyakit hawar jeruk pada 1970-an dan 1980-an (Castle, 1980). *Carrizo citrange* dan *Swingle citrumelo* adalah contoh dari sistem akar tipe intensif dengan sedikit akar-akar rambut di bawah kedalaman 0,7 m dan kurang perkembangan akar lateral (Castle dan Krezdorn, 1975). Batang bawah ini sekarang mendominasi industri jeruk Florida dan sangat cocok untuk penanaman berkepadatan tinggi dan intensif (Castle, 1978).

Kepadatan berat kering akar fibrosa berkisar antara 300 dan 1200 g • m<sup>-3</sup> tergantung pada batang bawah, jarak dari pohon, dan kedalaman tanah (Castle, 1978, 1980). Kepadatan panjang akar rambut maksimum berkisar antara 0,53 cm • cm<sup>-3</sup> untuk *Swingle citrumelo* hingga 2,02 cm • cm<sup>-3</sup> untuk trifoliata orange (*P. trifoliata*) (Eissenstat, 1991). Kepadatan berat kering akar-akar rambut pada kedalaman tanah 0-3,5 m-m meningkat dari 450 hingga 1000 g•m<sup>-3</sup> ketika jarak-tanam antara barisan pohon menurun dari 4,5 hingga 2,5 m (Elezaby, 1989). Eissenstat *et al.*, (1999) menemukan bahwa serapan air dan serapan hara tanaman jeruk menjadi fungsi FRLD dan kandungan air tanah. Pemodelan serapan air dan solute umumnya didasarkan pada distribusi akar spasial dan panjang akar, atau

kepadatan panjang akar (Chandra dan Rai, 1996; Hayhoe, 1981; Mmolawa dan Atau, 2000).

Distribusi bobot akar-akar rambut dalam referensi yang disebutkan sebelumnya terkait dengan umur pohon, tetapi hubungan antara bobot kering akar rambut atau FRLD dengan ukuran pohon belum dapat dijelaskan secara tuntas. Banyak factor, seperti batang bawah, jenis tanah, praktik irigasi, dan status hara dapat berkontribusi pada pohon dengan usia yang sama yang berbeda-beda ukuran tajuknya. Dengan demikian, umur pohon mungkin bukan indeks yang dapat diandalkan untuk mendasari hubungan distribusi akar (Morgan, Obreza dan Scholberg, 2007).

Kepadatan panjang akar rambut (fibrus) (FRLD) tidak berbeda secara signifikan ( $p > 0,05$ ), di antara tahun-tahun menunjukkan sedikit perubahan kepadatan panjang akar pohon jeruk 'Hamlin' dewasa setelah ukuran penyimpanan diperoleh (Morgan, Obreza dan Scholberg, 2007). Oleh karena itu, FRLD dikumpulkan ( $n = 12$ ) dan dianalisis untuk mengetahui adanya interaksi antara batang bawah, kedalaman tanah, dan jarak dari batang. Meskipun rata-rata FRLD hingga kedalaman tanah 0,9 m tidak signifikan secara statistik ( $p < 0,05$ ) di antara batang bawah (0,36 dan 0,41  $\text{cm}\cdot\text{cm}^{-3}$  tanah untuk batang bawah Carrizo citrange dan Swingle citrumelo), interaksi yang signifikan ( $p < 0,01$ ) antara batang bawah dan kedalaman. Hal ini menunjukkan pola distribusi akar yang berbeda di antara dua jenis batang bawah. Pohon-pohon dengan batang bawah Swingle ternyata mempunyai FRLD yang signifikan lebih besar ( $p < 0,05$ ) di dekat permukaan tanah dibandingkan dengan jeruk berbatang bawah Carrizo citrange ((Morgan, Obreza dan Scholberg, 2007)). Namun, FRLD pada jarak dari pohon 0,15 m berkisar antara 0,9-2,0  $\text{cm}\cdot\text{cm}^{-3}$  pada jarak 1,5 m atau kurang untuk jeruk berbatang bawah Swingle citrumelo, sedangkan FRLD berkisar 0,7-1,2  $\text{cm}\cdot\text{cm}^{-3}$  pada jeruk berbatang bawah Carrizo citrange. Rata-rata FRLD menurun menjadi 0,16  $\text{cm}\cdot\text{cm}^{-3}$  untuk kedua jenis batang bawah pada kedalaman tanah 0,30-0,45-m dan meningkat pada kedalaman tanah 0,6-0,75 m (Morgan, Obreza dan Scholberg, 2007). Dalam studi serupa pada kerapatan akar apel (*Malus pumila* Mill.), Sharma dan Chauham (2005) menemukan hampir semua akar-akar fibrous pada kedalaman tanah 50 cm dengan sangat sedikit akar pada kedalaman 75-100 cm.

Distribusi FRLD di antara 12 pohon jeruk dewasa 'Hamlin' mirip dengan distribusi intensif yang dijelaskan oleh Castle dan Krezdorn (1975) dengan 50-66% dari total akar fibrous berada pada kedalaman tanah 0,9 m, banyak akar pada topsoil 0,30 m dan sedikit akar pada kedalaman 0,75 m (10%). Akar fibrous lateral kurang berkembang pada pohon jeruk dewasa dengan kedua jenis batang bawah, hanya sekitar 11% akar-akar fibrous berada di luar jarak 1,75 m dari batang. Hassan (1984) melaporkan distribusi kepadatan akar yang serupa untuk jenis jeruk Swingle citrumelo dan citrange tanpa nama. Proporsi akar fibrous dan serapan hara ternyata sama besar pada lapisan tanah atas 0,5 m. Thakur et al. (1981) menyimpulkan bahwa "tanaman jeruk pada dasarnya adalah feeder-permukaan". Peneliti ini menemukan bahwa lapisan tanah-atas 0,45 m mengandung  $\approx 76\%$  dari panjang akar fibrous jeruk Swingle citrumelo. Hal ini sebanding dengan penelitian oleh Mikhail dan El-Zefhoui (1979) yang menemukan bahwa 79% dari total berat akar fibrous jeruk 'Valencia' terdapat pada lapisan tanah atas 0,60 m di tanah berpasir, sedangkan tanah liat mengandung 94% akar pada kedalaman yang sama. Namun demikian, pohon jeruk batang bawah Carrizo citrange memiliki lebih banyak FRLD pada kedalaman tanah lebih dari 0,45 m dibandingkan dengan pohon jeruk yang ditanam dengan batang bawah Swingle citrumelo, sehingga hanya 58% dari panjang akar pohon Carrizo ditemukan pada kedalaman 0,45 m (Morgan, Obreza dan Scholberg, 2007).

Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak dari batang pohon kurang berpengaruh terhadap distribusi akar fibrous di antara jenis batang bawah (Morgan, Obreza dan Scholberg, 2007). Swingle citrumelo mempunyai FRLD secara signifikan lebih besar ( $p < 0,05$ ), pada jarak 0,5 m dari batang dan proporsi yang lebih besar dari panjang akar pada jarak 0 hingga 75 cm dari batang, dibandingkan dengan pohon jeruk Carrizo citrange. Namun, pohon jeruk Carrizo citrange memiliki FRLD lebih besar dan proporsi panjang akar lebih besar pada jarak 1 m dari batang pohon dibandingkan dengan jeruk Swingle citrumelo. Hampir 90% dari total panjang akar dari kedua batang bawah berada pada jarak 1,75 m dari batang. Jarak ini sesuai dengan payung tajuk pohon dan zona irigasi (Morgan, Obreza dan Scholberg, 2007). Sharma dan Chauham (2005) menemukan 80% dari total akar fibrous dari pohon apel dewasa (tajuknya berdiameter 2 m) berada pada jarak 50-

150 cm dari batang pohon. Plessis dan Smith (1973) menemukan 80% dari akar fibrus di bawah kanopi mangga (*Mangifera indica L.*).

Hasil-hasil penelitian sebelumnya telah menyimpulkan bahwa peningkatan FRLD in-row kemungkinan besar adalah karena tumpang tindih dari pohon-pohon yang berdekatan (Kaufmann *et al.*, 1992; Whitney *et al.*, 1991).

Perbedaan FRLD di antara jenis batang bawah menunjukkan bahwa kedalaman irigasi dan kedalaman penempatan pupuk berdasarkan distribusi akar harus spesifik-batang bawah. Dengan demikian, pohon jeruk dewasa berbatang bawah Swingle citrumelo harus diirigasi ke kedalaman lebih dangkal dibandingkan dengan pohon jeruk berbatang bawah Carrizo citrange. Irigasi-dalam di luar radius 0,45 m untuk jeruk Swingle citrumelo atau radius 0,6 m untuk jeruk Carrizo citrange akan membuang air dan sangat meningkatkan risiko pencucian hara di bawah zona akar, berpotensi mengurangi efisiensi penggunaan pupuk.

Kerapatan akar fibrous secara signifikan berbeda ( $p < 0,01$ ) baik untuk kedalaman tanah dan jarak dari batang pohon (Morgan, Obreza dan Scholberg, 2007) pada berbagai ukuran pohon ( $TCV = 3 - 35 \text{ m}^3$ ). Regresi linier antara FRLD dan proporsi panjang akar ternyata signifikan ( $p < 0,01$ ) dengan kemiringan negative, pada kedalaman tanah 0-0,15 m dan 0,15-0,30 m menunjukkan pengurangan proporsi panjang akar dengan meningkatnya ukuran pohon. Proporsi panjang akar dalam radius 0,15 m menurun dari  $\approx 60\%$  menjadi  $\approx 45\%$  kalau volume kanopi meningkat pada kisaran ukuran pohon yang sama (Morgan, Obreza dan Scholberg, 2007). Demikian juga, proporsi panjang akar menurun dari 27% menjadi 13% pada kedalaman tanah 0,15-0,3 m kalau ukuran pohon meningkat. Sebaliknya, FRLD meningkat pada kedalaman tanah lebih dari 0,45 m dengan meningkatnya TCV (Tree canopy volume). Regresi linier dari FRLD dan volume kanopi menunjukkan signifikan ( $p \leq 0,10$ ) pada kedalaman tanah lebih dari 0,45 m.

Distribusi FRLD pohon-pohon jeruk berbatang bawah Swingle citrumelo dan Carrizo citrange meningkat dengan kedalaman tanah dan jarak lateral dari pohon, hal ini menghasilkan pohon jeruk dewasa dengan sistem akar bimodal. Meskipun kedua jenis batang bawah mengembangkan sistem akar yang rapat pada lapisan tanah atas 0,3 m, akar-akar mampu menembus kedalaman 1 m. Memperluas sampling ke kedalaman tanah yang lebih besar pada tanah yang drainagenya baik

repository.ub.ac.id

mungkin sangat berguna untuk lebih akurat menggambarkan pola spasial dari zona akar tanaman jeruk. Pohon-pohon jeruk Swingle citrumelo mengembangkan FRLD yang lebih banyak di dekat permukaan tanah dan FRLD yang lebih sedikit di bawah lapisan tanah 0,3 m daripada jeruk Carrizo citrange. Distribusi kepadatan panjang akar ini menunjukkan bahwa ukuran pohon menyumbang sebagian besar variabilitas FRLD dengan jarak dari pohon dan kedalaman tanah. Dengan demikian model distribusi FRLD dapat dikembangkan jika ukuran pohon dan batang bawah dimasukkan sebagai variabelnya.

Volume kanopi pohon (TCV) dan luas penampang pangkal batang (TCSA) dari setiap pohon diperkirakan untuk membandingkan kepadatan panjang akar dengan ukuran pohon. Diameter kanopi setiap pohon diukur 1,5 m di atas tanah di dalam dan di seberang barisan pohon. Tinggi pohon dan pengukuran *hedgerow-intercept* dilakukan dengan menggunakan tiang 5 m. Potongan *Hedgerow* adalah ketinggian dari tanah ke titik dimana kanopi dua pohon bertemu di barisan pohon. Pengukuran ini telah digunakan oleh Whitney *et al.*, (1991) untuk menentukan TCV berdasarkan model sferoidal. Diameter batang 0,05 m di atas tanah diukur baik di dalam-barisan dan di luar barisan pohon. TCSA ditentukan untuk setiap pohon dengan asumsi bentuknya eliptik.

Castle (1980c) menyajikan hasil kajiannya mengenai: (1) anatomi dan morfologi akar dengan penekanan pada hubungan struktural akar dengan fungsionalnya, (2) distribusi akar fibrous dan variasinya dengan batang bawah dan lingkungan tanah, dan distribusi untuk pohon memungkinkan ekspresi maksimum potensinya, (3) periodisitas pertumbuhan akar, (4) aktivitas penyerapan air dan hara oleh akar individual dan seluruh sistem akar, pentingnya mikoriza dan fisiologi hormon akar, dan (5) *root:shoot* rasio, sarana praktis untuk manipulasinya dan hubungan kerapatan dan distribusi akar dengan kinerja pohon.

Efek jenis tanah dan jenis batang bawah pada kinerja pohon jeruk Valencia yang diukur dengan distribusi akar, komposisi daun dan hasil buah telah dipelajari. Mayoritas akar terkonsentrasi dalam lapisan tanah-atas 60 cm (Mikhail dan El-Zeftawi, 1979). Pohon-pohon di pasir Murray memiliki akar dua kali lebih banyak daripada pohon di tanah pasir dangkal Barmera, atau seperti pada tanah pasir Moorook di bawah lapisan 90 cm. Klorofil dan kadar besi paling rendah pada daun

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

muda yang berumur 3 bulan dan meningkat seiring dengan bertambahnya umur daun. Kandungan hara seng, mangan, magnesium, kalsium dan klorida menunjukkan kecenderungan serupa. Pohon-pohon jeruk pada tanah lempung berpasir Moorook tidak menunjukkan gejala klorotik, meskipun kandungan klorofilnya rendah dan produksi buahnya terendah.

Kebun jeruk sering ditandai dengan terjadinya pola pertumbuhan tanaman yang tidak teratur dan buruk. Di Afrika Selatan, hal ini merupakan konsekuensi dari pembukaan kebun jeruk pada tanah-tanah yang kurang subur (Nel dan Bennie, 1984). Pertumbuhan tanaman yang buruk tidak selalu terkait dengan terjadinya lapisan tanah yang permeabilitasnya buruk. Hal ini mendorong penyelidikan efek sifat tanah lainnya yang mungkin terlibat. Beberapa peneliti melaporkan pengaruh karakteristik tanah pada pertumbuhan tanaman jeruk dan perkembangan akar (Nel dan Bennie, 1984). Meskipun ada banyak bukti bahwa sifat tanah mempengaruhi perkembangan tanaman dan hasil buah jeruk, sangat sedikit yang diketahui tentang pengaruh relatif sifat-sifat tanah dan hubungan kuantitatifnya. Parameter pertumbuhan pohon dan akar berkorelasi signifikan dengan sejumlah sifat tanah. Hubungan yang baik terjadi antara ketahanan penetrometer, kapasitas udara (pada FWC), pertumbuhan pohon dan perkembangan akar. Pertumbuhan pohon dan pertumbuhan akar juga terbatas pada tanah-tanah yang porositasnya kurang dari 15% (Nel dan Bennie, 1984).

Penetrasi dan perkembangan akar juga dipengaruhi oleh jenis tanah. Distribusi akar pohon jeruk jauh lebih dalam dan lebih seragam pada tanah-tanah seri Bontberg daripada seri Msinga dan Doveton (Nel dan Bennie, 1984). Hal yang penting adalah pembatasan lebih dari 80% total area cross-sectional akar di lapisan tanah atas seri Doveton; sedangkan 60% dari total area cross sectional akar dalam seri tanah Bontberg terdapat pada lapisan tanah atas 300 mm. Dari sini dapat disimpulkan bahwa penetrasi akar ke lapisan tanah atas (> 300 mm) sangat terbatas dalam seri tanah Doveton dan cukup terbatas dalam seri tanah Msinga. Volume pohon berkorelasi signifikan dengan parameter pertumbuhan akar (Nel dan Bennie, 1984). Pertumbuhan pohon meningkat dan sejumlah besar akar halus dihasilkan dimana akar menembus ke lapisan tanah. Pohon yang lebih besar dengan demikian



distribusi akarnya lebih homogen di seluruh profil tanah, sedangkan pohon yang lebih kecil terjadi ketika sebagian besar akarnya terbatas pada lapisan tanah-atas.

Beberapa sifat tanah berkorelasi signifikan dengan parameter pertumbuhan pohon dan akar di kebun jeruk. Analisis statistik menunjukkan bahwa ketahanan penetrometer dan kapasitas udara dapat digunakan untuk menjelaskan variasi ini. Pertumbuhan pohon dan akar menurun dengan peningkatan resistensi penetrometer di atas  $0,5 \text{ kg m}^{-2}$ ; pohon-pohon yang sangat kecil terjadi di tanah-tanah dengan lapisan tanah yang mempunyai resistensi lebih dari  $2,5 \text{ kg m}^{-2}$  (Nel dan Bennie, 1984).

Pertumbuhan pohon dan akar yang terbatas terjadi pada nilai kapasitas udara kurang dari 15% pada kondisi FWC (Nel dan Bennie, 1984). Nilai porositas udara diukur selama periode 260 hari dengan bantuan pembacaan tensiometer. Dalam seri tanah Doveton, porositas udara selama periode ini hampir terus menerus kurang dari nilai kritis yang diasumsikan sebesar 15% di seluruh profil tanah. Hal ini tampaknya menjadi alasan mengapa pohon-pohon tumbuh kecil dan pertumbuhan akar sangat terbatas. Pohon besar dan pertumbuhan akar tak terbatas diamati pada seri tanah Bontberg dimana porositas udara di lapisan tanah bawah selalu di atas nilai kritis yang diasumsikan. Disarankan bahwa ketika menjadwalkan irigasi dengan Pan-tipe A, seperti yang terjadi di kebun jeruk, faktor tanaman yang berbeda harus digunakan untuk tanah-tanah yang berbeda. Penjadwalan dengan tensiometer dilakukan untuk menjaga potensi matriks dari lapisan tanah lebih rendah dari nilai yang sesuai dengan 15% porositas udara.

Efek-efek elevasi, batang bawah, dan kedalaman tanah terhadap kualitas nutrisi jeruk mandarin dari 11 rumpun di California diselidiki oleh spektroskopi resonansi magnetik nuklir (NMR) dengan mengukur 29 senyawa dan menerapkan analisis data statistik multivariat. Perbandingan jus dari jeruk di kebun dengan tanah yang lebih dalam dan akar tanaman trifoliolate dibandingkan dengan tanah yang solumnya dangkal dan C-35 menunjukkan perbedaan dalam hal konsentrasi 4-aminobutyrate, etanol, fenilalanin, suksinat, dan isoleusin (Zhang *et al.*, 2011c). Perbandingan buah jeruk dari pohon yang tumbuh pada lokasi yang lebih tinggi dan lebih rendah mengungkapkan bahwa jeruk yang tumbuh di lokasi lebih tinggi memiliki konsentrasi asam amino, suksinat, dan 4-aminobutyrate yang lebih tinggi

dan konsentrasi gula yang lebih rendah dan glukosida limonin lebih rendah. Perbedaan ini menunjukkan bahwa jenis batang bawah, kedalaman tanah, dan perbedaan ketinggian-tempat mempengaruhi komposisi nutrisi buah jeruk.

Suhu dingin ( $<20^{\circ}\text{C}$ ) dan defisit air telah lama diketahui menyebabkan gangguan pembungaan pada pohon jeruk (Chica dan Albrigo, 2013). Namun, belum ada laporan tentang efek gabungan dari kedua faktor ini dalam literature, meskipun suhu dingin dan defisit air biasanya terjadi secara alami bersama-sama di banyak daerah penghasil jeruk. Para peneliti berusaha mengkarakterkan respon-respon berbunga dari dua spesies jeruk terhadap gabungan suhu dingin dan defisit air di ruang pertumbuhan dan kondisi lapangan. Interaksi suhu dingin (induktif) dan hangat (non-induktif) dengan defisit air diuji dalam dua eksperimen dalam ruang pertumbuhan terpisah. Dalam kedua percobaan ini ternyata interaksi statistik antara efek suhu dan defisit air sangat signifikan. Defisit air ringan meningkatkan jumlah perbungaan yang diinduksi pada pohon jeruk pada kondisi thermo  $23/18^{\circ}\text{C}$  (siang / malam) dibandingkan dengan pohon pada kondisi  $15/10^{\circ}\text{C}$  (malam hari); sedangkan defisit air moderat meningkatkan jumlah perbungaan yang terbentuk pada  $15^{\circ}\text{C}$  (tidak ada variasi siang / malam) dibandingkan dengan pohon jeruk yang tumbuh pada suhu  $23^{\circ}\text{C}$  (Chica dan Albrigo, 2013). Di lapangan, defisit air diinduksi dengan menahan irigasi atau dengan menutupi tanah dengan penutup kedap air saat musim gugur / musim dingin di tiga musim yang berbeda di pohon jeruk manis dan grapefruit. Pohon jeruk di lapangan pada kondisi defisit air secara konsisten menghasilkan lebih banyak perbungaan daripada pohon yang beririgasi. Hasil penelitian ini mendukung hipotesis bahwa suhu rendah dan defisit air berinteraksi selama induksi bunga di pohon jeruk dan defisit air dapat digunakan untuk memanipulasi pembungaan pohon-pohon jeruk yang tumbuh di lapangan.

Pohon jeruk dapat diinduksi berbunga dengan eksposur yang lama pada suhu dingin ( $<20^{\circ}\text{C}$ ) atau defisit air (Cassin *et al.*, 1969; Moss, 1969). Efek terpisah dari dua faktor ini pada induksi bunga jeruk telah secara ekstensif diteliti para ahli (Borroto dan Rodríguez, 1979; Cassin *et al.*, 1969; García-Luis *et al.*, 1989; Koshita dan Takahara, 2004; Moss, 1969; Southwick dan Davenport, 1986; Valiente dan Albrigo, 2004) tetapi laporan tentang efek gabungannya masih terbatas (Albrigo *et al.*, 2006b). Suhu dingin adalah sumber utama induksi bunga

untuk pohon yang tumbuh di iklim subtropis dimana musim dingin yang sejuk terjadi sedangkan defisit air adalah satu-satunya sumber induksi untuk pohon yang tumbuh di daerah tropis dataran rendah (Cassin *et al.*, 1969). Temperatur yang dingin dan curah hujan alami yang rendah merupakan karakteristik yang terjadi bersama-sama pada musim gugur dan musim dingin di daerah beriklim subtropis lembab. Di wilayah seperti ini, musim dingin dapat bervariasi secara signifikan dari tahun ke tahun, menghasilkan musim dingin yang lebih hangat atau lebih dingin dari rata-rata (Hansen, 1999). Variasi suhu tahun ke tahun selama musim dingin dan musim semi telah dikaitkan dengan berbagai tingkat induksi bunga yang dirasakan oleh pohon-pohon dan variasi intensitas berbunga dan hasil buah (Albrigo *et al.*, 2006b; Melgar *et al.*, 2010).

Musim dingin di daerah beriklim subtropis lembab umumnya kering, ada potensi untuk melengkapi induksi bunga oleh defisit air ketika suhu musim dingin tidak optimal untuk induksi. Selain tanaman jeruk, spesies subtropis hijau lainnya seperti mangga, alpukat atau lengkeng, juga dapat diinduksi untuk berbunga oleh suhu dingin dan defisit air (Nakata dan Watanabe, 1966; Nunez-Elisea dan Davenport, 1994; Reece, 1942). ; Reece *et al.*, 1949; Sukhvibul *et al.*, 1999).

Dalam percobaan dalam ruang pertumbuhan, suhu dan defisit air memiliki efek utama yang signifikan pada jumlah bunga dan perbungaan per induksi. Dalam percobaan seperti ini, pohon yang telah disimpan di bawah defisit air menghasilkan lebih banyak bunga dan perbungaan daripada pohon beririgasi tanpa memperhatikan suhu. Lebih banyak bunga dan perbungaan diinduksi pada suhu 15°C daripada 23°C. Suatu interaksi yang signifikan antara suhu dan defisit air terdeteksi untuk jumlah bunga, pembungaan dan tunas vegetatif baru (Chica dan Albrigo, 2013). Lebih banyak tunas vegetatif dibentuk pada pohon yang sebelumnya berada di bawah defisit air daripada di pohon yang beririgasi dengan perbedaan yang lebih signifikan pada kondisi suhu 23°C daripada suhu 15°C.

Perlakuan pohon jeruk dewasa di lapangan dengan berbagai tingkat defisit air selama musim gugur / musim dingin di Florida, meningkatkan jumlah perbungaan dan bunga yang terbentuk pada pucuk tanaman jeruk di musim semi berikutnya (Chica dan Albrigo, 2013). Pada tahun 2005–2006, menahan irigasi, ternyata dapat meningkatkan jumlah florescences dan bunga per tunas di musim

semi berikutnya relatif terhadap pohon yang beririgasi. Pada musim berikutnya, lebih banyak hujan alami terjadi dan jumlah perbungaan dan bunga per pucuk di pohon yang beririgasi dan tidak beririgasi tidak berbeda secara statistik. Pohon-pohon tanpa tempat penampungan air irigasi dan air hujan, secara konsisten menghasilkan lebih banyak perbungaan dan bunga per tunas daripada pohon yang beririgasi. Pohon yang tumbuh pada kondisi defisit air terus menerus menghasilkan satu bunga mekar di musim semi sedangkan pohon yang beririgasi menghasilkan banyak bunga mekar. Pengaruh defisit air selama musim gugur / musim dingin pada jumlah perbungaan dan bunga per pucuk sama di kedua pohon jeruk 'Valencia dan Marsh'. Secara umum, jumlah tunas vegetatif baru lebih tinggi di pohon jeruk beririgasi daripada pohon jeruk yang mengalami defisit air, tetapi perbedaan ini tidak signifikan secara statistik (Chica dan Albrigo, 2013).

Meskipun efek suhu dingin dan defisit air pada pembungaan di Citrus telah ditandai dalam literatur (Borroto dan Rodríguez, 1979; Cassin *et al.*, 1969; García-Luis *et al.*, 1989; Koshita dan Takahara, 2004; Moss, 1969, Southwick dan Davenport, 1986; Valiente dan Albrigo, 2004), belum ada laporan yang secara langsung menangani efek gabungan dari kedua faktor ini. Para peneliti menganalisis interaksi yang signifikan antara efek suhu dingin dan defisit air dalam jumlah perbungaan induksi yang terbentuk pada tunas pohon jeruk pot. Pengaruh defisit air pada perbungaan dan bunga lebih kecil pada 12-15°C (dianggap sebagai suhu induksi optimal; Moss, 1969; Valiente dan Albrigo, 2004) dibandingkan dengan suhu 23/18 ° C (Moss, 1969). Pengaruh suhu dingin saja lebih menonjol daripada efek defisit air saja. Menariknya, dalam percobaan ruang pertumbuhan pertama, pohon-pohon di bawah air defisit pada 15/10°C menghasilkan perbungaan dan bunga lebih sedikit per tunas daripada pohon beririgasi (Chica dan Albrigo, 2013), sedangkan pada percobaan dalam ruang pertumbuhan, pohon-pohon yang defisit air menghasilkan lebih banyak perbungaan dan bunga per tunas daripada pohon yang beririgasi dan tumbuh pada suhu 15°C. Hal ini menunjukkan bahwa efek interaksi antara suhu dingin dan defisit air tidak selalu positif. Satu penjelasan yang mungkin untuk perbedaan ini adalah bahwa dalam percobaan dalam ruang pertumbuhan, pohon-pohon yang terkena variasi suhu siang / malam, suhu malam 5°C lebih rendah daripada suhu siang hari dan suhu di bawah optimal. Ada

kemungkinan bahwa efek gabungan dari suhu dingin dan defisit air mungkin bersifat negatif, mirip dengan bagaimana suhu (lebih dingin dari 5°C), mampu menginduksi pembungaan secara kurang intens daripada suhu 10°C (García-Luis *et al.*, 1992). Penjelasan lain yang mungkin adalah bahwa defisit air ringan yang diterapkan dalam percobaan tidak cukup untuk induksi maksimum dibandingkan dengan defisit air moderat dalam percobaan lainnya (sekitar 0,5 MPa), yang meningkatkan pembungaan lebih banyak daripada percobaan pertama dalam ruang pertumbuhan (Chica dan Albrigo, 2013).

Meskipun peneliti tidak menguji efek interaktif dari suhu dingin dan defisit air pada kondisi lapangan, namun mereka mengukur respon berbunga dari pohon jeruk yang secara keseluruhan atau sebagian dicabut dari irigasi di bawah induksi suhu dingin alami di musim gugur / musim dingin, untuk mengetahui apakah pemotongan irigasi selama musim dingin dapat digunakan untuk memanipulasi tingkat induksi bunga pada kondisi komersial. Memaparkan pohon jeruk di lapangan dengan defisit air selama musim gugur / musim dingin dapat meningkatkan jumlah perbungaan dan bunga yang terbentuk di musim semi berikutnya, terutama di musim hujan musim dingin yang rendah. Mencegah curah hujan selama musim dingin dengan penutup tanah, secara konsisten menghasilkan induksi hampir satu perbungaan ekstra per tunas. Tergantung pada percobaannya, satu perbungaan ekstra per tunas menunjukkan peningkatan 20-60% dalam jumlah perbungaan yang diinduksi relatif terhadap tanaman yang beririgasi. Tergantung pada jumlah curah hujan musim dingin alami selama musim gugur / musim dingin, pemotongan irigasi selama periode ini dapat cukup untuk meningkatkan tingkat bunga yang lebih tinggi pada musim semi berikutnya (Melgar *et al.*, 2010). Hasil serupa mungkin dapat diperoleh di daerah lain dengan iklim subtropis lembab dimana suhu musim dingin yang moderat biasanya disertai dengan kondisi yang relatif kering. Namun, pada kondisi iklim Mediterania, dimana musim dingin sejuk dan biasanya basah, defisit air mungkin berpengaruh negatif terhadap induksi bunga yang mirip dengan pohon dari percobaan pertama dalam ruang pertumbuhan pada kondisi defisit air dengan suhu 15/10°C. Ali dan Lovatt (1996) melaporkan efek positif dari irigasi musim dingin pada hasil jeruk pada kondisi iklim seperti Mediterania (California). Namun demikian, korelasi positif antara kekeringan

musim dingin dan hasil jeruk dilaporkan untuk iklim subtropis lembab (Albrigo *et al.*, 2006b). Dalam iklim subtropis lembab, akumulasi jam pada suhu bunga-induktif sangat bervariasi dari tahun ke tahun, menghasilkan berbagai tingkat intensitas berbunga di musim semi berikutnya (Albrigo *et al.*, 2004; Valiente, 2001).

Aplikasi defisit air musim dingin dapat digunakan untuk meningkatkan jumlah bunga dan perbungaan yang terbentuk di musim semi berikutnya dan memoderasi variasi tahun ke tahun dalam hal intensitas berbunga. Selanjutnya, periode cuaca hangat di tengah musim dingin yang biasanya terjadi di iklim subtropis lembab, biasanya menginduksi pembentukan beberapa mekar di musim semi berikutnya (Valiente dan Albrigo, 2003). Intensitas bunga-bunga ini bervariasi tergantung pada jumlah waktu kuncup yang terpapar pada kondisi induktif, dengan tunas yang telah memulai diferensiasi tidak dapat merespon induksi tambahan. Beberapa mekar juga menambah variabilitas dalam intensitas berbunga dari tahun ke tahun karena selama setiap periode hangat, tunas telah terkena intensitas induksi yang berbeda. The "Citrus Flower Monitor" (Albrigo *et al.*, 2006a) adalah sistem berbasis web untuk melacak bunga jeruk di Florida dan merekomendasikan periode singkat kekeringan musim dingin untuk menghambat pertumbuhan tunas selama periode hangat intermiten. Dalam percobaan lapangan kami, satu mekar secara konsisten diamati pada pohon yang tetap di bawah defisit air selama musim dingin dibandingkan dengan beberapa mekar di pohon yang beririgasi. Jadi, selain meningkatkan pembungaan, defisit air musim dingin juga dapat digunakan untuk menghindari inisiasi beberapa mekar dan mengurangi variasi tahun ke tahun dalam durasi dan intensitas berbunga. Meskipun demikian, manipulasi defisit air musim dingin perlu diseimbangkan dengan kebutuhan kelembaban secara simultan untuk pohon terutama untuk kultivar jeruk yang matang dewasa seperti 'Valencia' atau kultivar dewasa awal seperti 'Hamlin' di mana buah turun dengan mudah pada saat jatuh tempo (Chica dan Albrigo, 2013).

Meningkatnya efek buruk dari penggunaan pupuk kimia yang lama dan eksklusif, dan permintaan yang terus meningkat dari konsumen buah yang berkualitas, ditambah dengan produktivitas jeruk yang tidak berkelanjutan, telah mendorong eksperimen dengan beberapa praktik budidaya alternatif. Budidaya

organik diklaim sebagai alternatif yang paling jinak. Penggunaan bahan organik seperti pupuk kandang, seresah tanaman, vermikompos, dan bio-pupuk mikro, dan mengeksploitasi sinergisme antara jamur mikoriza arbuskular vaskular, adalah komponen penting dari konsep budidaya jeruk bio-organik. *Mycorrhizae* diamati sangat efektif dalam kesuburan rendah, tanah bertekstur kasar. Pohon yang diberi perlakuan mikoriza memiliki pertumbuhan tanaman yang lebih baik dan penyerapan nutrisi seperti P, Ca, Zn, Cu, dan Fe dibandingkan dengan pohon non-mikoriza (Srivastava, Singh dan Marathe, 2002).

Inokulasi tanah dengan mikoriza juga membantu dalam mengatur hubungan air dan metabolisme karbohidrat dalam pohon jeruk. Nutrisi fosfor dari pohon jeruk yang diperlakukan mikoriza paling baik ditingkatkan dengan menggunakan fosfat batuan sebagai sumber P dibandingkan dengan sumber lain.

Erosi tanah dan pencemaran sumber non-titik yang dihasilkan dan degradasi ekologis telah membahayakan ekosistem pertanian dan waduk air tawar. Meskipun upaya telah dilakukan untuk mengurangi kehilangan tanah dan air dari lahan lereng yang digunakan untuk produksi jeruk, informasi tentang efek praktik manajemen pada indeks kesuburan tanah masih sangat terbatas atau tidak ada sama sekali. Wu et al. (2011) melakukan penelitian untuk membandingkan efek dari 10 tahun berbagai praktik manajemen, jeruk ditumpangsarikan dengan semanggi putih (WC), jeruk bermulsa jerami (SM), jeruk tumpangsari dengan tanaman pagar kontur (CH), kebun jeruk dengan membran kedap (IM), dan jeruk ditumpangsarikan dengan gandum (*Triticum aestivum*) dan kacang tanah (*Arachris hypogaea*) (WP), sebagai perlakuan yang dibandingkan dengan manajemen jeruk konvensional (CM). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karbon organik tanah, nitrogen total dan N-tersedia, K-tersedia, dan agregat stabil-air ( diameter > 0,25 mm) pada kedalaman 0–5 cm lebih tinggi untuk perlakuan WC dan SM daripada perlakuan CM. Ada juga variasi spasial dalam hal kesuburan tanah di perlakuan WC dan SM. Total kandungan hara tanah, nitrogen, fosfor, dan kalium, dan agregat yang stabil air (> 0,25 mm) pada kedalaman 0–5 dan 5–20 cm lebih tinggi untuk perlakuan CH dan IM daripada perlakuan CM. Kandungan N-tersedia dan K-tersedia lebih tinggi untuk perlakuan WP daripada perlakuan CM, tetapi perlakuan WP memiliki sedikit efek pada karbon organik tanah, total nitrogen, dan agregat

stabil air ( $> 0,25$  mm) (Wu *et al.*, 2011). Hal ini menyarankan bahwa tumpangsari semanggi putih dan mulsa jerami adalah pendekatan yang paling efektif untuk meningkatkan kesuburan tanah di kebun jeruk.

Pemanasan global karena peningkatan emisi CO<sub>2</sub> yang terus menerus telah didokumentasikan dalam beberapa dekade terakhir. Iglesias *et al.*, (2013) memperkirakan penggabungan karbon bersih di perkebunan jeruk yang dibudidayakan di bawah penggunaan lahan yang khas. Pendekatan ini melibatkan studi biomassa berbasis akumulasi karbon dan analisis komplementer dari fluks CO<sub>2</sub> terkait. Total kandungan C yang dialokasikan untuk pohon-pohon jeruk yang berumur 2–14 tahun ditentukan melalui panen langsung dan merusak semua organ pohon. Pola produksi biomassa yang stabil dalam komponen pohon diamati pada tanaman yang berumur 12 tahun ke atas dan bertanggung jawab atas penyerapan lebih dari 50 kg C per pohon. Fiksasi C tahunan pada buah dan flushes vegetatif baru menyumbang hingga sekitar 75% dari jumlah total yang diserap per tahun, sedangkan kontribusi organ lama yang permanen (cabang, batang, dan akar keran) relatif kecil (sekitar 25%) (Iglesias *et al.*, 2013). Penelitian lebih lanjut dilakukan pada pohon jeruk dewasa berumur 12 tahun untuk menentukan kontribusi dari fluks CO<sub>2</sub> dari organ tanaman dan tanah ke nilai akhir. Hasil analisis ini mengungkapkan bahwa daun bertanggung jawab untuk fiksasi neto C-total 15,4 Mg C /ha/tahun ( $> 55\%$  dari total C fiksasi). Pemantauan yang teratur dari tingkat respirasi buah menunjukkan bahwa respirasi buah hanya memainkan peran kecil, bertanggung jawab atas emisi sebesar 2,3 Mg C/ha/tahun. Kehilangan minimum juga ditemukan ketika tingkat respirasi tanah diselidiki, akuntansi untuk total kehilangan C tahunan 2,7 Mg C/ha/tahun (Iglesias *et al.*, 2013). Secara keseluruhan, hasil analisis ini menunjukkan bahwa perkebunan jeruk bertanggung jawab untuk fiksasi C neto mendekati 10 Mg C/ha/tahun. Proses asimilasi dalam daun menyumbang proporsi tertinggi C yang dialokasikan ke pohon, sementara kehilangan karena respirasi daun dan buah tidak terlalu penting. Pada kondisi budidaya yang khas (irigasi tetes dan tidak adanya tanaman penutup tanah), tingkat respirasi tanah menyumbang sedikit kehilangan C ke atmosfer (Iglesias *et al.*, 2013).



Pasokan nitrogen (N) di kebun jeruk harus diatur dengan baik sesuai dengan kebutuhan tanaman jeruk, agar tanaman jeruk sehat secara ekonomi dan lingkungan. Hal ini membutuhkan pengetahuan tentang jumlah dan dinamika serapan N oleh akar dan alokasinya. Roccuzzo *et al.*, (2017) melaporkan dua percobaan yang dilakukan pada set pohon jeruk yang sama, untuk: (1) mempelajari dinamika serapan N yang berasal dari pupuk (N<sub>dff</sub>) dan alokasinya ke organ pohon jeruk dan, (2) mengkuantifikasi remobilisasi N di musim semi dari organ penyimpanan ke titik-titik pertumbuhan yang baru. Penelitian dilakukan dengan menggunakan pohon jeruk dewasa yang ditanam di lapangan (cv. Tarocco nucellare dicangkokkan pada jenis Troyer Citrange). Nitrogen dipasok sebagai ammonium-nitrat dalam 10 aplikasi dengan dosis yang sama terdistribusi secara merata mulai dari Maret hingga November 2009 (Roccuzzo *et al.*, 2017). Empat kelompok masing-masing lima pohon jeruk menerima N 15-diperkaya (N<sup>15</sup>) mulai dari Maret, Juli, September, dan November, dan menerima N tidak berlabel dalam periode yang tersisa. Hasilnya menunjukkan bahwa pohon jeruk menyerap sekitar 30% pupuk N. Efisiensi penggunaan pupuk N (NUE) pada umumnya rendah terlepas dari fakta bahwa sumber N tersedia secara teratur dan pohon-pohon diairi; Kemudian pupuk N diberikan, yang lebih rendah adalah NUE. Tingkat penyerapan agak konstan dari bulan April hingga November, tetapi relatif lebih sedikit N dipartisi menjadi buah ketika pupuk dipasok pada akhir musim (Roccuzzo *et al.*, 2017). Remobilisasi N dari daun berumur satu tahun memberikan lebih dari 60% dari N yang dibutuhkan oleh tunas baru di musim semi. Pada akhir April, sebagian besar N telah dipindahkan dari penyimpanan ke organ yang sedang tumbuh. Para peneliti memperkirakan bahwa, selama musim vegetatif, pohon jeruk menyerap 94 kg N ha<sup>-1</sup> dari tanah dan setengah dari jumlah ini berasal dari pupuk. Remobilisasi musim semi dari simpanan N musim dingin berkontribusi untuk tambahan 40 kg N ha<sup>-1</sup> kepada kebutuhan N (Roccuzzo *et al.*, 2017).

Perkiraan kebutuhan nutrisi tahunan kumulatif dan dinamika serapan hara sepanjang musim vegetatif di kebun jeruk "orange" [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] di Italia Selatan dipelajari oleh Roccuzzo *et al.*, (2012). Percobaan pertama mengkaji hubungan alometrik antara cabang lingkaran dan kayu atau biomassa daun. Hubungan ini digunakan untuk mengukur pola pertumbuhan organ di atas tanah.

Organ-organ kayu bertanggung jawab atas sebagian besar biomassa di atas tanah (AGB). Meskipun total daun kurang dari 21% biomassa AGB, mereka memasukkan lebih dari 38% N, 31% P, 44% K, 32% Ca dan 33% Mg (Rocuzzo *et al.*, (2012)). Dalam kasus yang diwakili oleh kebun jeruk yang matang, peningkatan tahunan paling banyak AGB diperhitungkan oleh buah dan tunas. Kadar kalsium adalah nutrisi yang diserap dengan laju tertinggi, diikuti oleh N, K, Mg dan P. Sebagian besar Ca dan Mg ditemukan di daun abscised, sementara sebagian besar P dan K ditemukan dalam buah-buahan. Nitrogen didistribusikan lebih merata di antara buah, kayu dan daun (Rocuzzo *et al.*, (2012)). Data serapan musiman menunjukkan bahwa N, P dan Ca diserap dari bulan April ke November, sementara serapan bersih K dan Mg hampir selesai pada musim panas. Dari bulan Desember hingga Februari jumlah nutrisi yang ada di kanopi pohon tetap stabil atau menurun, oleh karena itu menandakan tidak ada serapan hara seto selama periode ini, dan seperti kasus N dan K, juga terjadi translokasi nutrisi secara internal ke organ tahunan (Rocuzzo *et al.*, (2012)).

Bagian tanaman di atas tanah dari empat belas tanaman zaitun muda (umur sepuluh tahun), dipisahkan menjadi batang (kayu dan kulit kayu), cabang utama (kayu dan kulit kayu), cabang sekunder (kayu dan kulit kayu), ranting, daun dan buah. Berdasarkan materi bahan kering dan konsentrasi nutrisi dalam jaringan yang berbeda, jumlah total nutrisi di setiap pohon dapat diestimasi (Rodrigues *et al.*, 2012). Skema pemangkasan yang dikontrol dilakukan setiap tahun memungkinkan kuantifikasi jumlah nutrisi yang dihapus dalam pemangkasan. Hasil olahan dan konsentrasi nutrisi dalam buah (bubur dan biji) digunakan untuk mengukur nutrisi yang dibuang pada tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah nutrisi yang dikeluarkan setiap tahun relatif rendah, menunjukkan bahwa aplikasi pupuk yang lebih konservatif dapat dilakukan daripada yang biasanya direkomendasikan oleh laboratorium uji tanah dan analisis jaringan tanaman (Rodrigues *et al.*, 2012).

Di kebun jeruk dengan sasaran hasil 2500 kg buah ha<sup>-1</sup>, dosis pupuk nitrogen (N) untuk diterapkan tidak boleh melebihi 20 kg N ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>. Sifat transien N dalam sistem tanah / tanaman merekomendasikan bahwa pupuk N diaplikasikan setiap tahun untuk meningkatkan efisiensi penggunaan haranya. Aplikasi hara lain sebagai pupuk harus didiagnosis terlebih dahulu dengan uji tanah dan / atau analisis

jaringan tanaman. Hara yang dibuang oleh tanaman dan pemangkasan tajuk tidak memberikan informasi tentang kebutuhan aplikasi pupuk tambahan. Pengujian tanah dan analisis jaringan tanaman harus digunakan secara rutin untuk penyesuaian berkelanjutan dari program pemupukan tanaman jeruk.

Peningkatan efisiensi pupuk nitrogen (N) oleh tanaman jeruk untuk meningkatkan hasil buah dan menurunkan dosis pupuk N dan kehilangan pembuahan di lapangan dibahas oleh Hippler *et al.*, (2017). Patut dicatat, permintaan molybdenum (Mo) cenderung meningkat pada kebun jeruk yang berproduksi tinggi. Namun demikian, pasokan mikronutrien ini melalui praktik pemupukan tidak begitu dikenal. Percobaan dilakukan pada kondisi rumah kaca untuk mengevaluasi aktivitas nitrat reduktase (NRase) dan mobilitas Mo pada tanaman jeruk manis (umur 1 tahun) setelah aplikasi daun Mo (Hippler *et al.*, 2017). Dalam percobaan ini, tanaman dipasok dengan dua dosis pupuk N melalui fertigasi lebih dari 7 mo (total 2,8 dan 17,5 g N per tanaman), dengan perlakuan Mo diterapkan pada bulan terakhir. Percobaan pertama terdiri dari semprotan daun ke seluruh kanopi tanaman dengan dosis 0 (kontrol), 0.12, 0.60 dan 1.20 g L<sup>-1</sup> Mo. Dalam percobaan ke dua, 0.60 gL<sup>-1</sup> semprotan Mo terbatas pada satu sisi kanopi. Pasokan Mo meningkatkan aktivitas NRase baik di daun atau akar dan meningkatkan serapan nitrat oleh akar. Akibatnya, kandungan N di akar, ranting dan daun tanaman meningkat. Ketika Mo disemprotkan pada satu sisi kanopi, nutrisi tersebut ditranslokasi (30- 40% dari yang diserap) dari daun ke akar, tetapi pada persentase yang lebih rendah pada tanaman yang ditumbuhkan dengan pasokan N tertinggi (Hippler *et al.*, 2017). Meskipun konsentrasi Mo tidak meningkat pada daun yang tidak langsung menerima semprotan mikronutrien, enzim NRase meningkat di kedua bagian kanopi, serta dalam akar, sehingga meningkatkan kandungan N pada tanaman jeruk.

Pengaruh tekanan air pada tingkat hormon tanaman (GAs, IAA dan ABA) di daun dan kuncup bunga dari pohon satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) dipelajari untuk menentukan hubungan antara induksi tunas bunga dan tingkat hormon tanaman endogen sebagai akibat dari cekaman air (Koshita dan Takahara, 2004). Cekaman air yang parah (-1,5 hingga -2,0 MPa) di musim gugur, yang menyebabkan penurunan bobot daun, mengurangi persentase ruas berbunga sebesar

sepertiga dari yang sedang mengalami cekaman air ( $-0,5$  hingga  $-1,0$  MPa). Kuantitas GA1/3 mulai dari pertengahan Oktober hingga awal Desember secara signifikan lebih tinggi di daun pohon-pohon yang tercekam air parah daripada di daun pohon-pohon tercekam air moderat. Kandungan IAA di daun pohon yang tercekam air sedang lebih tinggi pada akhir Februari. Temuan ini menunjukkan bahwa kadar GA1/3 ditingkatkan oleh cekaman air yang parah, lebih tinggi pada daun dari cabang-cabang yang menghasilkan bunga lebih sedikit selama periode induksi kuncup bunga. Tingkat IAA lebih tinggi pada daun dari cabang-cabang yang menghasilkan lebih banyak bunga selama musim ketika kuncup bunga berkembang (Koshita dan Takahara, 2004).

Kelangkaan air irigasi selama tahap pertumbuhan kritis tanaman adalah salah satu penyebab utama produktivitas rendah dan penurunan kebun jeruk. Pengaturan defisit irigasi (RDI) adalah teknik penghematan air yang diusulkan dalam pertanian beririgasi. Penelitian Panigrahi *et al.*, (2014) direncanakan dengan hipotesis bahwa penjadwalan RDI yang optimal pada periode pertumbuhan buah awal (EFGP), yang bertepatan dengan musim panas dapat menghemat banyak air, tanpa secara signifikan mempengaruhi hasil mandarin 'Kinnow' (*Citrus reticulata* Blanco) tanaman. Dua strategi DI: (a) menahan irigasi di EFGP (RDI0) dan (b) irigasi pada 50% evapotranspirasi tanaman (ETc) di EFGP (RDI50) dibandingkan dengan irigasi penuh (FI, 100% ETc) dalam kaitannya dengan pertukaran gas, hubungan air dan komposisi nutrisi daun bersama dengan pertumbuhan dan hasil tanaman. Pertumbuhan tanaman yang lebih besar dengan hasil buah maksimum (61,9-63,2 t/ha) dicatat dengan tanaman yang teririgasi penuh. Namun demikian hasil tanaman pada perlakuan RDI50 secara statistik ( $p > 0,05$ ) setara dengan perlakuan FI (Panigrahi *et al.*, 2014). Secara keseluruhan, hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa irigasi pada 50% ETc selama periode pertumbuhan bunga-buah (EFGP) dapat menciptakan cekaman air yang diinginkan pada tanaman jeruk mandarin 'Kinnow', meningkatkan efisiensi penggunaan air, tanpa secara signifikan mempengaruhi hasil buah pada kondisi langka air.

Efisiensi air adalah konsep kunci untuk mengatasi masalah kekurangan air di daerah beriklim semi-arid. Defisit irigasi (DI) di banyak tanaman telah sering terbukti menjadi alat yang efisien untuk mengoptimalkan efisiensi penggunaan air.

Tiga macam strategi DI yang berbeda dipelajari untuk kebun komersial jeruk manis dewasa (*Citrus sinensis* L. Osbeck, cv. *Salustiana* dan cv. *Navelina*) dari 2006 hingga 2008, yaitu: irigasi defisit berkelanjutan (SDI), irigasi defisit teregulasi (RDI), dan irigasi defisit frekuensi rendah (LFDI); semua didefinisikan secara fisiologis dengan ambang potensi air tanaman (Tejero *et al.*, 2011). Plot penelitian eksperimental terletak di lembah sungai Guadalquivir, SW Spanyol. Pengaruh perlakuan DI pada hasil buah dan pada status air tanaman, dengan potensi air tanaman yang terintegrasi ( $\Psi_{int}$ ) juga dianalisis. Manfaat DI dalam hal efisiensi penggunaan air pertanian (WUEAG) dan efisiensi finansial penggunaan air (WUEf) diperkirakan untuk setiap strategi irigasi. Hubungan yang berbeda diperkirakan antara parameter ini dan irigasi dan total air yang digunakan, untuk menetapkan strategi irigasi terbaik pada berbagai rezim irigasi. Hasil tanaman dan  $\Psi_{int}$  menunjukkan perbedaan yang signifikan, konsisten dengan jumlah air yang digunakan, meskipun respon tanaman dipengaruhi oleh parameter lain seperti varietas tanaman dan strategi irigasi (Tejero *et al.*, 2011). Dalam pengertian ini, perlakuan tingkat irigasi yang sama dan  $\Psi_{int}$  menghasilkan nilai hasil tanaman yang berbeda, yang membuktikan pentingnya faktor-faktor ini. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa cv. *Salustiana* merespon lebih baik daripada cv. *Navelina* terhadap perlakuan DI, dari perspektif fisiologis dan pertanian. Dalam hal penghematan air, RDI dan LFDI mengurangi penggunaan air antara 1000 dan 1250 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, dengan hasil tanaman yang serupa dibandingkan dengan perlakuan yang teririgasi penuh, secara signifikan meningkatkan WUE. Akibatnya, WUEf, dan WUEagr lebih kuat dipengaruhi oleh strategi defisit-irigasi daripada total pasokan air (Tejero *et al.*, 2011). Dengan demikian, jumlah air irigasi memiliki kepentingan relative, tetapi strategi irigasi secara jelas mempengaruhi pengelolaan air yang bijaksana di daerah beriklim semi arid.

Kelangkaan air adalah salah satu penyebab utama rendahnya produktivitas dan kemunduran kebun jeruk. Deficit irrigation (DI) adalah teknik penghematan air yang baru-baru ini diusulkan dalam pertanian beririgasi. Dampak DI versus irigasi penuh (FI: 100% kebutuhan air tanaman) dievaluasi di kebun jeruk pada kondisi iklim sub-lembab panas India tengah (Panigrahi dan Srivastava, 2016). Dua strategi DI diterapkan untuk pohon jeruk DI1: 20% FI selama periode pertumbuhan awal

pembuahan (IFGP) + 40% FI selama periode akhir pertumbuhan buah (FFGP) + FI selama sisa periode, dan DI2: 70% FI selama seluruh musim. Pohon jeruk yang teririgasi penuh memiliki pertumbuhan vegetatif tertinggi. Namun, perlakuan DI1 menghasilkan buah 18% lebih tinggi dengan kualitas buah-jeruk superior, menghasilkan peningkatan produktivitas air 30% pada perlakuan ini dibandingkan dengan FI. Prediksi hasil buah berdasarkan pertumbuhan vegetatif dan parameter fisiologis daun pohon-pohon menggunakan teknik analisis regresi komponen utama ditemukan wajar akurat. Hasil ini menyarankan untuk adopsi DI1 di kebun jeruk di India tengah dan tempat lain yang memiliki agro-iklim serupa dengan kondisi iklim di wilayah penelitian (Panigrahi dan Srivastava, 2016).

Consoli *et al.*, (2014) telah mempelajari strategi irigasi defisit (DI) pada sebuah kebun jeruk muda di Sisilia (Italia Selatan) dengan tujuan untuk memantau dan menganalisis fitur fisiologis tanaman, hasil buah dan data kualitas buah untuk mengkaji efek negatif. Kebun mencakup pohon-pohon yang diirigasi dengan sistem irigasi tetes dan sub-tetes. Strategi irigasi, berdasarkan konsep DI, termasuk irigasi defisit teregulasi (RDI) dan pengeringan zona akar parsial (PRD), diadopsi selama musim irigasi 2011 dan 2012, masing-masing memasok persentase yang berbeda dari evapotranspirasi tanaman (ET<sub>c</sub>). Beberapa indeks fisiologis menunjukkan status air tanaman dianalisis selama percobaan, termasuk, potensi air induk, konduktansi stomata, suhu kanopi, variasi diameter batang, indeks luas daun (LAI). Strategi DI yang diberlakukan memungkinkan penghematan air maksimum sebesar 41% (perlakuan PRD), tanpa pengkondisian data hasil buah pertama. Komposisi buah menunjukkan adanya pengaruh yang positif akibat pembatasan air. Dampak dari defisit irigasi yang dikenakan pada pohon jeruk tergantung pada tingkat keparahannya (yaitu penurunan potensi air tanaman di atas ambang -1,3 MPa untuk kebun jeruk).

Rocuzzo *et al.*, (2014) mempelajari efek defisit air pada efisiensi penggunaan air (WUE) dari pohon jeruk, seluruh transpirasi pohon dan asimilasi CO<sub>2</sub> diukur dalam lingkungan semi-arid selama musim panas 2012. Pohon jeruk muda "Valencia Late", tercekam air (DI) dan well-irrigated (C), dipantau pada hari-hari tertentu menggunakan ruang pertukaran gas. Transpirasi pohon juga diukur secara terus menerus dengan sensor aliran-cairan getah. Pembatasan air mengurangi

transpirasi perlakuan DI hingga 60% dari potensi maksimum (perlakuan C) selama puncak cekaman air. Nilai WUE seketika berkisar antara 1,7 dan 79 g CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O dan erat terkait dengan defisit tekanan uap (Rocuzzo *et al.*, 2014). Perbedaan WUE instan karena cekaman air tidak signifikan. Setiap hari, WUE berkisar antara 4,9 (7 Agustus) dan 8,8 (7 Juni) g L<sup>-1</sup> untuk periode siang hari; antara 4.0 dan 8.2 g L<sup>-1</sup> untuk periode 24 jam. Karena tekanan air diberikan pada perlakuan DI, kecenderungan terjadi peningkatan WUE dalam DI relatif terhadap C, pada periode tegangan maksimum, perbedaannya 13-15% (siang hari) dan 20-22% (24 jam), meskipun tidak signifikan secara statistik. Pewarisan ulang parsial mengembalikan WUE ke nilai yang sama pada kedua perlakuan (Rocuzzo *et al.*, 2014). Analisis perbedaan dalam pola transpirasi diurnal menunjukkan bahwa peningkatan WUE karena cekaman air di tanaman jeruk dicapai secara tidak langsung dengan menggeser asimilasi karbon secara keseluruhan menuju jam-jam pagi ketika permintaan menguap yang lebih rendah.

Air dan nitrogen (N) adalah dua faktor pembatas utama untuk produksi jeruk. Efek yang dilaporkan dari air dan input N pada hasil jeruk, efisiensi penggunaan air (WUE) dan efisiensi penggunaan N (NUE) sangat bervariasi, terutama karena perbedaan kultivar, usia pohon, iklim, jenis tanah, dan air dan dosis pupuk N. Sejauh ini, tidak ada analisis sistematis yang telah dilakukan, sehingga efek interaktif dari air dan input N pada hasil buah, WUE dan NUE dari kebun jeruk tidak diketahui. Juga, kesenjangan antara hasil yang dicapai dan hasil aktual, WUE dan NUE belum ditetapkan. Qin *et al.*, (2016) telah melaporkan pada meta-analisis global hasil, WUE dan NUE sistem produksi jeruk. Hasil buah jeruk median berkisar antara 30 hingga 60 ton / ha, yang berada di antara hasil rata-rata global (kisaran 10-30 ton / ha) dan hasil yang dapat dicapai (kisaran 60-90 ton / ha). Median WUE berkisar antara 2,5 hingga 5 kg / m<sup>3</sup> dan median NUE berkisar 150-350 kg/kg. Hasil buah jeruk terkait dengan input air dan input N dan umur pohon. Hubungan antara air dan input N dan hasil buah, WUE dan NUE juga dianalisis, untuk memeriksa hubungan yang ada. Ada interaksi signifikan antara air dan input N dalam hasil dan NUE, tetapi tidak dalam WUE (Qin *et al.*, 2016). Hal ini menunjukkan bahwa penelitian yang bertujuan untuk mengoptimalkan air dan input N harus mempertimbangkan interaksi dan mengoptimalkan air dan input N secara

bersamaan. Berdasarkan analisis ini, para peneliti memperkirakan bahwa mengurangi irigasi untuk mencapai irigasi yang optimal dapat meningkatkan hasil jeruk sebesar 20%, WUE sebesar 30% dan NUE sebesar 15%. Demikian pula, mengurangi pemupukan N hingga mencapai pemupukan N yang optimal dapat meningkatkan hasil sebesar 10%, WUE sebesar 15% dan NUE sebesar 40%. Para peneliti menyimpulkan bahwa ada ruang untuk peningkatan yang signifikan dalam hal hasil jeruk, WUE dan NUE, melalui optimalisasi simultan input air dan pupuk N.

Pecahnya buah atau keretakan buah adalah gangguan fisiologis utama pada pohon buah yang dipengaruhi secara nyata diakibatkan oleh kondisi lingkungan, tetapi data konklusif masih diperlukan untuk memberikan penjelasan yang pasti dan langkah-langkah pencegahan. Perubahan kondisi iklim sangat mempengaruhi kejadian buah-retak. Mesejo *et al.*, (2016) mempelajari hubungan air tanaman-tanah-ambient pada tanaman jeruk yang rentan-buah retak yang ditanam pada 4 macam kondisi lingkungan yang kontras (tipe iklim dan tanah), di Spanyol dan Uruguay, selama periode enam tahun. Pengukuran diameter batang dan buah secara otomatis (laju pertumbuhan batang dan buah dan penyusutan batang harian maksimum), yang merupakan indikator status air pohon, bersama dengan faktor-faktor yang memodifikasi hubungan pohon dan air (suhu, ET, curah hujan, tekstur tanah, kelembaban tanah, batang bawah dan anatomi xilem) dipelajari dan dikorelasikan dengan fenomena buah-retak. Ada hubungan antara buah-retak dan tekstur tanah, berbanding terbalik dengan persentase liat dan debu, dan positif dengan pasir. Pada tanah-tanah yang mengandung 85% pasir, sedikit perubahan pada kelembaban tanah karena fluktuasi suhu, ET, atau curah hujan; hal ini mengubah pola pertumbuhan batang dan buah selama beberapa jam dan retakan-buah yang diinduksi (Mesejo *et al.*, 2016). Insiden buah-retak lebih tinggi pada pohon jeruk dengan pembuluh xilem yang lebih besar pada tangkai buahnya karena efek batang bawah ('Carrizo' dan 'C-35' citrange lebih tinggi daripada 'FA-5', 'Cleopatra' dan *Poncirus trifoliata*). Mesejo *et al.*, (2016) menyimpulkan bahwa penyimpangan status air tanaman, karena interaksi antara kelembaban tanah, batang bawah dan kondisi iklim, mengarah pada terjadinya perubahan besar dalam pertumbuhan buah dan meningkatkan kejadian buah-retak.



Odemis, Turhan dan Buyuktas (2014) mempelajari efek dari berbagai dosis pupuk dan aplikasi irigasi pada hasil buah, keretakan buah dan karakteristik pomologi dari Nova mandarin (*Citrus reticulata*). Dua perlakuan pupuk, F1 (NPK) dan F2 (NPK + Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), dan lima tingkat irigasi 25% (I1), 50% (I2), 75% (I3), 100% (I4) dan 125 % (I5) penguapan Tipe Panci Kelas A dikaji dalam penelitian. Selain itu, perlakuan non-irigasi yang hanya menerima hujan digunakan sebagai kontrol (I0). Percobaan dilakukan pada kondisi Mediterania selama dua musim selama 2007–2008. Tanaman disiram menggunakan irigasi tetes. Jumlah NPK yang digunakan dalam perlakuan pupuk adalah 260 kg ha<sup>-1</sup> N, 103 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 173 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O dan 13,2 g Fe chelate per pohon. Hasilnya menunjukkan bahwa kebutuhan air irigasi musiman jeruk mandarin bervariasi antara 315-1015 mm. Baik dosis pupuk dan tingkat irigasi mempengaruhi jumlah buah-retak. Jumlah buah yang retak dalam aplikasi F2 rata-rata 58% lebih rendah daripada perlakuan F1. Jumlah buah retak dalam perlakuan I1, I2, I3, I4, dan I5, perlakuan irigasi F2 adalah 74%, 52%, 65%, 51%, dan 50% lebih sedikit daripada perlakuan F1 (Odemis, Turhan dan Buyuktas, 2014). Hasil buah yang tertinggi adalah 32 dan 30 t ha<sup>-1</sup> untuk perlakuan I3 selama dua tahun tanpa mempedulikan pupuk. Perbedaan yang signifikan secara statistik diperoleh antara tingkat irigasi untuk bobot buah, tinggi tanaman, ukuran, kadar jus, brix, total padatan terlarut / rasio keasaman, dan biji. Ketika karakteristik pomologi lainnya dalam perlakuan F1 dan F2, dianggap F2 memiliki nilai rata-rata lebih tinggi daripada F1 dalam hal bobot buah (15,0%), total padatan terlarut (2,8%), total padatan terlarut / keasaman (7,1%), dan jumlah biji (21,7%) (Odemis, Turhan dan Buyuktas, 2014). Namun, aplikasi F1 dibandingkan dengan F2, meningkatkan shell-thickness sebesar 8% dan kandungan jus sebesar 9%. Dapat disimpulkan bahwa Jeruk Mandarin Nova dapat diairi sebanyak 75% dari penguapan Panci Kelas A yang terukur untuk mendapatkan hasil buah yang tinggi serta lebih sedikit buah yang retak.

Limpasan permukaan yang melimpah bersama dengan sedimen tanah subur di musim hujan, diikuti oleh kadar air tanah yang kurang optimal (SWC) di zona akar tanaman jeruk selama periode pasca-hujan adalah salah satu penyebab utama rendahnya produktivitas dan kemunduran kebun jeruk di daerah tropis. Berdasarkan hal ini, penelitian dilakukan selama tujuh tahun untuk mengevaluasi efek dari

teknik pelestarian air hujan yang berbeda (RCT) pada limpasan permukaan, kehilangan hara dan hasil kebun jeruk di Vertisols pada iklim tropis sub-lembab di India tengah (Panigrahi *et al.*, 2017). Perlakuan RCT berupa: parit terputus (ST) dan parit kontinyu (CT) dengan dan tanpa rumput mulsa (GM) yang dipraktikkan pada petak limpasan ( $350 \text{ m}^2$ ) dengan 14 tanaman jeruk di lereng (12%) dan kinerja mereka dibandingkan dengan tanpa tindakan konservasi (WCM). Semua perlakuan RCT ternyata efektif melestarikan air hujan, tanah dan hara (N, P, K, Fe, Mn, Cu dan Zn), yang memberikan respon yang menguntungkan pada pertumbuhan vegetatif, kandungan hara daun, hasil buah dan kualitas buah jeruk. Namun perlakuan CT+GM menghasilkan respons terbaik, menghemat 49% limpasan dan 51% sedimen tanah dibandingkan dengan perlakuan WCM di kebun jeruk. Nutrisi yang tersedia dan kandungan karbon organik di tanah secara signifikan ditingkatkan dalam plot bermulsa. Limpasan yang dihasilkan menunjukkan hubungan linier ( $R^2 = 0,82-0,91$ ) dengan jumlah curah hujan di plot perlakuan, sedangkan hubungan ini adalah eksponensial ( $R^2 = 0,89$ ) di plot WCM. Namun, kuantitas limpasan berhubungan linier dengan kehilangan tanah di kedua plot yang diperlakukan ( $R^2 = 0,76-0,89$ ) dan WCM ( $R^2 = 0,93$ ) (Panigrahi *et al.*, 2017). Tingkat transpirasi, fotosintesis dan konduktansi stomata dan efisiensi penggunaan air daun tanaman jeruk lebih tinggi pada kondisi SWC-tersedia yang lebih tinggi pada perlakuan CT+GM. Perlakuan CT+GM menghasilkan hasil buah jeruk sebesar 65% lebih tinggi dengan kualitas buah lebih baik (kandungan jus lebih tinggi, kandungan asam askorbat dan TSS dengan keasaman lebih rendah); menggunakan 32% lebih sedikit air irigasi, menghasilkan peningkatan produktivitas air hujan 65% dan peningkatan produktivitas air irigasi 143% dibandingkan dengan perlakuan WCM. Produksi buah jeruk pada perlakuan CT+GM juga ditemukan lebih unggul secara ekonomi dibandingkan dengan perlakuan lainnya, menghasilkan lebih banyak laba bersih tahunan (INR  $125480 \text{ ha}^{-1}$ ) dengan rasio biaya-manfaat yang lebih tinggi (3,1). Hasil keseluruhan dari penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan CT dan GM dapat menghemat limpasan air hujan, sedimen tanah dan hara, menghasilkan hasil buah lebih tinggi dan produktivitas air besar, serta menggunakan lebih sedikit air irigasi di kebun jeruk pada tanah-tanah bertekstur lempung (Panigrahi *et al.*, 2017).

Lahan-lahan Ultisols di Cina selatan secara intensif dibudidayakan untuk tanaman dan pohon buah-buahan (Tahir *et al.*, 2016). Selama hujan monsun, erosi tanah sering terjadi, sedangkan musim kemarau musim panas / musim gugur menyebabkan kekeringan. Tanaman merespon secara berbeda terhadap cekaman air ini, dan memiliki efek yang berbeda pada rezim air tanah. Tahir *et al.*, (2016) mengkaji kombinasi observasi lapangan dan pemodelan HYDRUS-2D untuk menilai dinamika air tanah dan ketersediaan air untuk kacang tanah (*Arachis hypogaea*) dan jeruk (*Citrus sinensis*). Pengukuran dilakukan selama 1 April 2012 dan 31 Maret 2014, limpasan permukaan dan kadar air tanah pada kedalaman 5, 20, 40, dan 80 cm pada dua penggunaan lahan, posisi lereng tengah dan lereng kaki. Hasil penelitian menunjukkan bahwa plot jeruk memiliki kandungan air tanah yang lebih tinggi pada kedalaman 5 cm selama musim kemarau, dan lebih rendah pada kedalaman 20, 40 dan 80 cm sepanjang tahun daripada plot kacang tanah. Kandungan air tanah lebih tinggi pada lereng kaki, dibandingkan dengan lereng-tengah, dan pada tanah-tanah lapisan bawah daripada lapisan permukaan. Ketersediaan air tanah terbatas untuk kacang tanah selama pertengahan Juli hingga Agustus, dan untuk tanaman jeruk selama pertengahan Juli hingga pertengahan November. Plot-plot jeruk umumnya menunjukkan evapotranspirasi 12–28% lebih besar, 3–4 kali lebih sedikit limpasan-permukaan, dan drainase-dalam 2–57% lebih besar (Tahir *et al.*, 2016). Perbedaan-perbedaan ini lebih besar pada posisi lereng tengah. Data penelitian dan simulasi HYDRUS-2D menunjukkan bahwa tanaman jeruk yang berakar-dalam mengurangi air limpasan selama musim hujan dengan meningkatkan aliran macropore dan intersepsi kanopi, dan meminimalkan cekaman air tanah selama musim kemarau dengan memanfaatkan air dari lapisan tanah yang lebih dalam. Peneliti merekomendasikan pembuatan parit jeruk bersama dengan tumpangsari kacang sebagai praktik pertanian berkelanjutan.

Hilangnya limpasan-permukaan dan sedimen tanah selama musim hujan (Juni-September) diikuti oleh kurangnya air-tersedia di daerah akar tanaman selama tahap pertumbuhan kritis adalah salah satu penyebab utama rendahnya produktivitas tanaman dan menurunnya hasil Kebun Jeruk mandarin Nagpur di India tengah (Panigrahi, Srivastava dan Huchche, 2009). Sebuah penelitian dilakukan selama 2003-2007 untuk mengevaluasi efek berbagai perlakuan

konservasi tanah dan air pada Jeruk mandarin Nagpur umur satu tahun (*Citrus reticulata blanco*). Semua perlakuan konservasi (*continuous bunding, continuous trenching, and staggered trenching between rows*) sangat efektif dalam mengurangi kehilangan limpasan-permukaan, kehilangan tanah dan hara, dan memberikan respon yang baik terhadap pertumbuhan vegetatif, hasil buah dan kualitas buah dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan *continuous trenching* memberikan respon terbaik dengan menghemat limpasan 28,4%, kehilangan tanah 24,9%, 42,6% N, 45,8% P, dan 47,6% K dibandingkan dengan kontrol, selain itu hasil buah 29,2% lebih tinggi (9,60 kg / tanaman) (Panigrahi, Srivastava dan Huchche, 2009). Di antara parameter kualitas buah jeruk (TSS, persentase jus dan keasaman), persentase jus dan TSS secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol.

Di India Tengah, Jeruk Mandarin Nagpur (*Citrus reticulata blanco*) adalah kultivar jeruk komersial yang sangat terkenal, secara ekstensif ditanam di kebun seluas 1,85 lakh ha di India Tengah (Singh dan Srivastava, 2004). Luas lahan kebun jeruk ini secara eksponensial meningkat setiap tahun karena manfaat ekonomi dan kesesuaian produksi yang menguntungkan di wilayah tersebut. Distribusi hujan yang tidak merata dalam ruang dan waktu menginduksi air-limpasan yang melimpah dan hilangnya tanah di kebun jeruk mandarin Nagpur yang sebagian besar pada tanah-tanah vertisol yang landai (Huchche *et al.*, 1999). Limpasan yang lebih tinggi bersama dengan sedimen tanah dan hara selama periode musim hujan di satu sisi, dan defisit kelembaban tanah selama tahap pertumbuhan kritis di pasca-musim hujan, menyebabkan pertumbuhan tanaman jeruk yang buruk, hasil buah dan mortalitas tanaman yang cukup tinggi. Oleh karena itu, peningkatan status kelembaban tanah di cekungan tanaman selama periode pasca-hujan melalui praktek konservasi air hujan yang efisien diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi penurunan kebun jeruk di wilayah yang langka air ini.

Konservasi kelembaban tanah melalui mulsa (Mohanty *et al.*, 2002) adalah teknologi yang terbukti baik untuk produksi yang lebih baik dari Kebun jeruk Mandarin Nagpur di India Tengah. Perlunya konservasi air hujan melalui adopsi langkah-langkah konservasi yang efisien sebelumnya dianjurkan di kebun jeruk (Sharma *et al.*, 1982), lemon (Ghosh, 1982), jeruk manis (Arora dan Mohan, 1985)

dan jambu mete (Badhe dan Magar, 2004) untuk pertumbuhan dan produktivitas yang lebih baik.

Dua perlakuan konservasi tanah dan air yang berbeda yaitu, penggalian terus menerus dan parit yang terputus-putus di antara baris-baris tanaman diletakkan di kebun jeruk purut berumur 11 tahun (*Citrus aurantifolia Swingle*) dan dibandingkan dengan kontrol (tanpa perlakuan konservasi air hujan) (Panigrahi, Srivastava dan Huchche, 2014). Kedua perlakuan tersebut efektif dalam meningkatkan status air tanah di kebun jeruk dan mengurangi kehilangan tanah ( $2.15\text{--}2.89 \text{ ton ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$ ) dibandingkan dengan kontrol. Penggalian-berkelanjutan adalah perlakuan yang lebih baik dan menghemat 38% air-limpasan, mengurangi kehilangan tanah 32%, 32% N, 28% P, dan 29% K, selain itu menghasilkan hasil buah 18% lebih tinggi ( $17,2 \text{ kg tanaman}^{-1}$ ) di atas kontrol. Di antara berbagai parameter kualitas buah (TSS, persentase jus dan keasaman), persentase jus secara signifikan lebih tinggi dalam perlakuan konservasi ini (43%) dibandingkan dengan perlakuan kontrol (35%). Secara keseluruhan, studi ini menunjukkan bahwa pengadopsian parit-kontinu adalah praktik konservasi tanah-air yang layak di kebun jeruk tanah-tanah vertisol.

Perlakuan continuous trenching melestarikan air hujan yang lebih besar, mengurangi limpasan dan kehilangan tanah dan hara dan meningkatkan air tanah dalam profil tanah. Pertumbuhan tanaman selama musim hujan dan pasca musim hujan yaitu, selama tahap vegetatif dan reproduksi menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik dan translokasi bahan kering yang lebih tinggi menjadi buah, dan hasil buah jeruk lebih tinggi. Karena air tanah yang lebih tinggi dan kandungan hara dalam profil tanah menghasilkan buah berkualitas lebih baik dengan ukuran buah lebih besar. Adopsi langkah-langkah konservasi air hujan juga mengurangi kehilangan tanah dan hara dan mempertahankan produktivitas tanah sebagai dasar berkelanjutan di kebun jeruk. Informasi yang dihasilkan dalam penelitian ini akan berfungsi sebagai data dasar untuk mengembangkan program berbasis jeruk di wilayah tersebut (Panigrahi, Srivastava dan Huchche, 2014).

Jeruk Acid-lime adalah salah satu kultivar jeruk komersial di India dan ditanam di sekitar 1,28 lakh hektar dengan produksi tahunan 10,24 lakh nada (Singh dan Srivastava 2004). Produktivitas ( $8 \text{ ton ha}^{-1}$ ) jeruk di India relatif rendah

dibandingkan dengan produktivitas yang lebih tinggi (20 to ha<sup>-1</sup>) di negara-negara lain. Produktivitas jeruk yang rendah ini dikaitkan dengan rendahnya ketersediaan air dalam profil tanah pada tahap pertumbuhan berbunga dan buah selama periode pasca monsun. Oleh karena itu, konservasi air hujan dalam hortikultura lahan kering adalah salah satu pilihan untuk produksi yang berkelanjutan. Irigasi melalui tetes (Panigrahi *et al.*, 2012a dan 2012 b), irigasi defisit (Panigrahi *et al.*, 2011; Panigrahi *et al.*, 2014) dan konservasi air tanah melalui mulsa (Panigrahi *et al.*, 2008; Panigrahi *et al.*, 2010) adalah pilihan yang lebih baik untuk produksi jeruk. Konservasi air hujan untuk berbagai tanaman buah seperti jambu mete (Badhe dan Magar, 2004), lemon (Ghosh, 1982), jeruk manis (Arora dan Mohan, 1985) dan mandarin (Panigrahi *et al.*, 2006 dan 2009) ternyata lebih baik bagi pertumbuhan pohon dan kuantitas produksi buah per unit yang lebih tinggi.

Pengelolaan air hujan adalah salah satu masalah yang paling sulit dalam produksi jeruk di tanah-tanah yang drainagenya buruk. Pengelolaan air mencakup irigasi dan drainase. Irigasi yang memadai sangat penting karena terbatasnya sistem perakaran di lahan basah. Namun, metode, peralatan, dan informasi penelitian yang tersedia lebih lengkap dan lebih baik dipahami untuk irigasi daripada drainase. Drainase yang memadai mencakup drainase permukaan dan drainage subsoil. Drainase permukaan diperlukan untuk menghilangkan air permukaan yang berlebihan dengan cepat selama dan setelah hujan lebat. Hal ini biasanya dilakukan dengan bedengan-berparit, kecuali topografi alami memiliki kemiringan setidaknya 0,5%. Bedengan dapat berisi dari 1 hingga 4 deretan pohon. Ketinggian dan kemiringan bedengan yang cukup untuk memindahkan air permukaan (0,5% atau lebih), dengan asumsi drainase profil tanah yang memadai. Dalam prakteknya, bedengan ini biasanya setinggi 1 m dan secara tidak sengaja disajikan untuk drainase permukaan dan drainage profil, karena parit-parit seringkali terpisah lebih dari 250 m.

Air permukaan disalurkan ke dalam parit-parit pengumpul dengan menggunakan “drop pipe”. Air ini meresap ke dalam tanah dan menaikkan tabel muka-air yang harus dibuang dengan drainase bawah permukaan. Hal ini dapat dilakukan melalui penggunaan saluran bawah permukaan (biasanya pipa plastik) atau parit-parit terbuka.

Drainase permukaan dan drainage profil diperlukan untuk pengendalian air di sebagian besar lahan basah yang dikeringkan dengan curah hujan tahunan yang cukup tinggi. Sistem drainase yang efisien secara ekonomi adalah sistem yang melibatkan jarak maksimum dan kedalaman minimum yang akan mencegah kerusakan akar tanaman jeruk selama periode genangan air. Pengukuran fluktuasi tabel muka-air selama periode 10 tahun di empat kebun jeruk di Florida menunjukkan bahwa saluran yang berjarak 30-40 m dengan kedalaman 120 cm akan memungkinkan akar jeruk tumbuh hingga kedalaman 90 cm di tanah berpasir halus. Pohon jeruk yang terletak di antara saluran air dapat mengalami kerusakan pada akar-akar rambutnya, khususnya di horison spodik pada kedalaman 70-100 cm selama periode basah yang berkepanjangan. Jarak parit-parit 66 m di tanah-tanah berpasir menghasilkan karakteristik tabel muka-air yang mirip dengan jarak 40 m untuk saluran ubin dalam studi di Florida. Data dikumpulkan dari situs dengan bedengan dangkal 30 cm dengan drainase permukaan yang baik. Data menunjukkan secara umum bahwa jarak parit 91 m, praktik yang sangat umum di tanah flatwoods masam, tidak dapat mencegah kerusakan akar pohon jeruk pada kondisi genangan yang parah (Ford, 1969). Rekomendasi jarak parit dan kedalaman didasarkan pada asumsi bahwa sedimen dan faktor lainnya tidak mengurangi efisiensi drainase lebih dari 20%. Persyaratan kedalaman dan jarak parit untuk tanah bertekstur halus dan tanah organik akan berbeda dari angka tersebut. Kebanyakan saluran air di kebun jeruk Florida dirancang untuk menghilangkan 2 cm air permukaan per hari melalui profil tanah (Beville, 1972).

#### 2.6.1 Faktor-faktor yang merusak akar jeruk pada kondisi tergenang

Akar-akar tanaman jeruk, ketika digenangi, akan mati karena kekurangan oksigen yang mengakibatkan respirasi anaerobik. Hal ini telah dilaporkan dalam tinjauan literatur secara luas (Prevatt, 1959; Russell, 1952; Stolzy, 1971; Van't Woudt dan Hagan, 1957). Kemungkinan bahwa kondisi anaerobik di zona akar memicu aktivitas mikroba tertentu yang dapat membunuh akar lebih cepat daripada kekurangan oksigen. Fenomena semacam itu telah diakui dalam tinjauan ekstensif (Rowe dan Beardsell, 1973).

Hidrogen sulfida adalah racun yang diproduksi oleh bakteri anaerob pada kondisi air tergenang dan telah terbukti mematikan akar tanaman jeruk (Ford,

1973). Derajat toksisitas tampaknya terkait dengan konsentrasi molekul hidrogen sulfida terlarut dalam rhizosfer. Terbentuknya hidrogen sulfida dalam rizosfer akar bersifat logaritmik, seperti yang ditunjukkan oleh penggandaan konsentrasi setiap 24 jam pada kondisi percobaan terkontrol. Toksisitas juga merupakan hubungan konsentrasi-waktu, konsentrasi 2,3 ppm molekul hidrogen sulfida menyebabkan lebih banyak kerusakan akar dalam 7 hari untuk bibit jeruk, dan konsentrasi 2,8 ppm memerlukan waktu 5 hari.

Sistem akar tampaknya secara diferensial permeabel terhadap hidrogen sulfida. Pembunuhan jaringan akar jeruk oleh hidrogen sulfida tampaknya merupakan proses yang lambat. Segmen akar bernoda menunjukkan bahwa sulfida harus melebihi konsentrasi ambang tertentu sebelum jaringan berada di luar titik regenerasi sistem akar fungsional. Dalam studi terkontrol ditemukan bahwa hidrogen sulfida di zona akar mungkin 14 kali lebih tinggi daripada di dalam larutan tanah. Sumber energi penting untuk bakteri adalah asam organik seperti laktat dan sitrat (Ford, 1965), yang merupakan eksudat dari sistem perakaran hidup (Rovira, 1965). Tanaman jeruk rupanya cukup toleran terhadap kekurangan oksigen di rhizosfer. Eksposur tujuh hari kekurangan oksigen dalam alat yang dikendalikan multi-sel tidak secara serius melukai atau merusak akar (Culbert dan Ford, 1972).

Nitrit beracun bagi akar jeruk dalam kondisi anaerobik (Ford, 1965). Nitrit terbentuk dalam 18 jam dan mencapai tingkat 25 hingga 50 ppm tanpa kerusakan nyata pada akar penyerap dalam wadah laboratorium dengan waktu paparan 48 jam. Konsentrasi nitrit lebih dari 50 ppm pada pH 6.0 diperlukan untuk merusak akar penyerap tanaman jeruk dalam kultur larutan.

## **2.7 Pemodelan Menggunakan Markov Chain**

Simulasi merupakan turunan waktu dari acuan matematika, maka proses simulasi 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, 1979). Metode Markov Chain merupakan model yang paling tua dan telah banyak dalam penelitian untuk memprediksi perubahan. Teknik ini telah banyak dimanfaatkan dalam mempelajari



dinamika perubahan lahan. Konsep Markov Chain seringkali digunakan dalam penelitian pengembangan lanjutan seperti model CA-Markov (Ye, 2008).

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

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

Gambar 2. Rumus marcov chain.

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  $U_t$  mempresentasikan peluang setiap titik terklasifikasi sebagai kelas Uada waktu t.  $LC_{ua}$  menunjukkan peluang suatu kelas U menjadi kelas lainnya pada rentang waktu tertentu. Pemodelan CA\_MARKOV tersedia dalam *software Idrisi Selva*. IDRIS'S CA\_MARKOV menggunakan metode matrik perubahan Markov Chain untuk menentukan jumlah perubahan dan *celluler automata* dalam menentukan perubahan di data spasial (Ye, 2008).

## 2.8 Sistem Informasi Geografis Untuk Evaluasi Lahan Tanaman Jeruk

Sistem informasi geografis atau sering dikenal 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 pengindraan jauh yang dipadukan dengan sistem informasi geografi untuk tujuan inventarisasi dan pemantauan sangat penting terutama bila dikaitkan dengan pengumpulan data yang cepat dan akurat (Hanggono, 1998). 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 analog adalah foto udara, sedangkan contoh citra digital adalah citra satelit. Citra satelit disusun oleh dua dimensi dari elemen gambar yang disebut dengan piksel. Setiap piksel mempunyai informasi berupa warna, ukuran dan lokasi dari suatu objek dipermukaan 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).

Mendukung usaha keberhasilan usaha pengendalian perubahan iklim guna pengoptimalan produktivitas jeruk perlu adanya data mengenai karakteristik dan penyebaran lahan pertanian (seperti lahan sawah dan pertanian lahan kering), terutama disentra produksi pertanian. Sekarang ini pemanfaatan teknologi pengindraan jauh merupakan pilihan yang tepat dalam pengoptimalan 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 diharapkan mampu mempertinggi efisiensi pengumpulan data dan pembaruan data mengenai lahan pertanian (Murting *et al.*, 1995). Berdasarkan penelitian Lillesand dan keifer (1994) data satelit pengindraan jauh di daerah beriklim tropis dan subtropis pada umumnya berhasil menyediakan informasi yang baik tentang kondisi dan perkembangan vegetasi.



## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kondisi Umum Wilayah

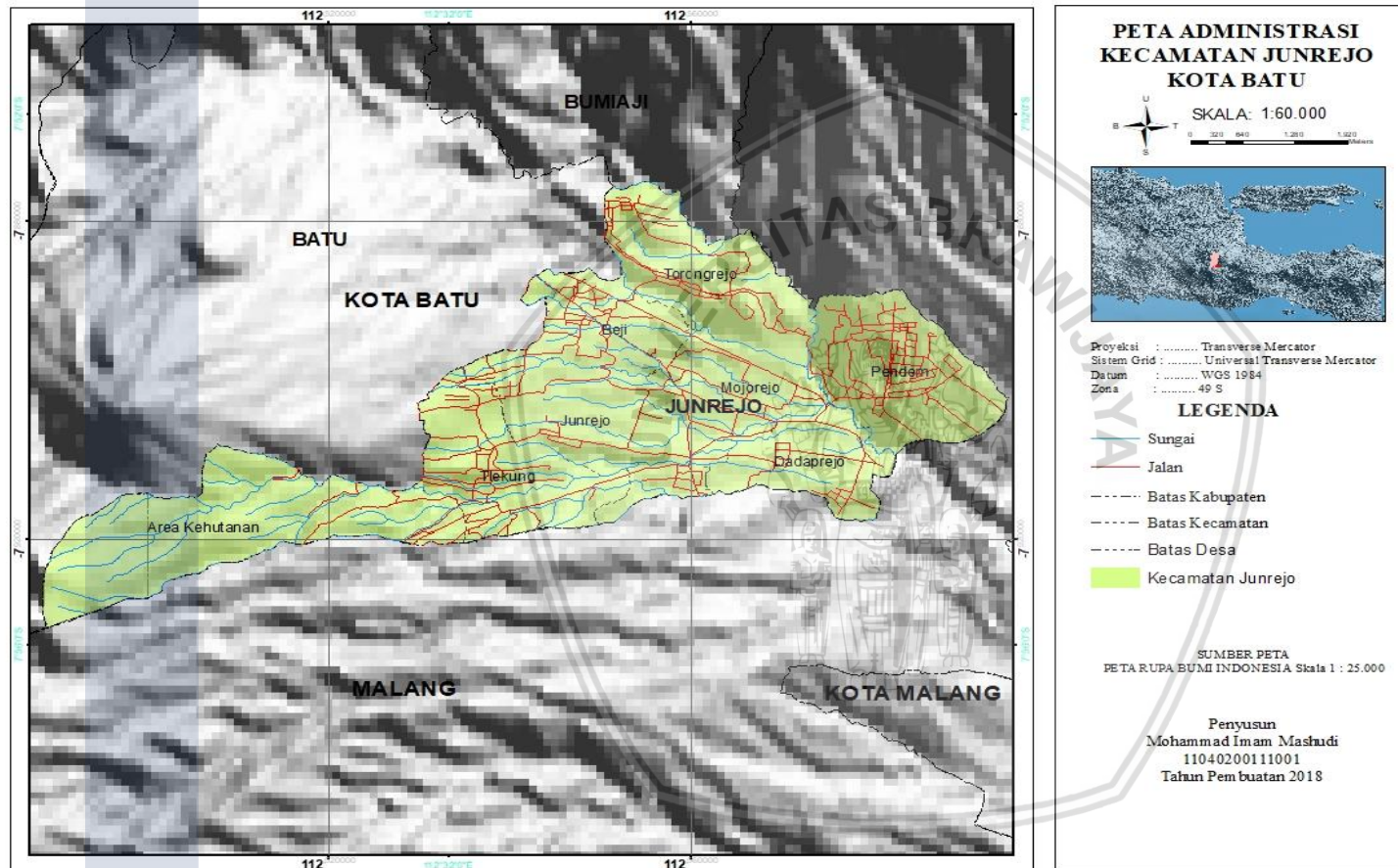
Wilayah kecamatan Junrejo berada di lereng dan lembah (dominan lereng) dengan topografis dapat dibagi menjadi 2 bagian utama yaitu daerah lereng atau bukit sebanyak 1 kelurahan dan daerah dataran sebanyak 6 kelurahan dengan ketinggian berkisar 500 mdpl sampai 2125 mdpl. Adapun batas - batas wilayah Kecamatan Junrejo adalah sebagai berikut: Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Malang dan Kecamatan Bumiaji, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Malang, sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Batu dan sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Malang. (Sunggono, 2017).

Luas kawasan Kecamatan Junrejo secara keseluruhan adalah sekitar 25,65 km<sup>2</sup> atau sekitar 12,88 persen dari total luas Kota Batu. Kecamatan Junrejo terdiri dari 7 kelurahan yaitu: Desa Tlekung mempunyai luas wilayah 872,70 ha, Desa Junrejo mempunyai luas wilayah 352,04 ha, Desa Mojorejo mempunyai luas wilayah 193,17 ha, Desa Torongrejo mempunyai luas wilayah 339,40 ha, Desa Beji mempunyai luas wilayah 241,24 ha, Desa Pendem mempunyai luas wilayah 360,09 ha dan Kelurahan Dadaprejo mempunyai luas wilayah 260,39 ha. (Sunggono, 2017).

Kecamatan Junrejo mempunyai berbagai macam penggunaan lahan salah satunya yaitu pada sektor pertanian khususnya untuk tanaman jeruk. Kebun jeruk yang berada di Kecamatan Junrejo sebagian besar terletak di Desa Tlekung, Desa Junrejo, Desa Mojorejo dan Desa Dadaprejo. Peta administrasi Kecamatan Junrejo disajikan pada Gambar 3.

#### 4.1.1. Kemiringan Lahan

Kecamatan Junrejo termasuk daerah yang mempunyai jenis kelerengan yang beragam, hal ini dikarenakan bentukan lahan dari daerah vulkanik. Terdapat 7 jenis kelerengan yang ada di Kecamatan Junrejo Kota Batu mulai dari datar sampai sangat curam. Semakin menuju kearah barat yang relatif daerahnya tinggi cenderung lebih curam tapi ada juga sebagian wilayah didaerah barat yang curam. Untuk daerah pertanian rata-rata pada daerah yang relatif datar hingga curam.



Gambar 3. Peta administrasi Kecamatan Junrejo Kota Batu

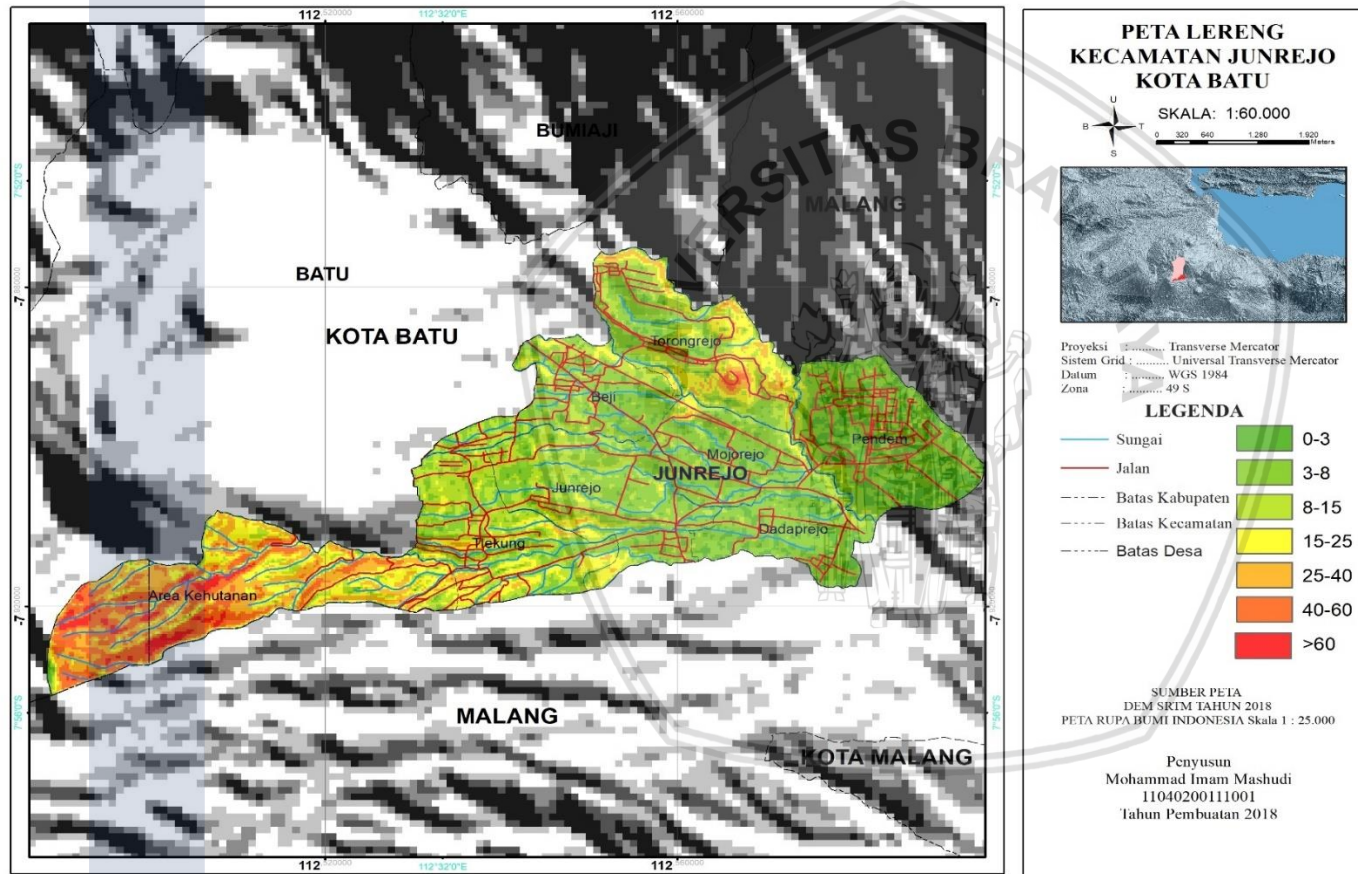
Tabel 4. Luas kelerengannya kecamatan junrejo

No	Lereng (%)	Persentase (%)	Kategori
1	0-3	11,96	Datar
2	3-8	40,82	Landai
3	8-15	19,79	Agak miring
4	15-25	11,09	Miring
5	25-40	8,95	Agak Curam
6	40-60	6,10	Curam
7	>60	1,24	Sangat curam

Kondisi kelerengannya pada plot contoh di Kecamatan Junrejo cenderung beragam, mulai dari SPL 1 kelerengannya adalah 28% termasuk dalam kelas kelerengannya agak curam, SPL 2 kelerengannya adalah 26% termasuk dalam kelas kelerengannya agak curam, SPL 3 kelerengannya adalah 2,8% termasuk dalam kelas kelerengannya datar, SPL 4 kelerengannya adalah 12% termasuk dalam kelas kelerengannya agak miring, SPL 5 kelerengannya adalah 7% termasuk dalam kelas kelerengannya agak miring, SPL 6 kelas kelerengannya adalah 9% termasuk dalam kelas kelerengannya agak miring dan SPL 7 kelas kelerengannya adalah 3% termasuk dalam kelas kelerengannya landai. Berdasarkan parameter kesesuaian lahan untuk tanaman jeruk (Djaenudin *et al.*, 2011) menyebutkan bahwa kelerengannya <8% termasuk dalam kelas S1, kelerengannya 8-16% termasuk dalam kategori S2, kelerengannya 16-30% termasuk dalam kategori S3, kelerengannya >30% termasuk dalam kelas N atau tidak sesuai untuk tanaman jeruk. Keragaman dan luasan jenis kelerengannya daerah kecamatan Junrejo disajikan pada Gambar 4 dan Tabel 4.

#### 4.1.2. Ketinggian tempat

Kecamatan Junrejo Kota Batu termasuk dalam kecamatan yang paling rendah di Kota Batu, dengan elevasi 584 mdpl sampai 2125 mdpl. Titik terendah berada pada Desa Pendem dan titik tertinggi berada pada Desa Tlekung wilayah Kehutanan. Data ketinggian daerah penelitian disajikan pada Tabel 5, sedangkan data luas ketinggian



Gambar. 4 peta kemiringan lahan Kecamatan Junrejo Kota Batu

tempat di Kecamatan Junrejo Kota batu disajikan dalam Tabel 5, untuk peta ketinggian Kecamatan Junrejo ditampilkan pada Gambar 5.

Tabel 5. Data ketinggian daerah contoh

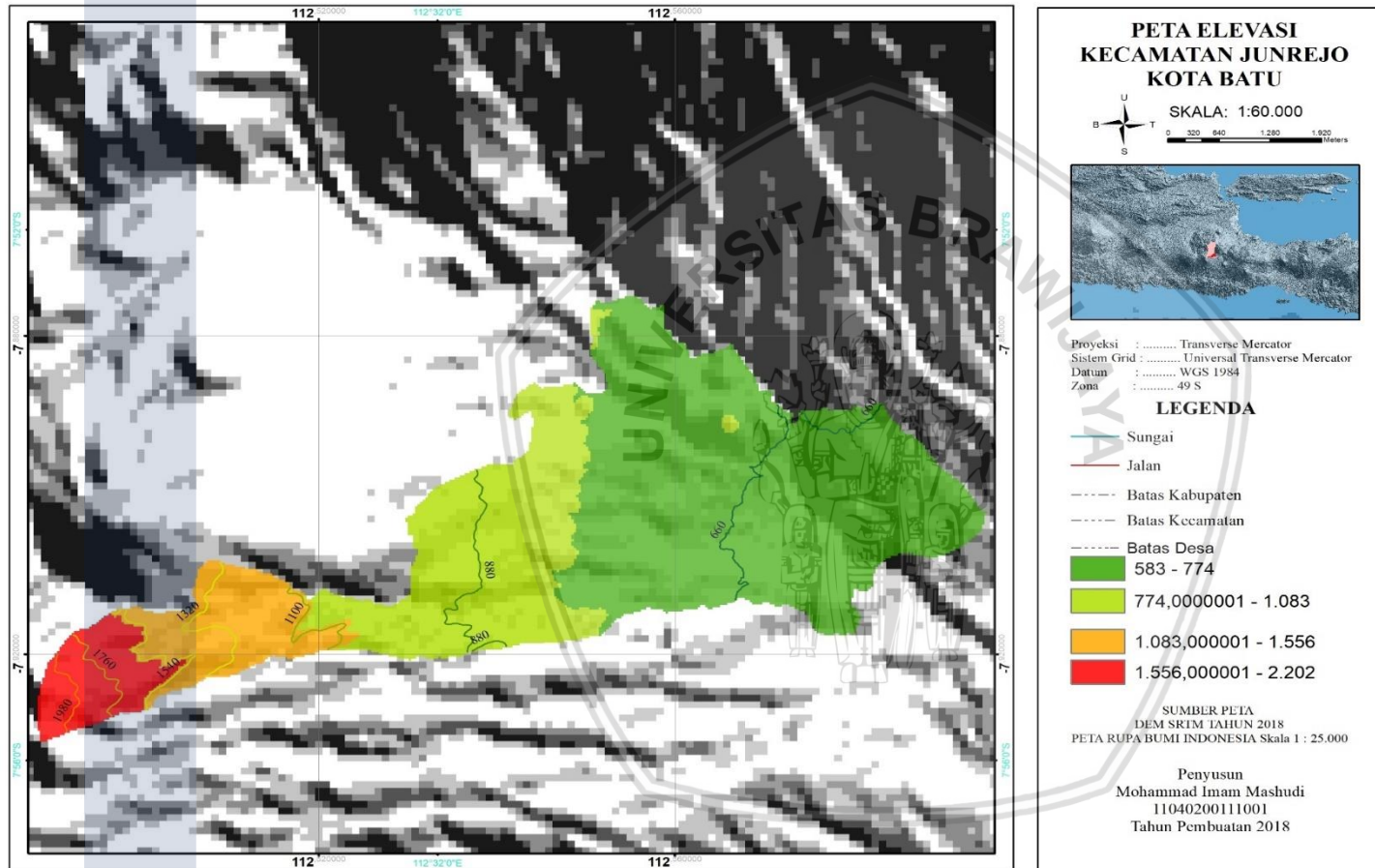
No SPL	Elevasi titik (mdpl)	Elevasi max (mdpl)	Elevasi min (mdpl)
1	870	1000	850
2	795	1000	600
3	660	800	600
4	813	1000	740
5	794	850	600
6	843	1000	600
7	790	1000	800

Berdasarkan penelitian Sunarjono (2004) Jeruk dapat tumbuh pada daerah dataran tinggi, tetapi banyak varietas jeruk yang tumbuh baik pada ketinggian 800-1.500 mdpl. Tanaman jeruk dapat ditanam di dataran rendah hingga dataran tinggi pada suhu antara 20-30 °C. Jeruk keprok baik ditanam diketinggian 100-1.300 mdpl, jeruk manis antara 700-1.300 mdpl dengan iklim relatif kering dan berada di tempat terbuka, jeruk besar antara 70-600 mdpl, dan jeruk nipis antara 200-600 mdpl.

Tabel 6. Luasan ketinggian tempat di Kecamatan Junrejo Kota Batu

No	Ketinggian (mdpl)	Presentase (%)	Jenis Jeruk
1	500-700	47,61	Keprok Madura, Siam Pontianak
2	700-1100	30,54	Jeruk Manis
3	1100-2000	13,53	Keprok Batu 55
4	>2000	8,30	–





Gambar 5. Peta ketinggian tempat Kecamatan Junrejo Kota Batu

#### 4.1.3. Jenis Tanah

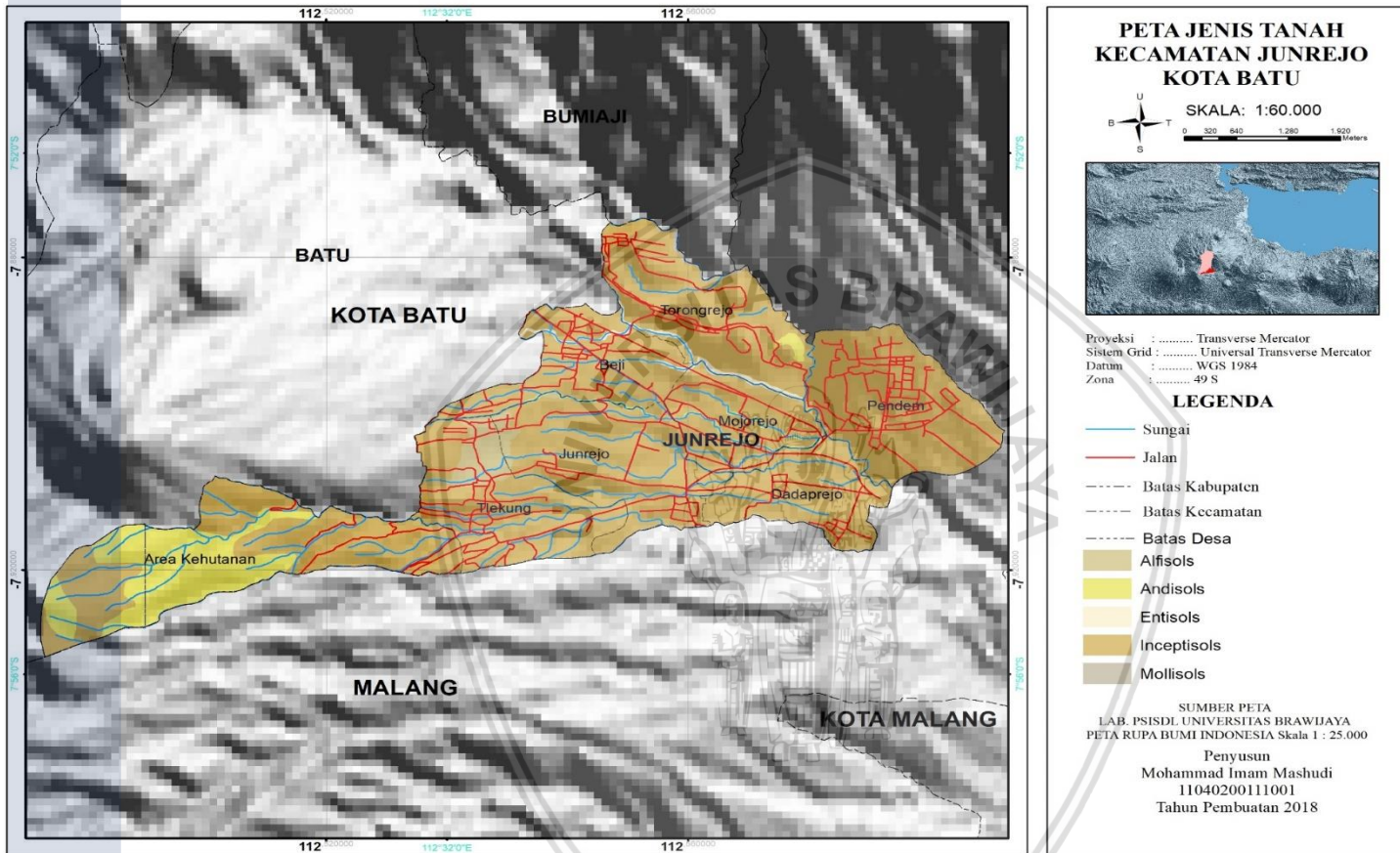
Dilihat dari keadaan geografinya, Kecamatan Junrejo dapat dibagi menjadi 5 ordo tanah yaitu jenis Andisols, Inceptisols, Entisols, Alfisols dan Mollisols. Pada titik pengamatan di SPL 1 diperoleh jenis ordo tanah inceptisols, pada titik pengamatan SPL 2 diperoleh ordo tanah inceptisols, titik pengamatan SPL 3 diperoleh ordo tanah inceptisols, SPL 4 diperoleh ordo tanah andisols, SPL 5 diperoleh ordo tanah inceptisols, SPL 6 diperoleh ordo tanah mollisols, SPL 7 diperoleh ordo tanah Inceptosols. Luasan jenis tanah pada Kecamatan Junrejo disajikan pada Tabel 7 sedangkan sebaran jenis tanah disajikan dalam Gambar 6.

Tabel. 7. luas jenis tanah di Kecamatan Junrejo

No	Jenis tanah	Luas ( ha )	Presentase ( % )
1	Andisols	520,692	15,97
2	Alfisols	61,008	1,87
3	Entisols	38,407	1,17
4	Inceptisols	2.612,009	80,15
5	Mollisols	27,435	0,84

Penciri dari masing-masing ordo tanah berbeda untuk tanah Alfisols yaitu Pada tanah ini terdapat selaput liat di horizon argilik, kandik atau natrik. Mempunyai tekstur antara sedang sampai halus, drainase baik, bahan organik pada umumnya rendah dan mempunyai kejenuhan basa lebih dari 35% pada kedalaman tanah 180 cm dari permukaan. Tanah Andisols mempunyai ciri-ciri berwarna hitam kelam, sangat porous, mengandung bahan organik dan lempung tipe amorf, terutama alofan serta sedikit silika, alumina atau hidroxida-besi. Tanah yang terbentuk dari abu vulkanik ini umumnya ditemukan didaerah dataran tinggi (>400 m di atas permukaan laut). (Darmawijaya, 1990).

Andisol adalah tanah yang berkembang dari bahan vulkanik seperti abu vulkan, batu apung, silinder, lava dan sebagainya dan atau bahan volkanik lastik yang fraksi koloidnya didominasi oleh mineral “short range order” (alofan, imogolit, ferihidrit) atau kompleks Al-humus.



Gambar. 6. Peta jenis tanah Kecamatan Junrejo Kota Batu

Keadaan lingkungan tertentu, pelapukan alumino silikat primer dalam bahan induk non-vulkanik dapat menghasilkan mineral “short range order”, sebagian tanah seperti ini yang termasuk dalam Andisol (Hardjowigeno, 1993).

Tanah Entisols mempunyai ciri-ciri sedikit atau belum banyak perkembangan profilnya sehingga tanah masih muda, baru tingkat permulaan dalam perkembangan tanah. Tidak ada horizon penciri lain kecuali epipedon okrik atau albik, tekstur tanah kasar dengan kadar N dan organik rendah. Tanah Inceptisols mempunyai ciri-ciri horison penciri kambik, tanah yang mulai berkembang tetapi belum matang yang ditandai oleh perkembangan profil yang lebih lemah. Memiliki solum tanah agak tebal, yaitu 1-2 meter, warnanya hitam atau kelabu sampai dengan coklat tua, teksturnya debu, lempung debu. Bahkan, lempung, struktur tanahnya remah berkonsistensi gembur, memiliki Ph 5,0 sampai 7,0, memiliki bahan organik cukup tinggi, yaitu antara 10% sampai 30%, memiliki kandungan unsur hara yang sedang sampai tinggi. Mollisols tanah yang mempunyai permukaan gelap yang mengandung banyak bahan organik, struktur gembur tidak keras, tekstur halus sampai sedang. (Hardjowigeno, 1993).

Berdasarkan parameter kesesuaian lahan pada tanaman jeruk dari jenis tanah yang ada di Kecamatan Junrejo Kota Batu penciri yang bisa digunakan yaitu tekstur tanah. Tekstur tanah yang tidak sesuai untuk tempat budidaya jeruk yaitu tekstur tanah yang kasar. Tekstur kasar terdapat pada ordo tanah entisols, sedangkan ordo tanah yang lain untuk budidaya tanaman jeruk masuk dalam kelas S1-S3. Tanaman jeruk manis dapat tumbuh subur pada kondisi tanah ringan sampai sedang disertai aerasi baik, gembur, solum cukup dalam, air dapat merembes dengan lancar dan cukup bahan organik. Struktur fisik tanah sangat penting bagi pertumbuhan tanaman jeruk, yaitu tanah yang harus mengikat dan merembeskan air dan tidak sampai menggenang. Akar tanaman ini membutuhkan banyak oksigen sehingga aerasi tanah harus baik dalam menunjang pertumbuhan dan produksinya. Bahan organik yang cukup sampai lapisan agak dalam yaitu lebih 50 cm sehingga menghasilkan pertumbuhan cepat dan produktivitasnya tinggi (Barus dan Syukri, 2008). Tanah yang cocok untuk menanam jeruk adalah tanah lempung berpasir, yaitu tanah yang tidak terlalu lengket seperti tanah lempung dan tidak terlalu remah seperti tanah pasir. Tanah juga harus mengandung banyak humus. Jenis tanah

Andisol dan Latosol merupakan alternatif yang cocok untuk budidaya jeruk. Tanah juga harus memiliki drainase yang baik. Air harus bisa meresap sempurna atau menggenang serta air tanah terlalu dangkal. Kedalaman air tanah minimal antara 150-200 cm di bawah permukaan tanah (Haryadi, 2013).

#### 4.1.4. Iklim

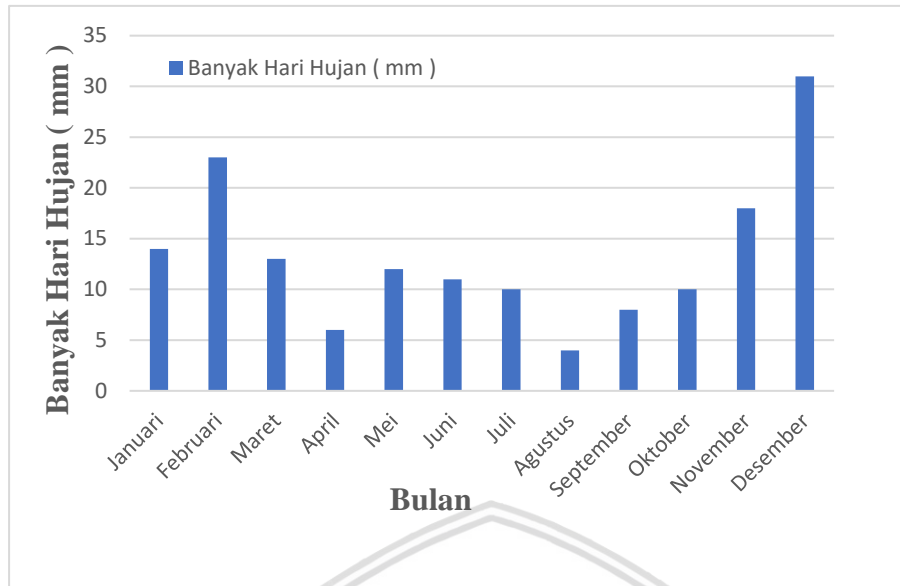
##### 1. Suhu

Suhu di Kecamatan Junrejo Kota Batu berkisar antara 19°C - 27°C. Tanaman jeruk dapat ditanam didataran rendah hingga dataran tinggi pada suhu antara 20°C - 30°C Sinar matahari sangat diperlukan untuk pertumbuhan jeruk oleh karena itu jeruk manis yang ditanam di tempat terlindung pertumbuhannya kurang baik dan mudah terserang penyakit (Purnomosidhi *et al.*, 2007).

Hasil pengukuran suhu dari setiap SPL didapat hasil yang berbeda-beda, dimana pada SPL 1 mempunyai suhu 22,4°C, SPL 2 mempunyai suhu 23°C, SPL 3 mempunyai suhu 25,5°C, SPL 4 mempunyai suhu 27,3°C, SPL 5 mempunyai suhu 24°C, SPL 6 mempunyai suhu 24,7°C, SPL 7 mempunyai suhu 20,3°C.

##### 2. Curah hujan

Data curah hujan diperoleh dari stasiun BMKG Karangploso dan data dari BPS. Di peroleh tiga tempat pengukuran curah hujan untuk penelitian ini yaitu stasiun pengukuran Tlekung, stasiun pengukuran Bumiaji, stasiun pengukuran Karangploso. Kemudian ditentukan distribusi hujan, bulan kering dan bulan basah. Grafik distribusi curah hujan tahun 2017 disajikan pada Gambar 7 sebaran curah hujan disajikan pada Gambar 8.



Gambar 7. Distribusi curah hujan Stasiun Tlekung Kota Batu tahun 2017.

Pada grafik diketahui bahwa distribusi curah hujannya mempunyai pola musonal dicirikan oleh bentuk pola hujan yang bersifat *unimodal* (satu puncak musim hujan). Selama tiga bulan **curah hujan** relatif tinggi biasa disebut **musim hujan**, yakni Desember, Januari dan Februari (DJF) dan tiga bulan curah hujan rendah bisa disebut musim kemarau, periode Juni, Juli dan Agustus (JJA), sementara enam bulan sisanya merupakan periode peralihan (tiga bulan peralihan kemarau ke hujan, dan tiga bulan peralihan hujan ke kemarau). Pola lokal dicirikan oleh bentuk pola hujan *unimodal* (satu puncak hujan) tapi waktunya berlawanan dengan pola hujan pada tipe monsoon (Effendy, 2001). Curah hujan di Kecamatan Junrejo tertinggi terjadi pada bulan Desember dengan 31 hari hujan dan terendah terjadi pada bulan Agustus dimana terjadi hujan dengan 3 hari hujan. Kriteria yang digunakan untuk menentukan bulan basah, bulan kering, dan bulan lembab yaitu :

- Bulan Basah (BB) : Jumlah curah hujan >100 mm/bulan
- Bulan Lembab (LB) : Jumlah curah hujan antara 60 – 100 mm/bulan
- Bulan kering (BK) : Jumlah curah hujan <60 mm/bulan (Lakitan, 2002).

Kemudian setelah didapatkan BB, BL, BK dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai Q dengan rumus yaitu :

$$Q = \text{Banyak bulan kering} \times 100\%$$

Banyak bulan basah

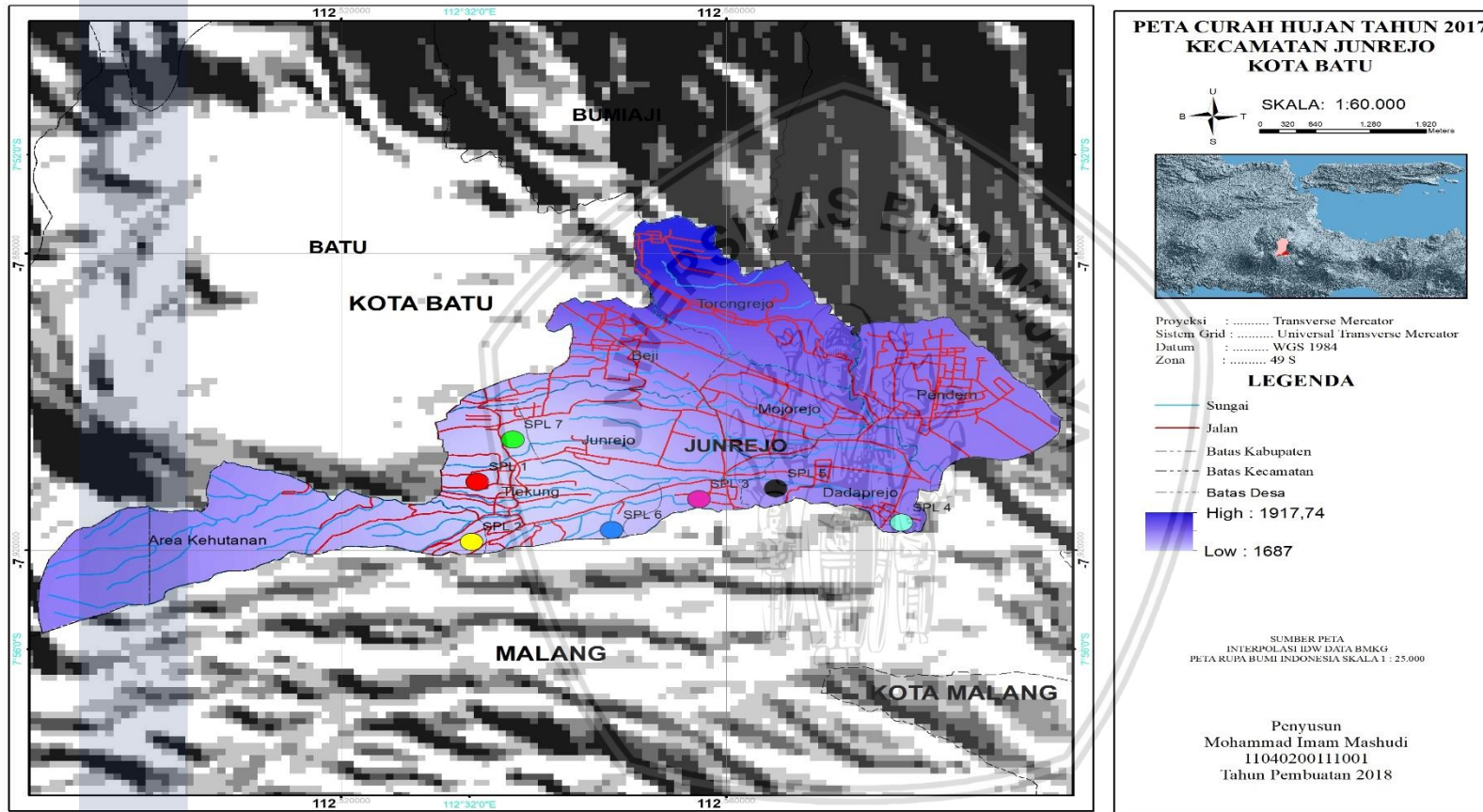
Nilai perbandingan (Q) antara rata-rata bulan kering (BK) dan rata-rata bulan basah (BB) dalam satu tahun. Hasil dari besarnya nilai Q ditentukan berdasarkan tipe iklim Schimdt – Ferguson yaitu :

Tabel 8. Klasifikasi Iklim Schimdt – Ferguson

Iklim	Nilai Q	Sifat
A	0 – 0,143	Sangat basah
B	0,143 – 0,333	Basah
C	0,333 – 0,6	Agak basah
D	0,6 – 1	Sedang
E	1 – 1,67	Agak kering
F	1,67 – 3	Kering
G	3 – 7	Sangat kering
H	>7	Ekstrim

(Lakitan, 2002)

Berdasarkan klasifikasi iklim menurut Schimdt – Ferguson iklim yang terdapat di Kecamatan Junrejo Kota Batu termasuk dalam iklim tipe B yaitu basah. Tanaman jeruk membutuhkan cukup air terutama pada proses vegetatif. Jumlah curah hujan dan distribusinya sangat menentukan ketersediaan air bagi tanaman jeruk, karena air berfungsi dalam proses pengisian sel tanaman atau buah, pelarut zat kimia atau padat yang diperlukan oleh tanaman dan sebagai pengendali suhu tanaman. Curah hujan yang tinggi juga mengakibatkan perubahan temperatur udara. Temperatur udara sangat berperan terhadap aktivasi energi maupun inaktivasi enzim pembentukan buah jeruk (Nobuhito *et al.*, 2008). curah hujan yang terus-menerus menyebabkan kelembapan dan kandungan air tanah yang tinggi sehingga kandungan air yang menuju ke bunga kelebihan dan menyebabkan kerontokan. Berdasarkan penelitian Harjadi (1982), pada tanaman yang sedang tumbuh aktif, proses fenologi membutuhkan air yang cukup banyak sehingga dengan adanya pengeringan, proses pembentukan koloid - koloid hidrofilik akan dipercepat dan selanjutnya mendorong perkembangan kuncup-kuncup bunga, buah dan biji.



Gambar 8. Peta curah hujan tahun 2017 Kecamatan Junrejo



#### 4.1.5. Plot satuan peta lahan jeruk

Kecamatan Junrejo Kota Batu merupakan salah satu sentral tanaman jeruk dengan produktivitas setiap tahun berkisar 1000 ton/ha. Terdapat 7 satuan peta lahan dengan skala 1 : 50.000 hasil dari *overlay* penggunaan lahan, kelerengan dan jenis tanah. Dari hasil *overlay* peta tematik tersebut didapatkan 7 titik pengamatan plot spl. Hasil dari pengamatan 7 titik, didapatkan bahwa ada faktor yang membatasi lahan jeruk. Faktor pembatas yang membatasi produksi jeruk tersaji dalam Tabel 9 dan peta SPL disajikan pada Lampiran 1.

Tabel 9. Faktor pembatas setiap titik pengamatan

SPL	Kelas Kesesuaian Lahan	Faktor Pembatas
1	S3	Kelerengan
2	S2	Kelerengan
3	S1	–
4	S2	Kelerengan
5	S1	–
6	S2	Kelerengan
7	S1	–

##### 1. Plot satuan peta lahan 1

Kondisi lahan pada SPL 1 terletak pada koordinat 66914 mT dan mU 912519 yang bertempat di Desa Tlekung Kecamatan Junrejo Kota Batu dengan luas lahan 3000 m<sup>2</sup> mempunyai produksi jeruk 3,3 ton/ha. Produksi jeruk pada SPL 1 agak rendah dibandingkan dengan daerah contoh lainnya, hal ini dikarenakan tanaman jeruk telah ditumpangsari dengan tanaman durian. kondisi lahan seperti gambar 9 pada titik contoh diambil pada tanggal 5 Februari 2017. Kondisi fisiografi lahan yaitu mempunyai kemiringan lahan 28% (agak curam), lahan terletak pada ketinggian 870 mdpl dengan titik tertinggi lahan 1000 mdpl dan terendah 850 mdpl, mempunyai jenis tanah Inceptisol. Suhu pada SPL 1 terendah yaitu 21<sup>0</sup> C dan tertinggi yaitu 25, 5<sup>0</sup> C. Curah hujan pada SPL 1 yaitu 1687 mm/tahun, dengan rata – rata hari hujan yaitu 148 hari, lama bulan basah di Kecamatan Junrejo yaitu 9 bulan dan bulan kering 3 bulan. Data plot pengamatan pada SPL 1 tersaji pada Tabel 10.

Parameter	Satuan	Data SPL	Kesesuaian Lahan
Suhu	<sup>0</sup> C	22,4 <sup>0</sup> C	S1

Curah hujan	mm/tahun	1687	S1
Kemiringan	%	28	S3
Ketinggian	mdpl	870	S1

Tabel 10. Data plot SPL 1 dan kesesuaian lahan jeruk



Gambar 9. SPL 1 jeruk Kecamatan Junrejo Kota Batu

2. Plot satuan peta lahan 2

Kondisi lahan pada SPL 2 terletak pada koordinat 66899 mT dan 912491 mU yang bertempat di Desa Tlekung Kecamatan Junrejo Kota Batu dengan luas lahan 2000 m<sup>2</sup>, mempunyai produksi 2,5 ton/ha. Produksi jeruk pada SPL 2 cukup tinggi dibandingkan dengan SPL 1 yang mempunyai luasan yang lebih besar. Kondisi fisiografi lahan yaitu mempunyai kemiringan lahan 26% (agak curam), lahan terletak pada ketinggian 795 mdpl dengan titik tertinggi lahan 1000 mdpl dan terendah 710 mdpl, mempunyai jenis tanah Inceptisol. Suhu pada SPL 2 yaitu 23<sup>0</sup>C. Curah hujan pada SPL 2 yaitu 1687 mm/tahun, dengan rata – rata hari hujan yaitu 148 hari, lama bulan basah di Kecamatan Junrejo yaitu 9 bulan dan bulan kering 3 bulan. Data plot pengamatan pada SPL 2 tersaji pada Tabel 11.

Tabel 11. Data plot SPL 2 dan kesesuaian lahan jeruk

Parameter	Satuan	Data SPL	Kesesuaian Lahan
Suhu	<sup>0</sup> C	23 <sup>0</sup> C	S1
Curah hujan	mm/tahun	1687	S1
Kemiringan	%	26	S3
Ketinggian	mdpl	795	S1



Gambar 10. SPL 2 jeruk Kecamatan Junrejo Kota Batu

## 3. Plot satuan peta lahan 3

Kondisi lahan pada SPL 3 terletak pada koordinat 67159 mT dan 912503 mU yang bertempat di Desa Junrejo Kecamatan Junrejo Kota Batu dengan luas lahan 3350 m<sup>2</sup>, mempunyai produksi 3,3 ton/ha. Kondisi fisiografi lahan yaitu mempunyai kemiringan lahan 2,8% (datar), lahan terletak pada ketinggian 660 mdpl dengan titik tertinggi lahan 800 mdpl dan terendah 650 mdpl, mempunyai jenis tanah Inceptisol. Suhu pada SPL 1 yaitu 23<sup>0</sup>C. Curah hujan pada SPL 3 yaitu 1687 mm/tahun, dengan rata – rata hari hujan yaitu 148 hari, lama bulan basah di Kecamatan Junrejo yaitu 9 bulan dan bulan kering 3 bulan. Data plot pengamatan pada SPL 3 tersaji pada Tabel 12.

Tabel 12. Data plot SPL 3 dan kesesuaian lahan jeruk

Parameter	Satuan	Data SPL	Kesesuaian Lahan
Suhu	<sup>0</sup> C	23 <sup>0</sup> C	S1
Curah hujan	mm/tahun	1687	S1
Kemiringan	%	2,8	S1
Ketinggian	mdpl	660	S1



Gambar 11. SPL 3 jeruk Kecamatan Junrejo Kota Batu

## 4. Plot satuan peta lahan 4

Kondisi lahan pada SPL 4 terletak pada koordinat 67420 mT dan 912447 mU yang bertempat di Desa Dadaprejo Kecamatan Junrejo Kota Batu dengan luas lahan 2900 m<sup>2</sup>, mempunyai produksi 20 ton/ha. Kondisi fisiografi lahan yaitu mempunyai kemiringan lahan 12% (agak miring), lahan terletak pada ketinggian 813 mdpl dengan titik tertinggi lahan 1000 mdpl dan terendah 780 mdpl, mempunyai jenis tanah Inceptisol. Suhu pada SPL 4 yaitu 26 °C. Curah hujan pada SPL 4 yaitu 1687 mm/tahun, dengan rata – rata hari hujan yaitu 148 hari, lama bulan basah di Kecamatan Junrejo yaitu 9 bulan dan bulan kering 3 bulan. Data plot pengamatan pada SPL 4 tersaji pada Tabel 13.

Tabel 13. Data plot SPL 4 dan kesesuaian lahan jeruk

Parameter	Satuan	Data SPL	Kesesuaian Lahan
Suhu	°C	26 °C	S1
Curah hujan	mm/tahun	1687	S1
Kemiringan	%	12	S2
Ketinggian	mdpl	813	S1



Gambar 12. SPL 4 jeruk Kecamatan Junrejo Kota Batu

5. Plot satuan peta lahan 5

Kondisi lahan pada SPL 5 terletak pada koordinat 67252 mT dan 912547 mU yang bertempat di Desa Dadaprejo Kecamatan Junrejo Kota Batu dengan luas lahan 3400 m<sup>2</sup>, mempunyai produksi 30,29 ton /ha. Kondisi fisiografi lahan yaitu mempunyai kemiringan lahan 7% (landai), lahan terletak pada ketinggian 794 mdpl dengan titik tertinggi lahan 1000 mdpl dan terendah 600 mdpl, mempunyai jenis tanah Inceptisol. Suhu pada SPL 5 yaitu 25 °C. Curah hujan pada SPL 5 yaitu 1687 mm/tahun, dengan rata – rata hari hujan yaitu 148 hari, lama bulan basah di Kecamatan Junrejo yaitu 9 bulan dan bulan kering 3 bulan. Data plot pengamatan pada SPL 5 tersaji pada Tabel 14.

Tabel 14. Data plot SPL 5 dan kesesuaian lahan jeruk

Parameter	Satuan	Data SPL	Kesesuaian Lahan
Suhu	°C	25 °C	S1
Curah hujan	mm/tahun	1687	S1
Kemiringan	%	7	S1
Ketinggian	mdpl	794	S1



Gambar 13. SPL 5 jeruk Kecamatan Junrejo Kota Batu.

6. Plot satuan peta lahan 6

Kondisi lahan pada SPL 6 terletak pada koordinat 67011 mT dan 912513 mU yang bertempat di Desa Junrejo Kecamatan Junrejo Kota Batu dengan luas lahan 2700 m<sup>2</sup>, mempunyai produksi 21,11 ton/ha. Kondisi fisiografi lahan yaitu mempunyai kemiringan lahan 9% (agak miring), lahan terletak pada ketinggian 843 mdpl dengan titik tertinggi lahan 1000 mdpl dan terendah 600 mdpl, mempunyai jenis tanah Inceptisol. Suhu pada SPL 6 yaitu 22<sup>0</sup>C. Curah hujan pada SPL 6 yaitu 1687 mm/tahun, dengan rata – rata hari hujan yaitu 148 hari, lama bulan basah di Kecamatan Junrejo yaitu 9 bulan dan bulan kering 3 bulan. Data plot pengamatan pada SPL 6 tersaji pada Tabel 15.

Tabel 15. Data Plot SPL 6 dan kesesuaian lahan jeruk

Parameter	Satuan	Data SPL	Kesesuaian Lahan
Suhu	<sup>0</sup> C	22 <sup>0</sup> C	S1
Curah hujan	mm/tahun	1687	S1
Kemiringan	%	9	S2
Ketinggian	mdpl	843	S1



Gambar 14. SPL 6 jeruk Kecamatan Junrejo Kota Batu

#### 7. Plot Satuan Peta Lahan 7

Kondisi lahan pada SPL 7 terletak pada koordinat 66888 mT dan 912536 mU yang bertempat di Desa Tlekung Kecamatan Junrejo Kota Batu dengan luas lahan 4100 m<sup>2</sup>, 34,87

ton ha<sup>-1</sup>. Kondisi fisiografi lahan yaitu mempunyai kemiringan lahan 3% (datar), lahan terletak pada ketinggian 790 mdpl dengan titik tertinggi lahan 1000 mdpl dan terendah 600 mdpl, mempunyai jenis tanah Alfisol. Suhu pada SPL 7 yaitu 22,5 °C . Curah hujan pada SPL 7 yaitu 1687 mm/tahun, dengan rata – rata hari hujan yaitu 148 hari, lama bulan basah di Kecamatan Junrejo yaitu 9 bulan dan bulan kering 3 bulan. Data plot pengamatan pada SPL 7 tersaji pada Tabel 16.

Tabel 16. Data Plot SPL 7 dan kesesuaian lahan jeruk

Parameter	Satuan	Data SPL	Kesesuaian Lahan
Suhu	°C	22,5 °C	S1
Curah hujan	mm/tahun	1687	S1
Kemiringan	%	3	S1
Ketinggian	mdpl	790	S1



Gambar 15. SPL 7 jeruk Kecamatan Junrejo Kota Batu

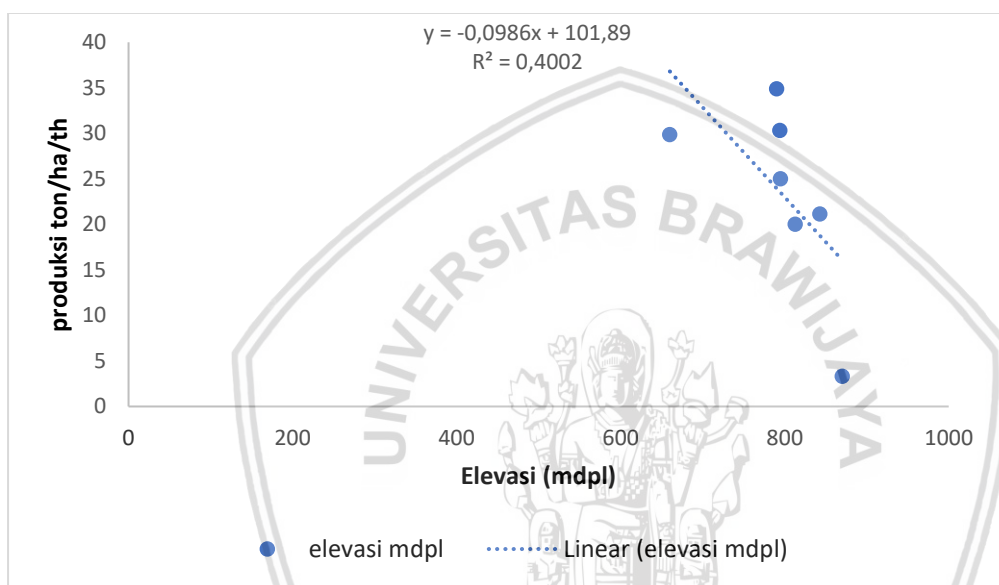
## 4.2 Hasil dan Pembahasan Penelitian

### 4.2.1. Hasil analisis faktor pembatas dengan produktivitas jeruk di Kecamatan Junrejo

1. Ketinggian tempat dengan produktivitas jeruk

Dari hasil pengamatan 7 titik yang didapat selanjutnya dilakukan analisis statistika untuk mengetahui seberapa besar ketinggian tempat mempengaruhi hasil produksi di kebun jeruk. Dari hasil analisis statistika didapatkan bahwa elevasi mempunyai hubungan yang negatif dengan produksi ( $r = -0,668$ ). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi elevasi maka semakin mengurangi potensi produksi jeruk di Kecamatan Junrejo.

Dari hasil regresi stepwise didapatkan hasil model  $y = -0,0986x + 101,89$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,447. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa produktivitas jeruk di Kecamatan Junrejo dipengaruhi oleh ketinggian tempat.



Gambar 16. Grafik elevasi dengan produksi jeruk

Tanaman jeruk menghendaki penyinaran matahari penuh dengan bulan kering optimum 3 – 4 bulan berturut – turut. Semua jenis jeruk menyukai tempat yang tidak ada naungannya. Tinggi tempat dari permukaan laut menentukan suhu udara dan intensitas sinar yang diterima oleh tanaman. Guslim (2007) mengemukakan bahwa semakin tinggi suatu tempat, semakin rendah suhu tempat tersebut, demikian juga dengan intensitas matahari semakin berkurang.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dianalisis dengan statistika menunjukkan bahwa ketinggian tempat berkorelasi negatif dengan produksi tanaman jeruk dimana semakin tinggi ketinggian suatu tempat berpotensi menurunkan produktivitas tanaman jeruk. Berdasarkan hasil survei dilapangan menunjukkan tanaman jeruk milik petani sebagian besar adalah jenis jeruk keprok madura dan jeruk siam pontianak yang memiliki syarat tumbuh ketinggian tempat kurang dari 400 mdpl. Sedangkan untuk jenis jeruk keprok Batu 55 di Kecamatan Junrejo yang ditanam oleh petani lebih sedikit dibandingkan dengan jenis jeruk yang lain, hal ini dikarenakan jeruk keprok Batu 55 mempunyai syarat tumbuh di ketinggian 700 – 1300 mdpl.





Tabel 17. Syarat tumbuh varietas jeruk terhadap ketinggian tempat

Varietas	Dataran rendah $\leq$	Dataran medium $> 400$	Dataran tinggi
	400 mdpl	- 700 mdpl	$> 700$
Keprok batu 55	-	+	++
Keprok madura	++	+	-
Keprok soe	-	+	++
Keprok grabag	-	+	++
Keprok brastepu	-	-	++
Keprok tejakula	++	-	-
Keprok garut	-	++	+
Keprok tawangmangu	-	+	++
Keprok siompu	++	-	-
Keprok borneo prima	++	+	-
Siam pontianak	++	+	-
Siam madu	-	+	++
Siam kintamani	-	+	++
Siam banjar	++	-	-
Pamelo	++	-	-

Keterangan

++ : Optimal

+ : kurang optimal

- : tidak direkomendasikan

(Sutopo, 2016).

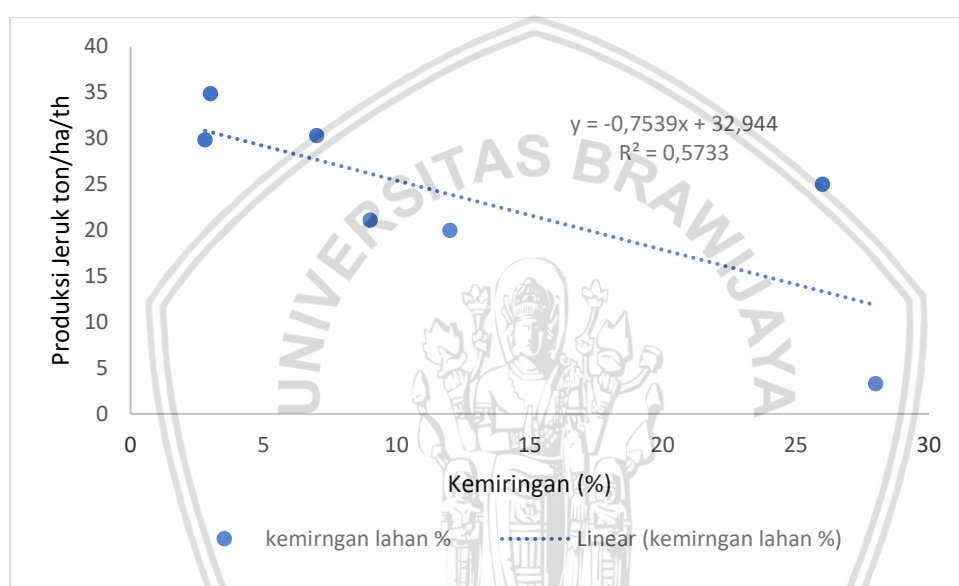
Ketinggian tempat berbanding terbalik dengan suhu, semakin tinggi suatu tempat maka semakin rendah suhu. Di daerah tropis secara umum berlaku bahwa setiap penurunan suhu 0,6 °C maka akan menaikkan elevasi sebesar 100 mdpl. (Suhardjo, 1985 dalam iriawan, 2007). Adanya penurunan suhu ini sangat berpengaruh terhadap distribusi tumbuhan, sebab tumbuhan memiliki keterbatasan daya adaptasi terhadap suhu lingkungan di sekitarnya (Dolezal, 2002). Tanaman jeruk keprok yang berada pada ketinggian lebih dari 1000 mdpl



dengan kemiringan 30 % - 40 %, memiliki kualitas internal yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman jeruk keprok yang berada pada ketinggian kurang dari 1000 mdpl (Giyanti, 2001).

## 2. Kemiringan Lahan

Dari hasil pengamatan 7 titik yang didapat selanjutnya dilakukan analisis statistika untuk mengetahui seberapa besar kemiringan lahan mempengaruhi hasil produksi di kebun jeruk. Dari hasil analisis statistika didapatkan bahwa kemiringan lahan berkorelasi negatif dengan produksi ( $r = -0,757$ ). Hal ini menunjukkan bahwa semakin curam kemiringan lahan maka semakin menurunkan produktivitas jeruk di Kecamatan Junrejo.



Gambar 17. Grafik kemiringan lahan dengan produksi jeruk

Dari hasil regresi stepwise didapatkan hasil model  $y = -0,7539x + 32,944$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0.573 %. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa produktivitas jeruk di Kecamatan Junrejo dipengaruhi oleh kemiringan lahan. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa produktivitas jeruk di Kecamatan Junrejo dipengaruhi oleh kemiringan lahan.

Tanaman jeruk dapat tumbuh dengan baik di daerah yang memiliki kemiringan sekitar 30% (Soelarso, 1996). Hal ini menunjukkan bahwa semakin curam kemiringan lahan maka semakin menurunkan produksi jeruk di Kecamatan Junrejo. Selain itu faktor erosi juga dapat diperbaiki melalui pola tanam tumpangsari (Harrys et al. 2014). Karena untuk melakukan perbaikan terhadap faktor pembatas bahaya erosi dibutuhkan biaya yang cukup besar.

Penggunaan lahan yang berupa kebun heterogen baik itu tanaman tahunan, buah-buahan maupun tanaman semusim secara bersama - sama akan berpengaruh terhadap kemampuan tutupan tajuk tanaman terhadap erosititas tanah. Pengelolaan lahan yang relatif

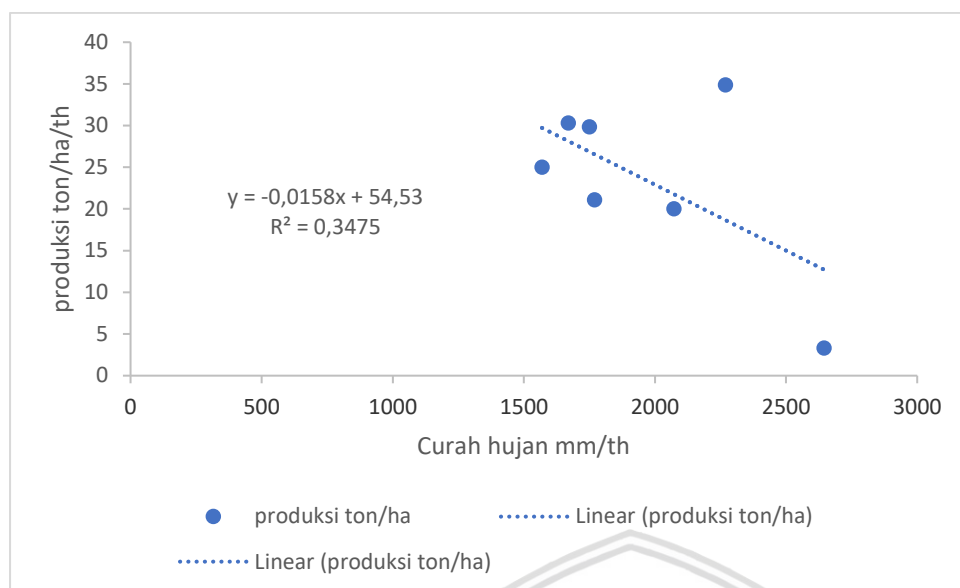
baik akan meminimalisir erosi. Namun, hal yang perlu diwaspadai adalah pada tingkat bahaya erosi sedang. Pengelolaan lahan di wilayah dengan kategori ini perlu mendapatkan perlakuan yang penuh kehati-hatian terutama pada lereng yang agak curam hingga sangat curam (Kumendong *et al.*, 2013).

Faktor pembatas dominan lainnya adalah potensi erosi yang berupa kemiringan lahan (lereng) dalam satuan persen ( % ) dan bahaya erosi tanah yang terlihat dilapangan. Untuk lereng dan bahaya erosi ini perlu diperhatikan karena adanya korelasi antara kemiringan lereng dan nilai erodibilitas (jumlah erosi yang telah terjadi), penelitian (Yulina *et al.*, 2015) menunjukkan bahwa pada kelas lereng datar sampai curam terjadi peningkatan nilai erodibilitas.

### 3. Curah Hujan

Dari hasil pengamatan 7 titik yang didapat selanjutnya dilakukan analisis statistika untuk mengetahui seberapa besar curah hujan tahunan mempengaruhi hasil produksi di kebun jeruk. Dari hasil analisis statistika didapatkan bahwa curah hujan berkorelasi negatif dengan produksi ( $r = -0,589$ ). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi curah hujan maka semakin menurunkan produksi jeruk di Kecamatan Junrejo.

Dari hasil regresi stepwise didapatkan hasil model  $y = -0,0158x + 54,53$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,3475. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa curah hujan paling berpengaruh terhadap produktivitas jeruk di Kecamatan Junrejo. Akan tetapi, curah hujan tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah produktivitas jeruk Di Kecamatan Junrejo, Kota Batu. Hal ini dikarenakan curah hujan Di Kecamatan Junrejo menurut kelas kesesuaian lahan masuk dalam kategori S1 (sangat sesuai).



Gambar 18. Grafik curah hujan dengan produksi jeruk

Curah hujan yang terus-menerus menyebabkan kelembapan dan kandungan air tanah yang tinggi sehingga kandungan air yang menuju ke bunga kelebihan dan menyebabkan kerontokan. Jeruk siam mengalami fase pembungaan sebanyak 2 sampai 3 kali setahun (Christian Jung ,2009). Pada tahun 2010 terjadi peningkatan frekuensi pembungaan menjadi 5 sampai 6 kali setahun, namun dari bunga ini sedikit sekali yang menjadi buah (mengalami kerontokan) (Ashari hasim, 2014). Kerontokan ini dikarenakan tingginya curah hujan yang berakibat meningkatnya kandungan air tanah dan pada tanaman tidak terjadi metabolisme pembentukan buah yang optimal (Soutwich, 1987).

Air merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman jeruk manis. Bila tidak ada irigasi (pengairan) maka sumber air berasal dari curah hujan. Tanaman jeruk memerlukan cukup air, keperluan air yang terbanyak yaitu pada waktu mulai berbunga, terbentuk buah, dan membesarnya buah. pada tanaman jeruk siam, induksi pembungaan dapat terjadi setelah periode tersedianya air (Southwich, 1987).

Bila udara kering lalu turun hujan, maka kelembaban menjadi tinggi. Hal ini mengakibatkan buah menjadi retak. Curah hujan sekurang - kurangnya 700 mm setiap tahun, yang baik bila merata. Curah hujan 1.250 - 1.850 mm tetapi kalau turunnya tidak merata, maka perlu ada tambahan pengairan. Curah hujan yang tinggi juga mengakibatkan perubahan temperatur udara. Temperatur udara sangat berperan terhadap aktivasi energi maupun inaktivasi enzim pembentukan buah jeruk (Nobuhito *et al.*, 2008).

Bila ada pengairan yang cukup, warna cukup bagus pada waktu telah masak walaupun masih menggantung di pohon terutama pada waktu siang panas dan malam dingin. Sedangkan



di daerah yang bulannya selalu basah walaupun buah sudah masak, warnanya masih tetap hijau. Curah hujan ideal bila merata sepanjang tahun yang berkisar 1.000 mm sampai 2.000 mm, karena bisa memelihara kelembaban tanah sepanjang tahun pada kebun jeruk. Berdasarkan penelitian Djoemaijah *et al.*, (1996), pembungaan dan pembuahan jeruk keprok siam, dapat diatur melalui pengelolaan pemberian air yaitu dengan mengeringkan tanaman selama 2-6 minggu. Hal ini sama dengan penelitian Goldschmidt *et al.*, (1972).

#### 4. Prediksi Perubahan Curah Hujan Di Kecamatan Junrejo

Prediksi perubahan curah hujan Di Kecamatan Junrejo menggunakan software IDRIS selva dengan metode matematika CA\_Markov Chain dimana matrik transisi dibandingkan  $t_0$  dan  $t_1$  ( $t_1 = t_0 + T$ ) yang dioverlay dari 2 data tersebut. Time series yang diperlukan untuk mengetahui perubahan curah hujan dimulai dari tahun 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, dan 2017. Untuk validasi data dibutuhkan data curah hujan tahun 2011 sebagai data validasi untuk peramalan tahun 2027.

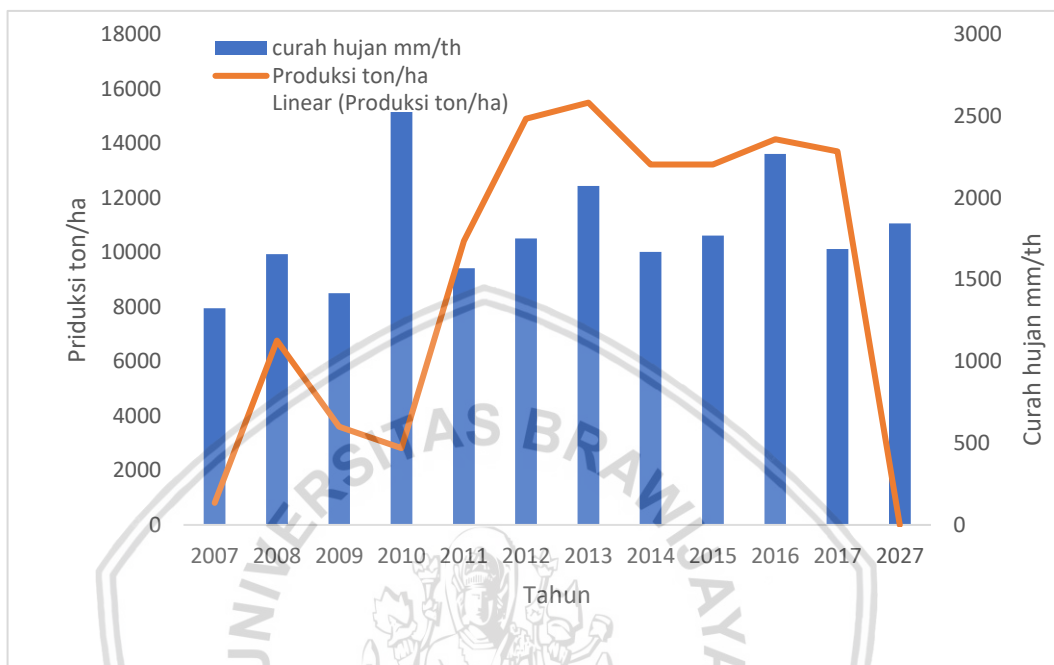
Validasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai kappa dari hasil estimasi curah hujan tahun 2011 dengan hasil prediksi pemodelan Macro Chain. Data perubahan curah hujan di Kecamatan Junrejo disajikan dalam Grafik 19 Sedangkan peta estimasi perubahan curah hujan di sajikan pada Lampiran 1. Dari hasil validasi nilai kappa pada validasi prediksi perubahan curah hujan menggunakan Marcov Chain didapat nilai kappa 0,8412 atau sebesar 84% keakuratannya, yang artinya hasil prediksi tersebut nilai keakuratannya sebesar 84%. Validasi diperlukan untuk mengetahui seberapa akurat proyeksi data yang dilakukan dapat diakui kebenarannya. Tingkat validitas data seharusnya tidak kurang dari 85 %. (Thomas, 2006). Validasi diperlukan untuk mengetahui seberapa akurat proyeksi data yang dilakukan dapat diakui kebenarannya. Tingkat validitas data seharusnya tidak kurang dari 85 persen (Courage, 2009) Untuk melakukan validasi, maka perlu diproyeksikan curah hujan aktual. Hal

ini dilakukan untuk membandingkan hasil proyeksi tahun 2017 dengan curah hujan sebenarnya.

Gambar 19. Perubahan curah hujan dan produksi jeruk Kota Batu

Hujan merupakan salah satu fenomena alam yang sangat dibutuhkan namun juga dapat

menjadi  
bencana  
jika  
melebihi  
batas.  
Pihak  
yang  
sangat



membutuhkan hujan adalah bidang pertanian. Curah hujan yang diharapkan adalah yang sesuai dengan kebutuhan air untuk masing-masing tanaman. Prediksi dilakukan untuk mengetahui perubahan curah hujan terhadap pergeseran usaha tani jeruk. Perubahan yang terus terjadi tidak baik terhadap kondisi lingkungan di Kecamatan Junrejo Kota Batu.

Dari informasi prediksi curah hujan tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam mengurangi dampak perubahan iklim yang berakibat pada produksi hasil pertanian. Deret waktu merupakan serangkaian data yang disusun menurut urutan waktu. Secara umum terdapat dua tujuan dari analisis deret waktu, yaitu untuk pemodelan stokastik dan memprediksi nilai yang akan datang berdasarkan series (deret) sebelumnya dan juga series atau faktor lain yang berhubungan (Cryer, 2008)

Validasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai kappa dari hasil estimasi curah hujan tahun 2017 dengan hasil prediksi pemodelan Macro Chain. K<sub>no</sub> adalah indikator untuk mengukur persetujuan keseluruhan, secara umum pada penelitian ini memiliki nilai K<sub>no</sub> sebesar 0.9009. Sedangkan K<sub>location</sub> mengukur level persetujuan antara input pada suatu lokasi, pada penelitian ini mencapai 0.9219. K<sub>locationstrata</sub> mengukur level persetujuan berdasarkan jumlah (Pontius, 2005) dan pada penelitian ini mencapai 0.8219 dari skala 0-1.

Selain itu, tidak selalu tujuan utama hasil dari suatu pemodelan math dengan data acuan secara presisi, karena diasumsikan semua data memiliki error, sekalipun tingkat ketepatan data pada level yang tidak diketahui (Pontius, 2010). Model yang telah divalidasi sehingga dapat digunakan untuk prediksi curah hujan pada tahun 2027. Hasil validasi bisa dilihat pada Lampiran 14.



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini faktor pembatas produktifitas lahan pada tanaman jeruk dapat disimpulkan bahwa produktifitas kebun jeruk di Kecamatan Junrejo dipengaruhi oleh kelerengan. Dari beberapa faktor pembatas yang telah dianalisis menunjukkan bahwa kelerengan yang berada di SPL 1, SPL 2 masuk dalam kategori kelas kesesuaian lahan S3 sedangkan SPL 4 dan SPL 6 masuk dalam kategori kelas kesesuaian lahan S2. Hasil dari regresi yaitu  $R^2 = -0,5733$  ( $r = 0,7571$ ), menunjukkan bahwa semakin tinggi kelas kelerengan maka semakin rendah produksi jeruk di Kecamatan Junrejo, Kota Batu. Dari ketiga faktor pembatas yang dianalisis yaitu kelerengan, ketinggian tempat dan curah hujan dapat disimpulkan bahwa hubungan faktor pembatas lahan dengan produktivitas jeruk yaitu semakin tinggi faktor pembatas maka semakin rendah produktivitas jeruk Di Kecamatan Junrejo, Kota Batu.

### 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan adalah :

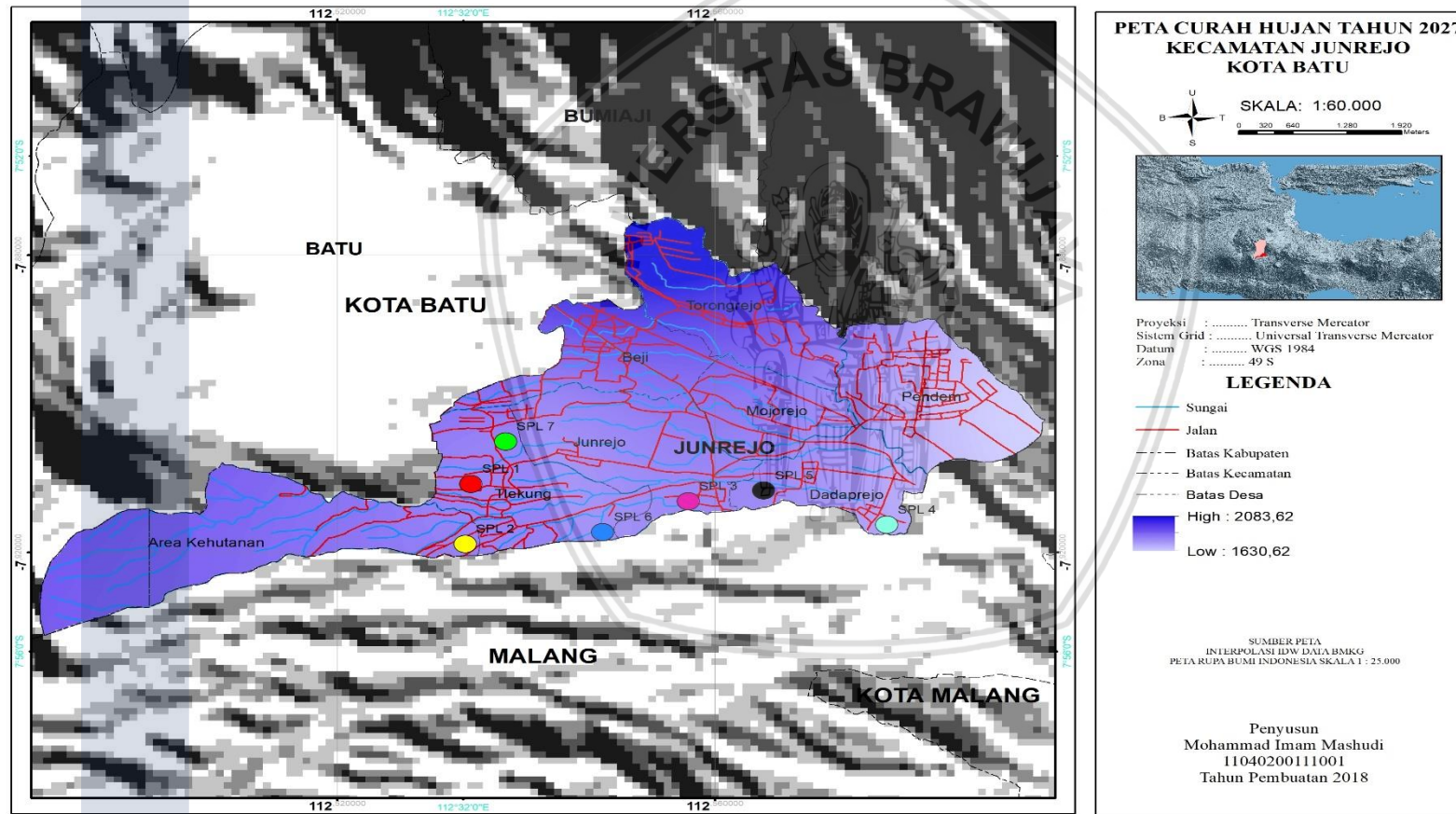
1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan , dari ketiga faktor pembatas yang telah dianalisa yaitu elevasi, kemiringan lahan dan curah hujan, hanya faktor pembatas kemiringan lahan yang dapat dimanipulasi. Oleh karena itu dapat disarankan untuk petani jeruk di Kecamatan Junrejo Kota Batu untuk menanam *cover crop* dan penambahan seresah, agar kelembaban tanah terjaga saat memasuki musim kemarau serta dilakukan perbaikan pada sistem teras sering namun perbaikan teras sering membutuhkan biaya yang cukup besar.
2. Penelitian lebih lanjut tentang analisa perubahan penggunaan lahan terhadap produktivitas tanaman jeruk Di Kecamatan Junrejo Kota Batu.



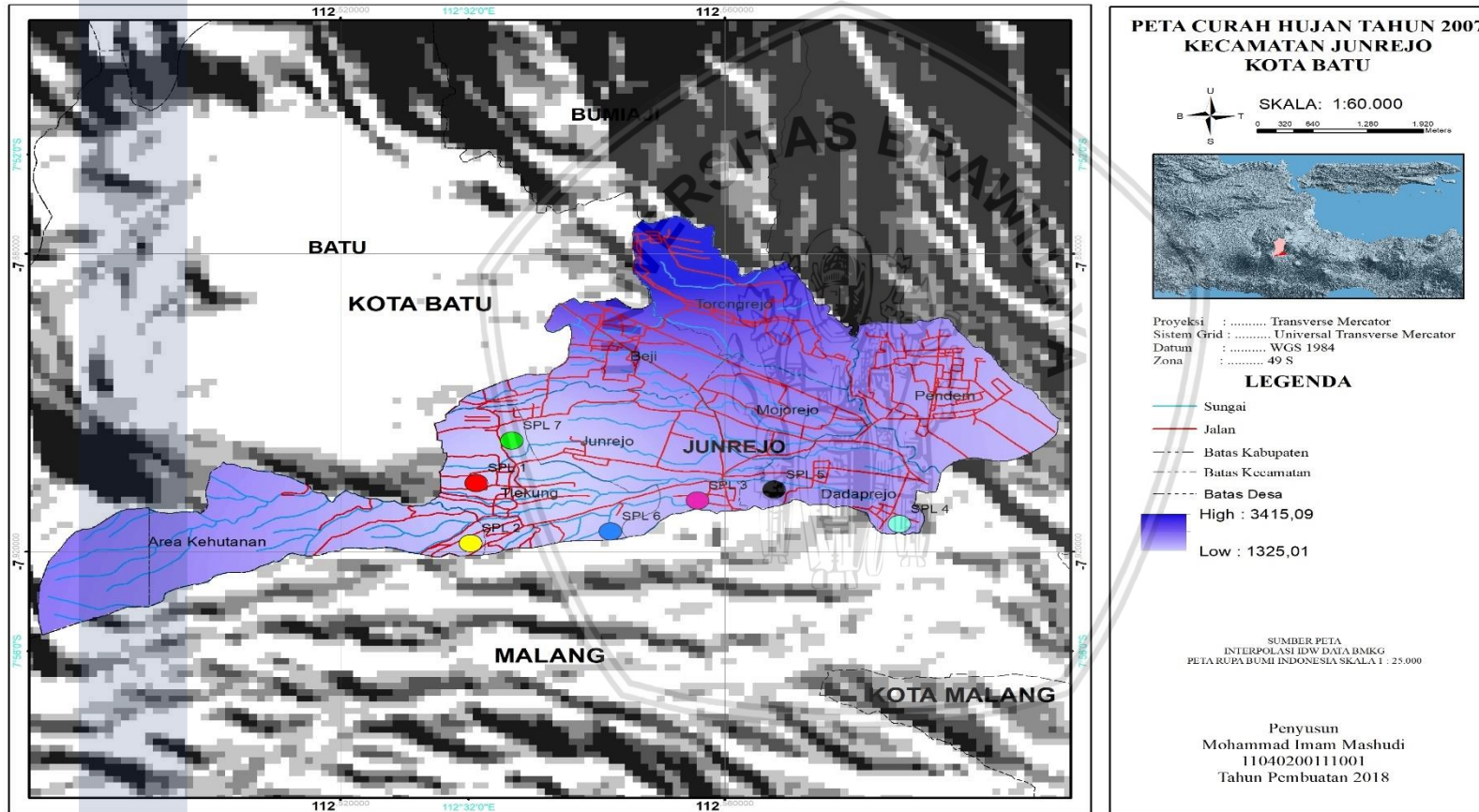


### LAMPIRAN

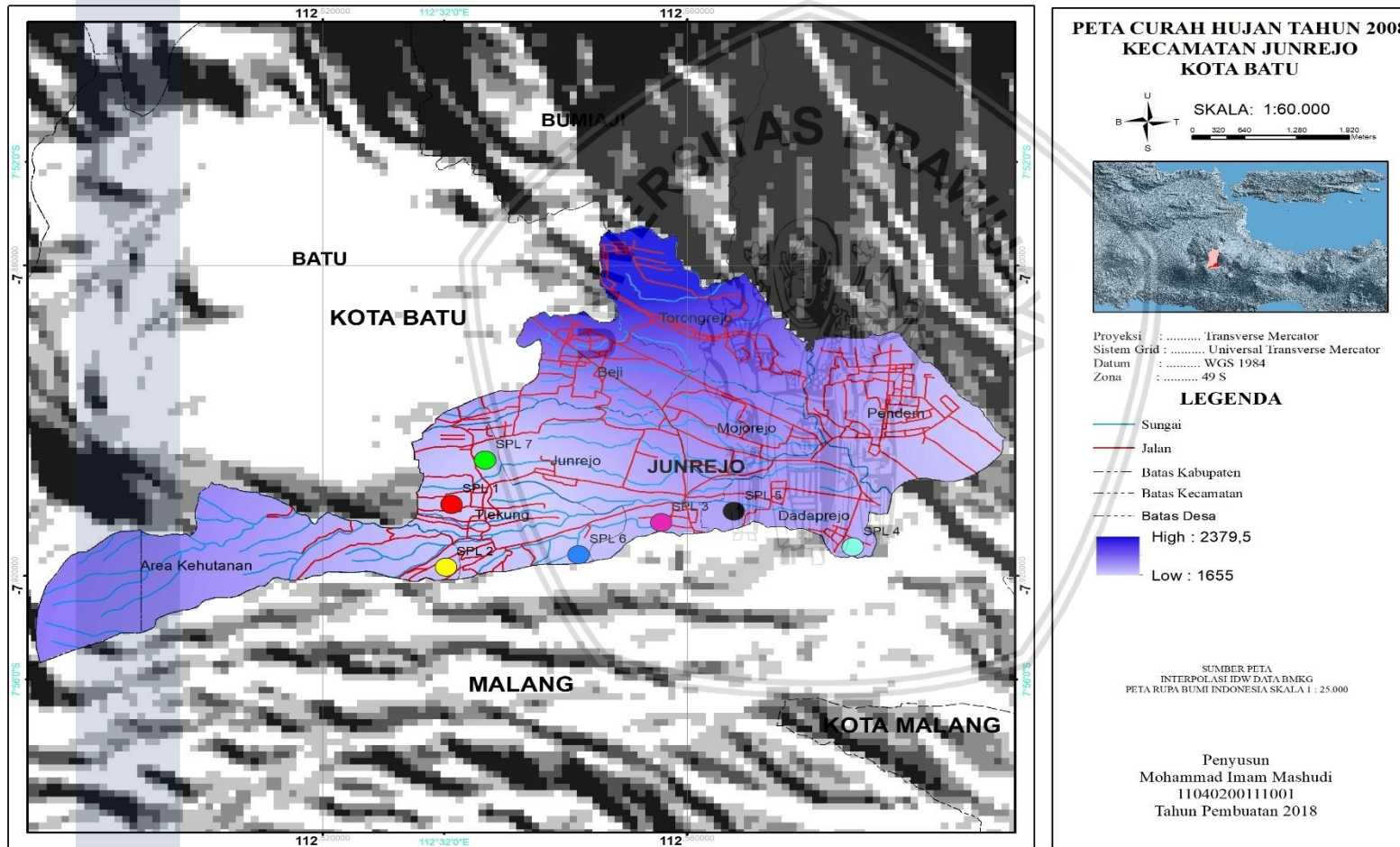
Lampiran 1. Peta prediksi curah hujan tahun 2027 Kecamatan Junrejo.



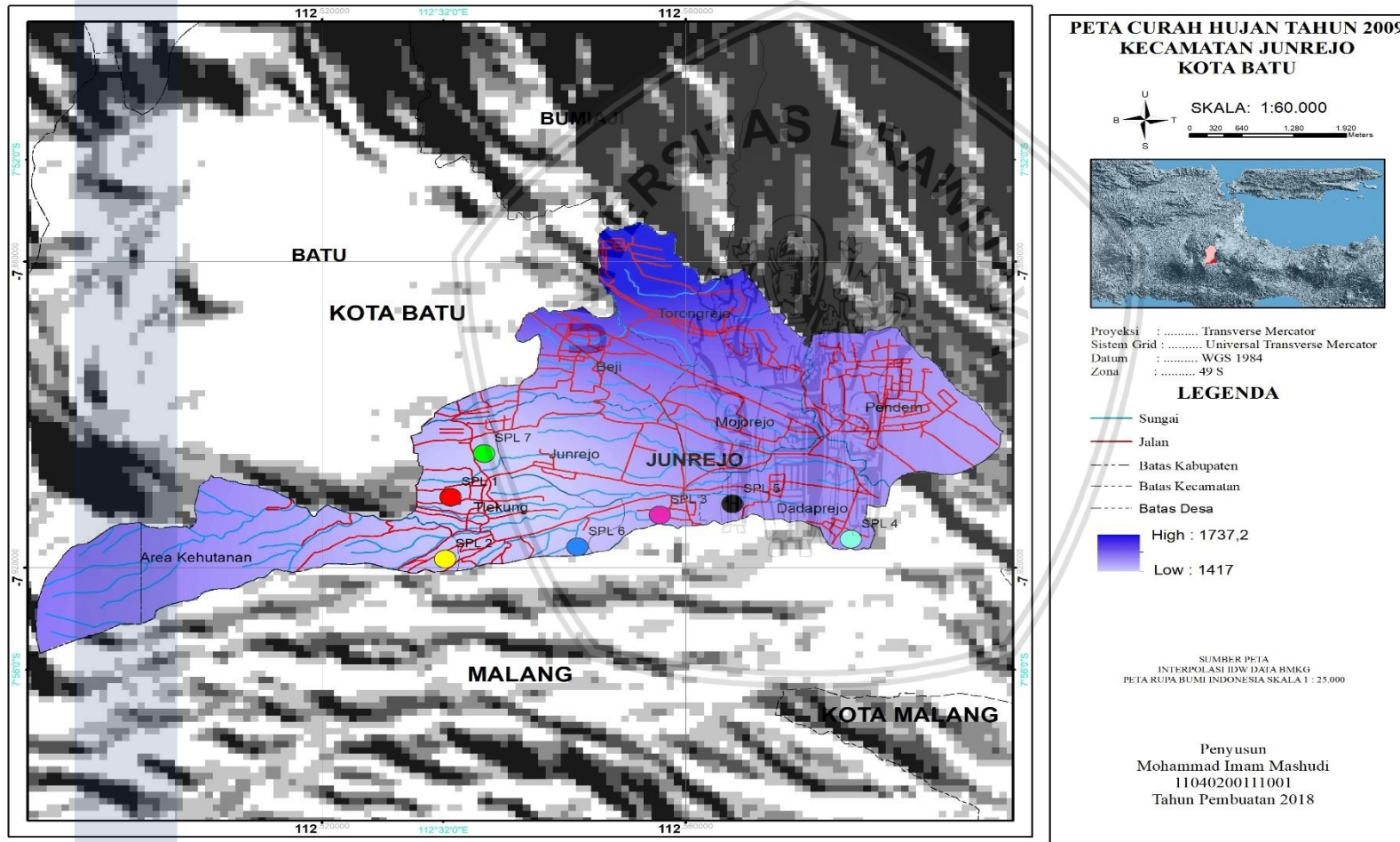
Lampiran 2. Peta curah hujan tahun 2007 Kecamatan Junrejo.



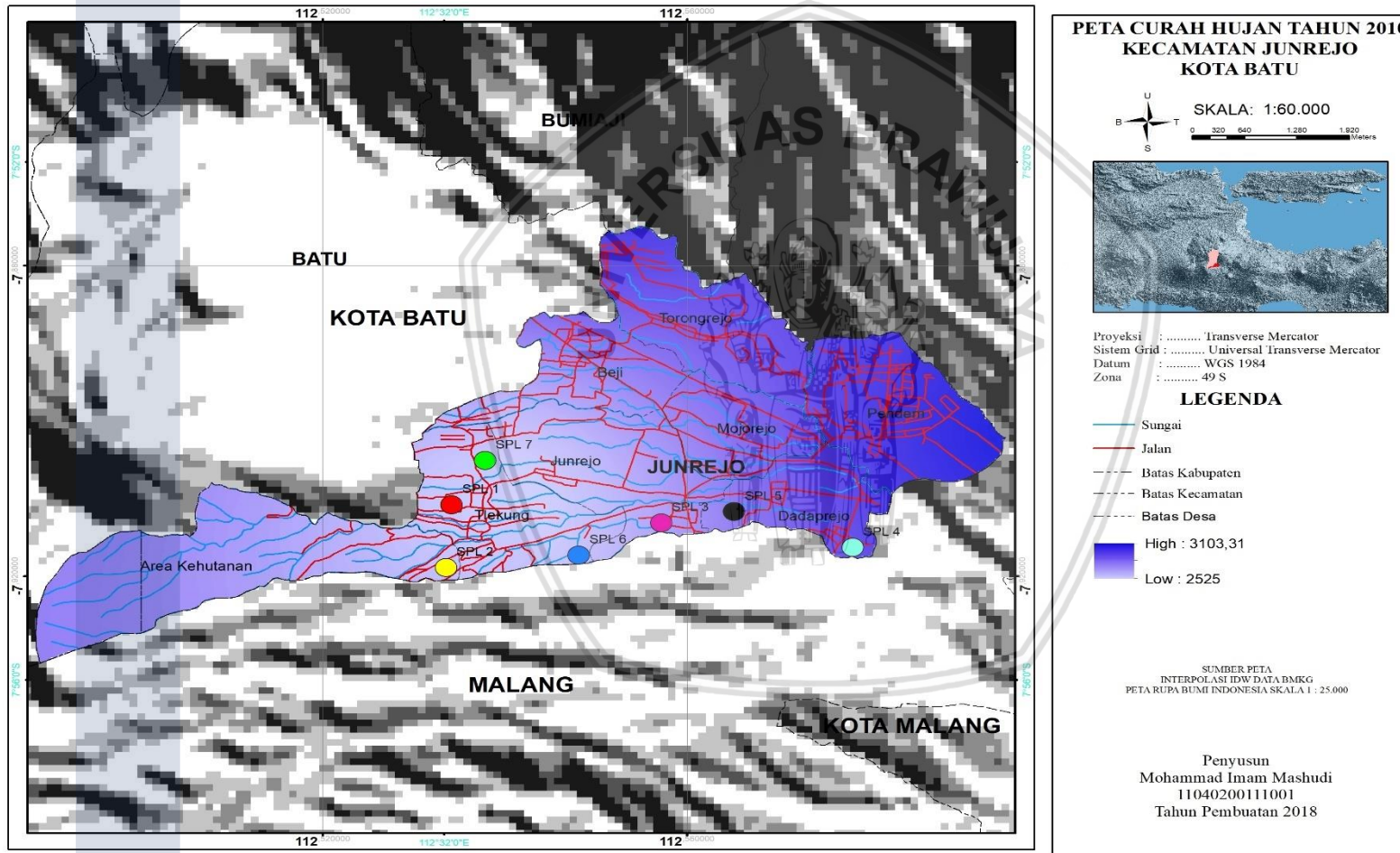
Lampiran 3. Peta curah hujan tahun 2008 Kecamatan Junrejo.



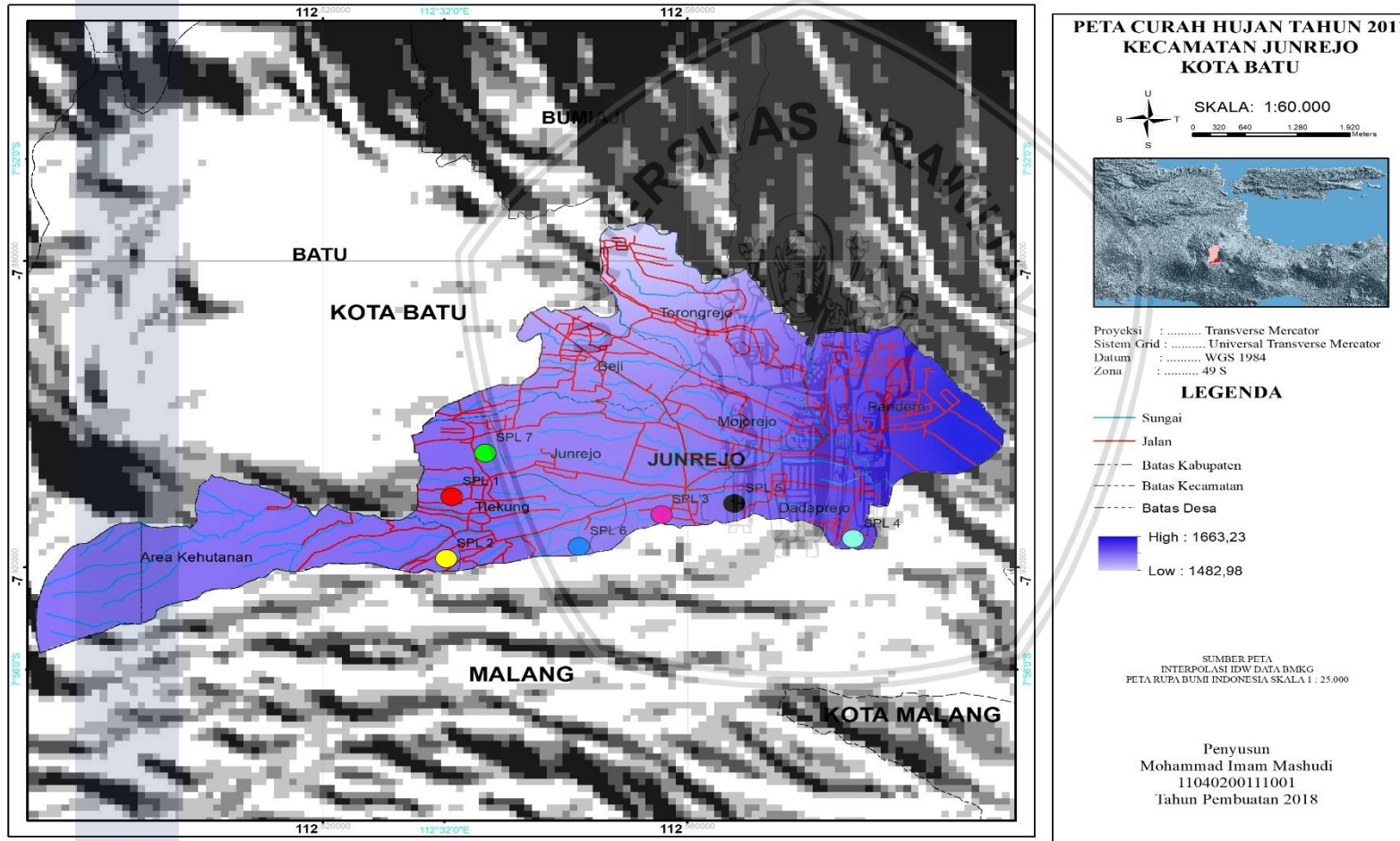
Lampiran 4. Peta curah hujan tahun 2009 Kecamatan Junrejo.



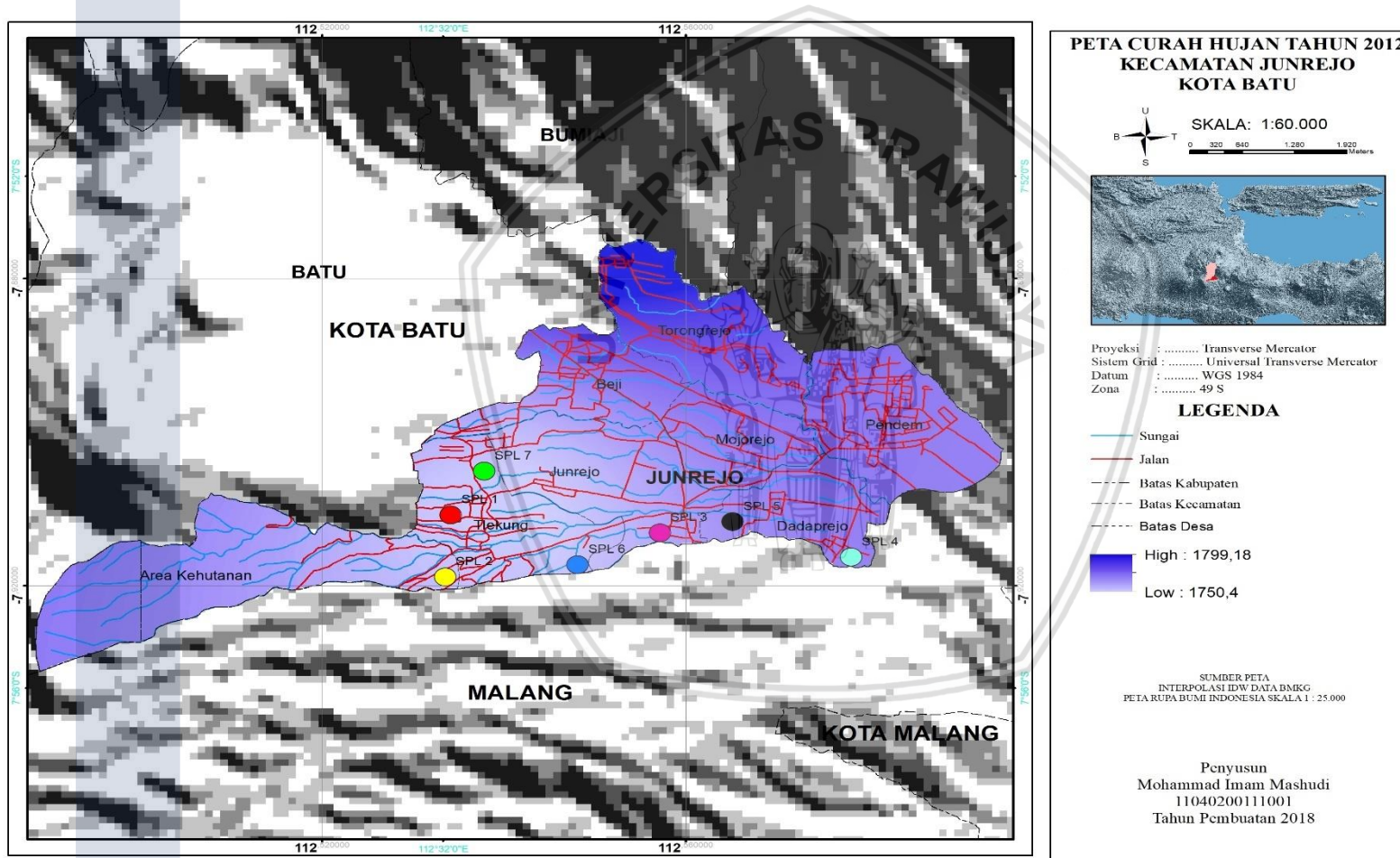
Lampiran 5. Peta curah hujan tahun 2010 Kecamatan Junrejo.



Lampiran 6. Peta curah hujan tahun 2011 Kecamatan Junrejo.

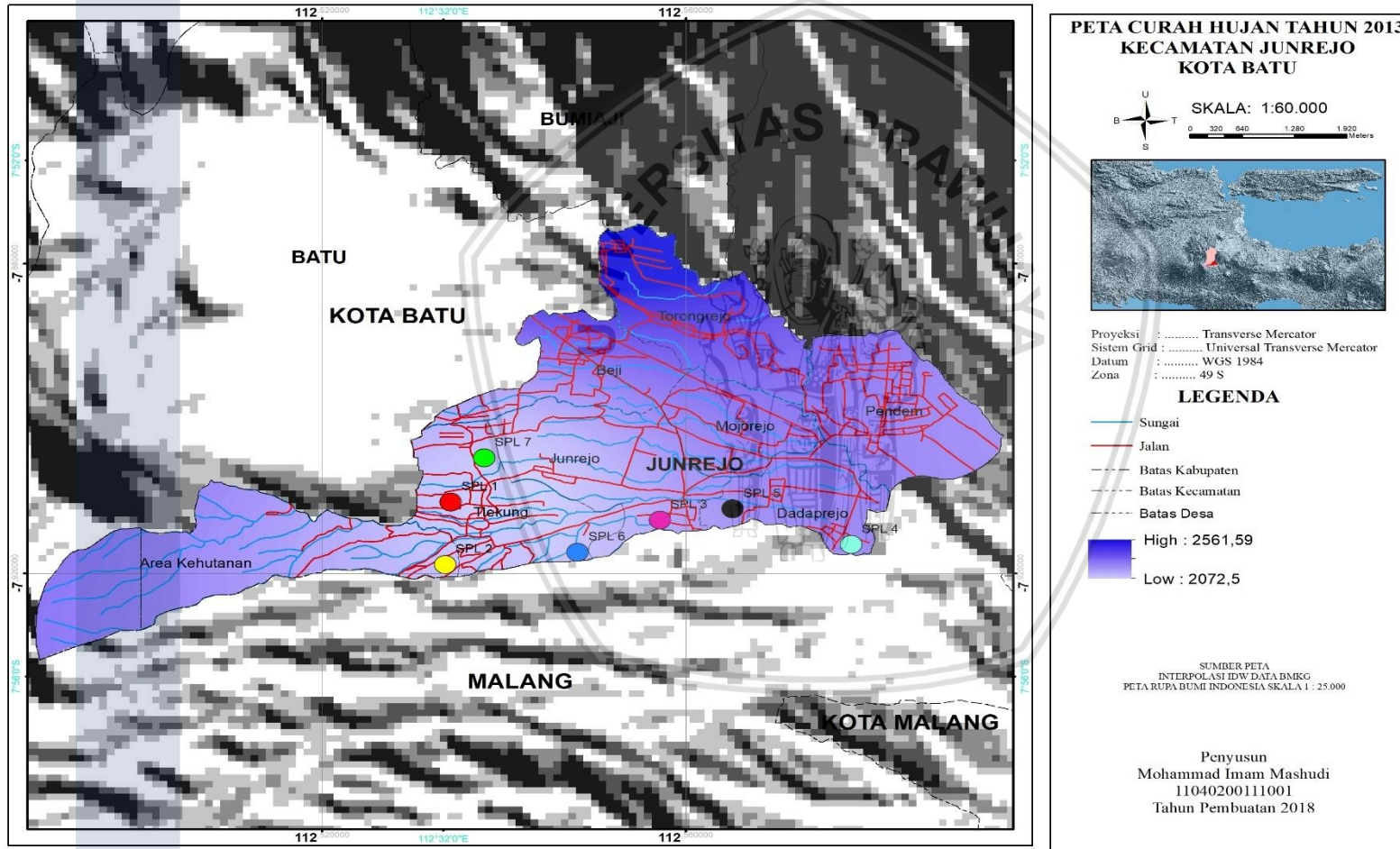


Lampiran 7. Peta curah hujan tahun 2012 Kecamatan Junrejo.

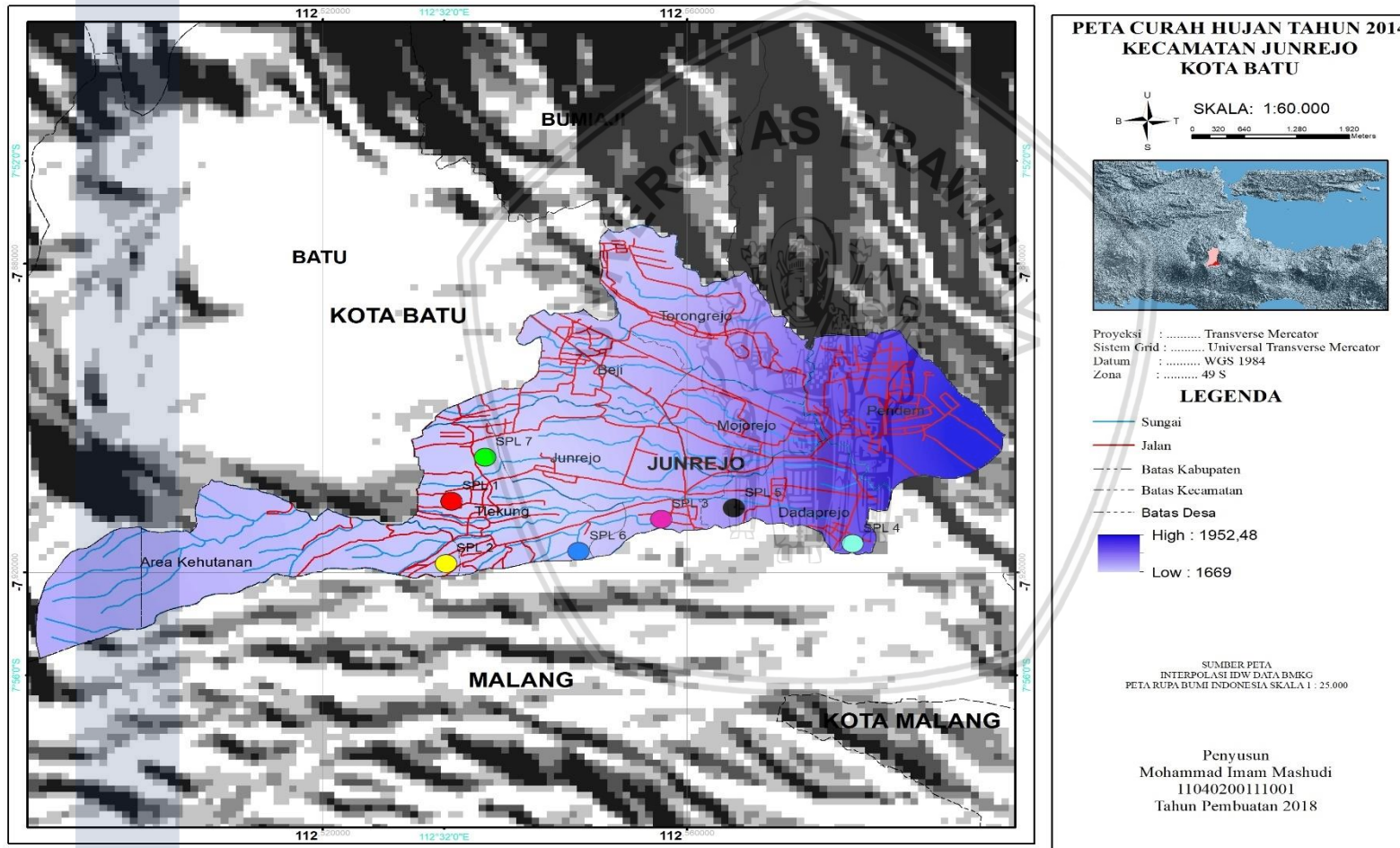




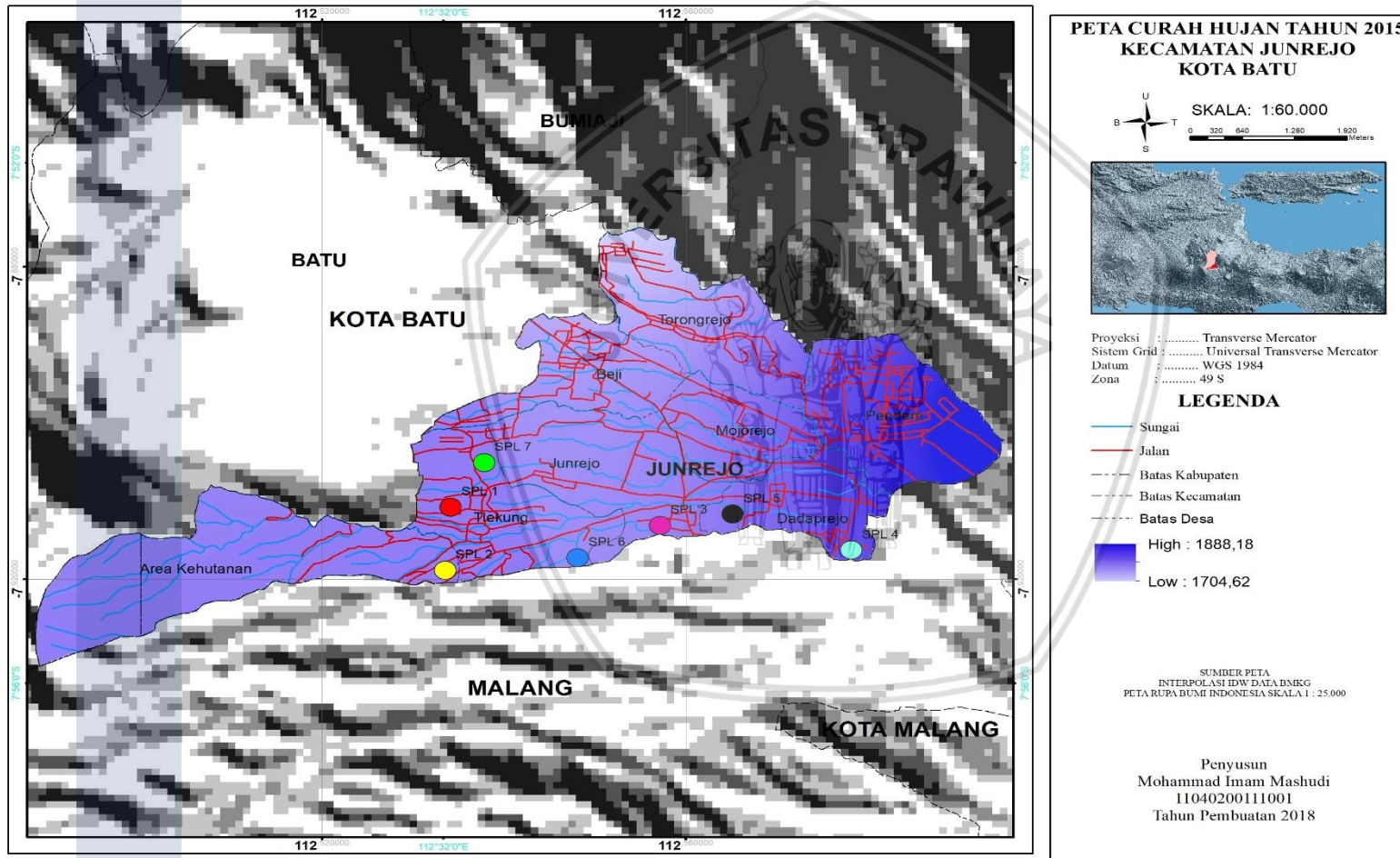
Lampiran 8. Peta curah hujan tahun 2013 Kecamatan Junrejo.



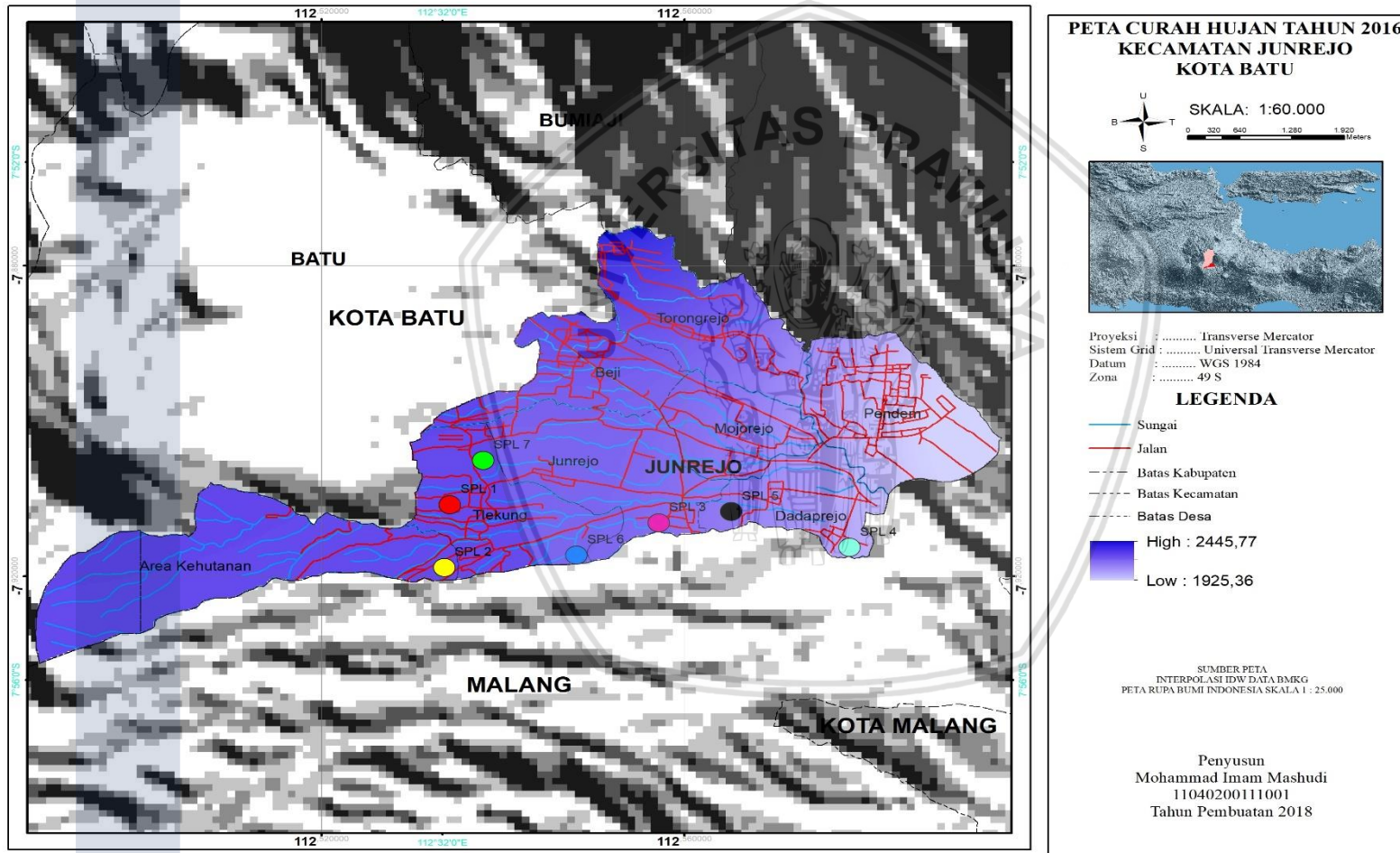
Lampiran 9. Peta curah hujan tahun 2014 Kecamatan Junrejo.



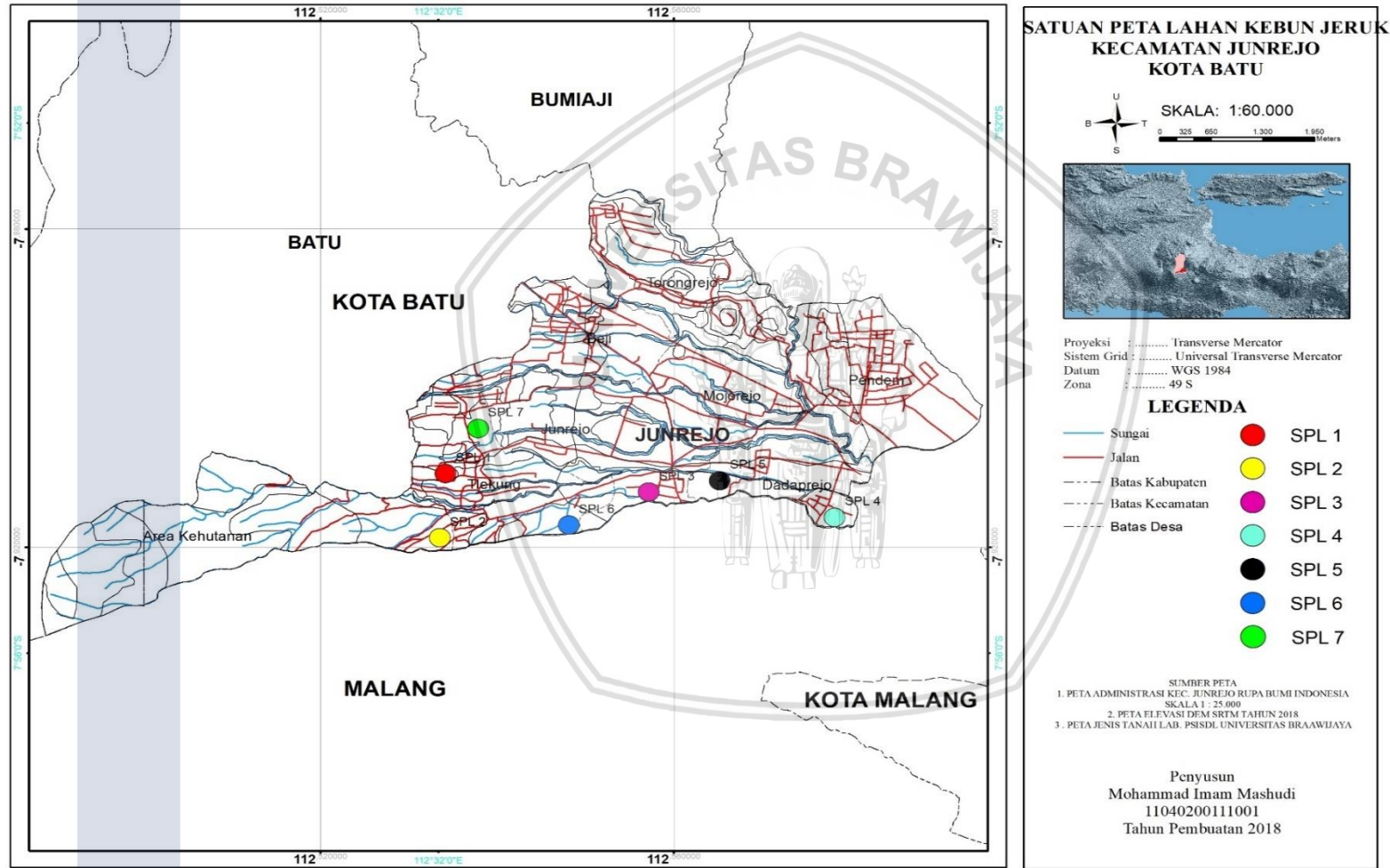
Lampiran 10. Peta curah hujan tahun 2015 Kecamatan Junrejo.



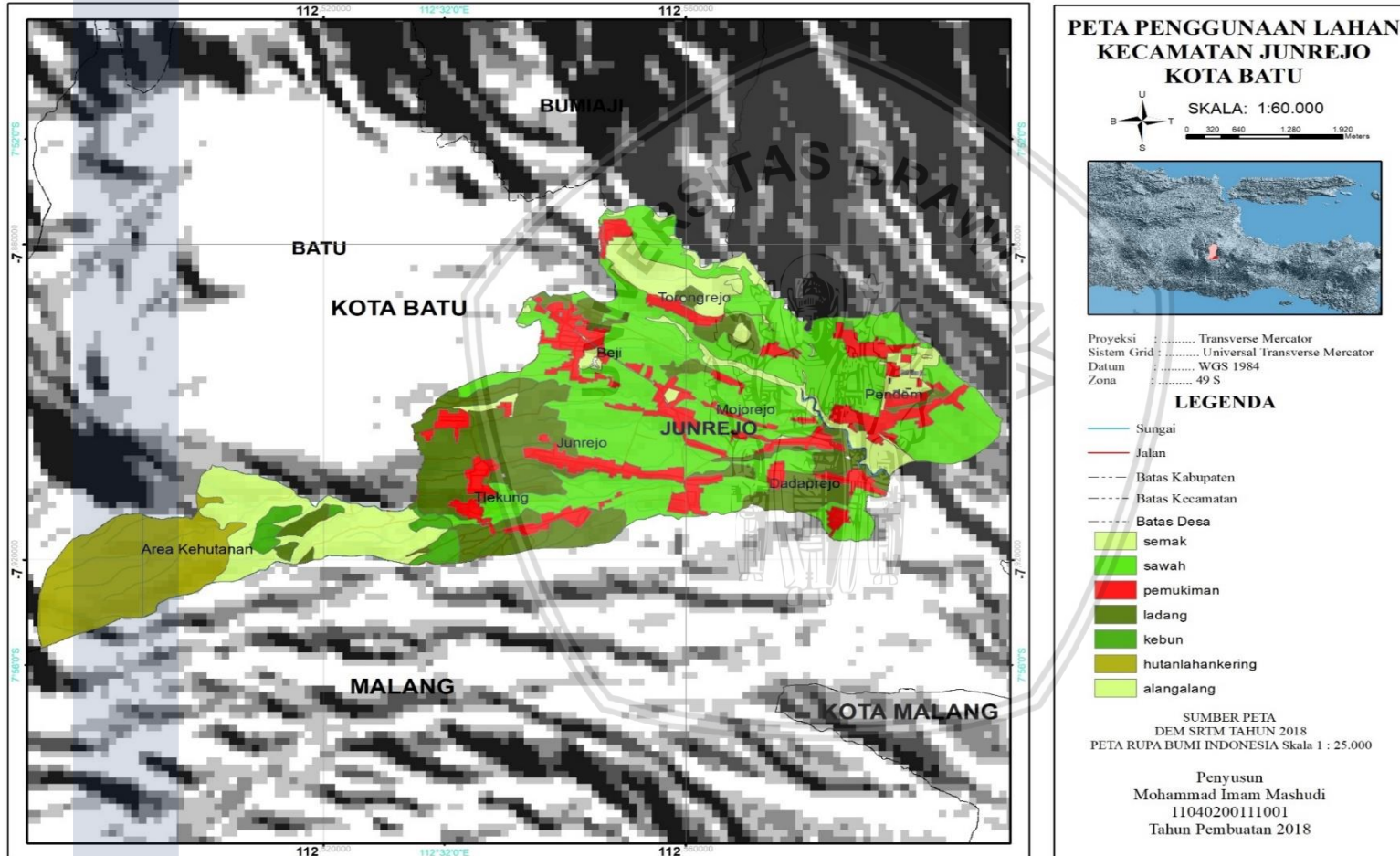
Lampiran 11. Peta curah hujan tahun 2016 Kecamatan Junrejo.



Lampiran 12. Satuan peta lahan Kecamatan Junrejo.



Lampiran 13. Peta penggunaan lahan Kecamatan Junrejo.



Lampiran 14. Data wawancara dan survey lapang.

		SPL						
		1	2	3	4	5	6	7
Petani		Pak Dayat	Pak Dayat	Pak Sugiono	Pak Budi	Pak Slamet	Pak Ahmad	Pak Sugiono
Desa		Tlekung	Tlekung	Junrejo	Dadaprejo	Dadaprejo	Junrejo	Tlekung
Koordinat	X	669149	668992	671597	674201	672520	670117	668014
	Y	9125195	9124911	9125037	9124475	9125474	9125139	9125173
Luas Lahan ( m )		3000	2000	3000	2900	3400	2700	4100
Ketinggian ( mdpl )		920	730	774	813	660	940	720
Curah hujan ( mm )		210	86	89	164	105	150	98
Kemiringan ( % )		28	26	2,8	12	7	14	3
Suhu ( C )		21,4	22,7	23	26	25	22	22,5
Produksi ( ton/ha )		3,3	2,5	29,85	20	30,29	21,11	34,87

Lampiran 15. Data regresi

Regression Statistics		ANOVA						
Multiple R	0,860600311							
R Square	0,740632894							
Adjusted R Square	0,481265789							
Standard Error	7,461471323							
Observations	7							

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	66,75620944	41,9452	1,59151	0,209730648	-66,73214508	200,2445639	66,7321	200,2446
X Variable 1	-0,577156705	0,355144	1,62514	0,202602608	-1,707382903	0,553069493	1,70738	0,553069
X Variable 2	-0,020983975	0,060286	0,34808	0,750775098	-0,212839421	0,170871471	0,21284	0,170871
X Variable 3	-0,009853338	0,008897	1,10749	0,348898294	-0,038167559	0,018460884	0,03817	0,018461



## Lampiran 16. Data hasil validasi marcov chain.

Number of total runs : 1

Multi – resolution VALIDATION : Categorical Image Comparison

-----

Comparison image file : 2017  
 Reference image file : project2017  
 Strata/Mask image file : N/A  
 Number of valid strata : 1; Number of valid categories : 8  
 //Beginning of run : 1  
 Resolution : 1 x 1

Classification agreement/disagreement  
 According to ability to specify accurately quantity and allocation

## Information of Quantity

Information of Allocation Perfect[p]	No[n]	Medium[m]	
Perfect[P(x)]	P(n) = 0.4801	P(m) = 0.9426	P(p) = 1.0000
PerfectStratum[K(x)]	K(n) = 0.4984	K(m) = 0.9426	P(p) = 1.0000
MediumGrid[M(x)]	M(n) = 0.4475	M(m) = 0.9108	M(p) = 0.7869
MediumStratum[H(x)]	H(n) = 0.1000	H(m) = 0.2913	H(p) = 0.2984
No[N(x)]	N(n) = 0.1000	N(m) = 0.2913	N(p) = 0.2984

AgreementChance = 0.1000  
 AgreementQuantity = 0.1913  
 AgreementStrata = 0.0000  
 AgreementGridcell = 0.6195  
 DisagreeStrata = 0.0000  
 DisagreeGridcell = 0.0318

DisagreeQuantity = 0.0574  
 Kno = 0.9009  
 Klocation = 0.9219  
 KlocationStrata = 0.9219  
 Kstandard = 0.8412  
 //Ending of run :1

Lampiran 17. Data parameter kesesuaian lahan tanaman jeruk.

Parameter	Satuan	S1	S2	S3	N
Suhu	°C	19 – 33	33 – 36	36 – 39	>39
Curah Hujan	mm/tahun	1200 – 3000	1000 - 1200	800 - 1000	<800
Lamanya Masa Kering	bln	2,5 – 4	4 – 5	5 – 6	>6
Kelembaban	%	50 – 90	<50 , >90	–	–
Drainase	–	Baik, sedang	Agak terhambat	Terhambat agak cepat	Sangat terhambat, cepat
Tekstur	–	Agak kasar, sedang, agak halus, halus	–	Sangat halus	Kasar
Bahan Kasar	%	<15	15 – 35	35 – 55	>55
Kedalaman Efektif	cm	>100	75 – 100	50 – 75	<50
KTK	me/100g	>16	≤16	–	–
Kejenuhan Basa	%	≥20	<20	–	–
PH H <sub>2</sub> O	–	5,5 – 7,6	5,2 – 5,5/7,6 – 8,0	<5,2 , >8,0	–
C – Organik	–	>0,8	≤0,8	–	–
Salinitas	ds/m	<3	3 – 4	4 – 6	>6
Alkalinitas	%	<8	8 – 12	12 – 15	>15
Kedalaman Sulfidik	cm	>125	100 – 125	60 – 100	<60
Lereng	%	<8	8 – 16	16 – 30	>30
Bahaya Banjir	–	Sangat rendah	Rendah – sedang	Berat	Sangat berat
Genangan	–	F0	–	–	>F0
Batuan Permukaan	%	<5	5 – 15	15 – 40	>40
Singkapan Batuan	%	<5	5 – 15	15 – 25	>25

(Djaenudin *et al.*, 2011)