

**ANALISIS GENETIK POPULASI PERSILANGAN
BIPARENTAL TOMAT BERBASIS *IMAGE PROCESSING***

**SITI ANTARA MAEDHANI TAHARA
G011 18 1516**



**DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

SKRIPSI
ANALISIS GENETIK POPULASI PERSILANGAN
BIPARENTAL TOMAT BERBASIS *IMAGE PROCESSING*

Diajukan Untuk Menempuh Ujian Sarjana Pada
Program Studi Agroteknologi Departemen Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin

SITI ANTARA MAEDHANI TAHARA

G011181516



PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
DEPARTEMEN BUDIDAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022

**ANALISIS GENETIK POPULASI PERSILANGAN
BIPARENTAL TOMAT BERBASIS *IMAGE PROCESSING***

**SITI ANTARA MAEDHANI TAHARA
G011181516**

**Skripsi Sarjana Lengkap
Disusun Sebagai Salah satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana**

**Pada
Departemen Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Makassar**

Makassar, 18 April 2022

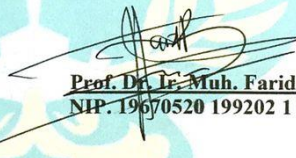
Menyetujui :

Pembimbing I



Ir. Hj. A. Rusdayani Amin, MS.
NIP. 19561211 198503 2 001

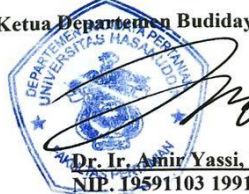
Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. Muh. Farid BDR, MP.
NIP. 19670520 199202 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Budidaya Pertanian



Dr. Ir. Amir Yassi, M.Si.
NIP. 19591103 199103 1 00

LEMBAR PEGESAHAN

**ANALISIS GENETIK POPULASI PERSILANGAN BIPARENTAL
TOMAT BERBASIS *IMAGE PROCESSING***

Disusun dan Diajukan oleh

SITI ANTARA MAEDHANI TAHARA

G011 18 1516

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Masa Studi Program Sarjana, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin pada tanggal 18 April 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

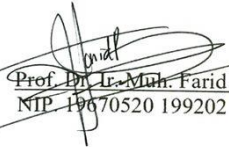
Menyetujui,

Pembimbing Utama



Ir. Hj. A. Rusdayani Amin, MS.
NIP. 19561211 198503 2 001

Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. Muh. Farid BDR, MP.
NIP. 19670520 199202 1 001



Ketua Program Studi

Dr. Ir. Abdul Haris B. M. Si
NIP. 19670811 19943 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Siti Antara Maedhani Tahara

NIM : G011181516

Program Studi : Agroteknologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa tulisan saya berjudul:

“Analisis Genetik Populasi Persilangan Biparental Tomat Berbasis *Image Processing*”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan benar bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain. Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya dari orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 18 April 2022


Siti Antara Maedhani Tahara

RINGKASAN

Siti Antara Maedhani Tahara (G011 18 1516). ANALISIS GENETIK POPULASI PERSILANGAN BIPARENTAL TOMAT BERBASIS *IMAGE PROCESSING* Dibimbing Oleh Ir. Hj. A. Rusdayani Amin, MS. dan Prof. Dr. Ir. Muh. Farid BDR, MP.

Penelitian bertujuan untuk menentukan karakter yang dapat dijadikan tolak ukur seleksi berdasarkan nilai heritabilitas pada persilangan biparental tomat buah dan tomat sayur berbasis *image processing*, menentukan hasil yang dapat dijadikan tolak ukur kematangan buah dan pecah buah terhadap persilangan biparental tomat buah dan tomat sayur melalui *image processing*, mendapatkan karakter yang berkorelasi positif dengan berat buah, tinggi buah dan diameter buah pada persilangan biparental tomat. Penelitian telah dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Penelitian ini telah dilaksanakan pada April sampai Juli 2021. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih tetua tomat dan generasi hasil persilangan yaitu P1 (mawar), P2 (karina), F1 (mawar / karina), BCP1 (Mawar / karina // mawar), BCP2 (mawar / karina // karina), dan F2 (mawar / karina). Hasil analisis tomat utuh menggunakan *software fiji* Menemukan hasil merah, hijau, biru pada karakter hasil buah tomat utuh menunjukkan nilai tertinggi pada tomat M/K F1. Pada Interaksi tanaman antara BCP1 (Mawar / Karina // Mawar) dan BCP2 (Mawar / Karina // Karina) pada pertumbuhan tanaman tomat menunjukkan nilai yang tertinggi nilai heritabilitas arti sempit nilai tertinggi ditunjukkan pada dikotomis yaitu 162.10%. Karakter yang berkorelasi positif terhadap produktivitas sebagai karakter utama pertumbuhan persilangan biparental yaitu pada karakter berat buah (0.35), selain itu panjang buah berkorelasi positif sangat nyata terhadap diameter buah yaitu (0.98), tinggi buah (0.93). Hasil analisis buah tomat yang dijadikan tolak ukur untuk menentukan kematangan buah dan pecah buah yaitu tomat F1 memiliki nilai rata-rata *redness* yang terbaik.

Kata Kunci : *Biparental, galur, image processing, tomat, karakter.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian ini dengan judul “Analisis Genetik Populasi Persilangan Biparental Tomat Berbasis Image Processing” telah dapat diselesaikan meskipun masih sangat jauh dari kata sempurna. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal penelitian ini tidak jarang penulis menemukan kesulitan dan hambatan, namun berkat dorongan dan bantuan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian ini, karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan syukur dan jazakumullahu khayran kepada :

1. **Ir. Taslimin Tahara dan Mangka, S. Ak** selaku orang tua penulis serta keluarga besar lainnya, yang selalu bekerja keras, menasehati dan mendukung penulis dengan penuh cinta dan kasih hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. **Prof. Dr. Ir. H. Muh. Farid BDR, M.P., dan Ir. Hj. A. Rusdayani Amin, MS.,** selaku pembimbing yang memberikan begitu banyak nasehat, masukan, dan juga ilmu yang bermanfaat hingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
3. **Dr. Ir. H. Muh Riadi, M.P., Dr. Ir. Hj. Nurlina Kasim, M.Si., dan Dr. Ifayanti Ridwan Saleh, SP. M.P** selaku penguji yang telah berkenan memberikan banyak bantuan dan solusi kepada penulis sejak awal penelitian sampai selesainya skripsi ini.
4. **Dr. Ir. H. Muh Riadi, M.P.,** selaku Dosen PA yang telah berkenan memberikan banyak bantuan dan solusi kepada penulis sejak awal penelitian sampai selesainya skripsi ini.
5. **Dr. Muhammad Fuad Anshori S.P, M.Si.,** atas ilmu, dedikasi, arahan dan dukungannya sehingga penulis tidak hanya memperoleh pengetahuan tentang analisis data, tetapi juga budidaya tomat selama penelitian berlangsung.

6. **Muh. Arifuddin, S.P, M.P** atas segala bantuan dan selalu memberikan nasehat kepada penulis saat menyelesaikan skripsi lengkap.
7. **Plant Breeding 2016, 2017, 2019** terkhusus angkatan **2018 “Keluarga Cemara.”** yang telah menjadi keluarga bagi penulis.
8. **Apt. Azan Takwiman, S. Farm** selaku kakak kandung serta penasehat setiap saat dan segala kontribusi saat mengerjakan skripsi ini.
9. Terkhusus kak **Annastya Nur Fadhilah, S.P** yang telah membantu proses demi proses serta ilmu yang selalu diberikan dan nasehat dari awal masuk lab ujung.
10. Terkhusus untuk sahabat **Rangga Rakas Marizka, Amd. T** dan **Rayhan Al Khair** yang telah meluangkan waktu membantu mengedit gambar *software fiji* selama proses penyusunan skripsi berlangsung.
11. Terkhusus **Vivi Yovita, Lenny Marlina, Musdalifah, Shelfina Indrayani, Mufliha, Nadia Salsabilah, Nirwansyah Amier dan M. Alfian Ikhlasul Amal** yang telah menjadi keluarga sekaligus teman berbagi dalam suka dan duka dalam pelaksanaan penelitian.

Penulis berharap semoga apa yang terdapat dalam tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya. Aamiin.

Makassar, 18 April 2022

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I. PENDAHULUAN	13
1.1 Latar Belakang.....	13
1.2 Hipotesis.....	16
1.3 Tujuan.....	18
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	19
2.1 Tanaman Tomat.....	19
2.2 Lingkungan Tumbuh	23
2.3 Persilangan Biparental.....	26
2.4 Image Processing.....	27
2.5 Heritabilitas dan Koefisien Keragaman Genetik.....	30
BAB III. BAHAN DAN METODE PENELITIAN	32
3.1. Tempat dan Waktu	32
3.2. Alat dan Bahan	32
3.3 Metode Penelitian.....	32
3.4 Pelaksanaan Penelitian	34
3.5 Pengamatan Agronomi.....	37
3.6 Pengamatan Image Processing	39
3.7 Analisis Data	41
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Hasil.....	43
4.2 Pembahasan.....	65
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....	78
LAMPIRAN.....	7

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Kandungan gizi dalam buah tomat.....	24
2.	<i>Klasifikasi Buah Tomat</i>	40
3.	Sumber Keragaman dari Analisis Ragam Semua Karakter yang diamati....	41
4.	Rata-Rata Tinggi Tanaman (Cm) Berbagai Galur Tetua Dan Persilangan Biparental.....	44
5.	Rata-Rata Umur Berbunga (Cm) Berbagai Galur Tetua Dan Persilangan Biparental	45
6.	Rata-Rata Jumlah Cabang Berbagai Galur Tetua Dan Persilangan Biparental	47
7.	Rata-Rata Dikotomus (Cm) Berbagai Galur Tetua Dan Persilangan Biparental	49
8.	Rata-Rata Berat Buah (gr) Berbagai Galur Tetua DanPersilangan Biparental	51
9.	Rata-Rata Diameter Buah (Cm) Berbagai Galur Tetua Dan Persilangan Biparental	53
10.	Rata-Rata Tinggi Buah (Cm) Berbagai Galur Tetua Dan Persilangan Biparental	55
11.	Rata-Rata Produksi (gr) Berbagai Galur Tetua Dan Persilangan Biparental.....	57
12.	Hasil Analisis Nilai Heritabilitas Arti Luas Dan Sempit Karakter Tanaman Tinggi Tanaman (TT), Umur Berbunga (UB), Umur Panen (UP), Diameter Batang (DB), Panjang Batang (PB), Jumlah Cabang (JC), Dikotomus (D), Jumlah Tandan (JT).....	58
13.	Hasil Analisis Nilai Heritabilitas Arti Luas Dan Sempit Karakter Tanaman Diameter Buah (DBU), Kadar Brix (B), Tinggi Buah (TIB), Jumlah Rongga (JR), Berat Buah (BB), Jumlah Cabang (JC), Produksi (PRO).....	59
14.	Hasil Analisis Heritabilitas Arti Luas Menggunakan <i>software fiji</i> RGB (merah, hijau, biru) tomat utuh.	60
15.	Hasil Analisis heritabilitas arti luas menggunakan <i>software fiji</i> RGB (merah, hijau, biru) rongga tomat.....	60

16.	Hasil Analisis heritabilitas arti luas menggunakan <i>software fiji</i> HSB (rona, saturasi, kecerahan) tomat utuh.....	61
17.	Hasil analisis heritabilitas arti luas menggunakan <i>software fiji</i> HSB (rona, saturasi, kecerahan) tomat rongga	61
18.	Hasil analisis gambar menggunakan <i>software fiji</i> RGB (merah, hijau, biru) tomat utuh.....	62
19.	Hasil analisis gambar menggunakan <i>software fiji</i> RGB (merah, hijau, biru) rongga tomat.....	62
20.	Hasil analisis korelasi terhadap seluruh karakter evaluasi persilangan biparental.....	64

No.	<i>Lampiran</i>	Halaman
1.	Sidik Ragam Tinggi Tanaman Berbagai Genotipe Tomat Persilangan Biparental	80
2.	Sidik Ragam Umur Berbunga Berbagai Genotipe Tomat Persilangan Biparental	80
3.	Sidik Ragam Umur Panen Berbagai Genotipe Tomat Persilangan Biparental	81
4.	Sidik Ragam Panjang Buah Berbagai Genotipe Tomat Persilangan Biparental	81
5.	Sidik Ragam Diameter Buah Berbagai Genotipe Tomat Persilangan Biparental	82
6.	Sidik Ragam <i>Brix</i> (Kadar Gula) Buah Berbagai Genotipe Tomat Persilangan Biparental	82
7.	Sidik Ragam Jumlah Rongga Buah Berbagai Genotipe Tomat Persilangan Biparental	83
8.	Sidik Ragam Berat Buah Berbagai Genotipe Tomat Persilangan Biparental	83
9.	Sidik Ragam Jumlah Cabang Berbagai Genotipe Tomat Persilangan Biparental	84

10.	Sidik Ragam Dikotomus Berbagai Genotipe Tomat Persilangan Biparental	84
11.	Sidik Ragam Produksi Berbagai Genotipe Tomat Persilangan Biparental..	85
12.	Sidik Ragam Luas (Area) Tomat Utuh Berbagai Genotipe Tomat Persilangan Biparental	85
13.	Sidik Ragam Luas (Area) Rongga Tomat Berbagai Genotipe Tomat Persilangan Biparental	86
14.	Keberhasilan Buah Tetua dan Persilangan Biparental.....	87
15.	Keberhasilan Buah Tetua dan Persilangan Biparental.....	91
16.	Deskripsi varietas tomat Mawar.....	120
17.	Deskripsi varietas tomat Karina	121

DAFTAR GAMBAR

No.	<i>teks</i>	Halaman
1.	Alur Tahapan Penelitian.....	33
2.	Tahapan <i>Image Processing</i>	40
3.	Denah Pengacakan di Lapangan.....	122

No.	Lampiran	Halaman
1.	Penampilan Tetua dan Persilangan Biparental Tomat	103
2.	Penampilan Tetua dan Persilangan Biparental Tomat Berbasis <i>Image Processing</i>	104
3.	Penampilan Tetua dan Persilangan Biparental Tomat Berbasis <i>Image Processing</i>	105
4.	Histogram Tinggi Tanaman	106
5.	Histogram Umur Berbunga	107
6.	Histogram Jumlah Cabang	108
7.	Histogram Jumlah Cabang	109
8.	Histogram Berat Buah	110
9.	Histogram Diameter Buah	111
10.	Histogram Tinggi Buah	112
11.	Histogram Produksi Buah	113
12.	Tampilan Tomat	114
13.	Tampilan Tomat	115
14.	Kegiatan menyiapkan tanah untuk menyemai dan Kegiatan menyemai beberapa varietas benih tomat	116
15.	Kegiatan Membuat larutan pupuk NPK Mutiara dan Kegiatan menyiram pupuk NPK ke tanaman yang telah pindah tanam	116
16.	Kegiatan membuat larutan <i>antracol</i> dan Kegiatan menyemprot larutan <i>antracol</i> ke tanaman	117
17.	Kegiatan menyiapkan serta menyemprot lahan dengan herbisida dan Kegiatan pemasangan mulsa	117
18.	Kegiatan pindah tanam pada mulsa dan Kegiatan	118
19.	Kegiatan pindah tanam pada mulsa dan Kegiatan	118

20. Kegiatan Mengikat Tanaman dan Kegiatan Memanen Buah Tomat Matang.....	119
21. Kegiatan Memotret Tanaman Tomat Pasca Panen	119

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) merupakan tanaman dari famili *Solanaceae*, yaitu berbunga seperti trompet. Buah ini berasal dari Amerika tropis, ditanam sebagai tanaman buah di ladang, pekarangan, atau ditemukan liar pada ketinggian 1- 1600 mdpl. Tanaman ini memiliki keragaman yang tinggi terhadap bentuk, warna, rasa dan tekstur buah. Tomat sayur atau tomat mawar bentuk buahnya bulat pipih dan mempunyai alur-alur yang jelas di dekat tangkainya serta lebih lunak, jenis tomat ini lebih cocok ditanam di dataran rendah. Sedangkan tomat buah atau tomat karina bentuk buahnya bulat, kokoh, dan agak keras seperti buah apel atau pir. Jenis ini lebih cocok ditanam di dataran tinggi. Tanaman ini memiliki keragaman yang tinggi terhadap bentuk, warna, rasa dan tekstur buah. Warna buah tanaman ini bervariasi dan tergantung dari pigmen yang terbentuk menjadi salah satu indikasi antioksidan menjadi daya tarik buah ini (Setiawan, 2015).

Tomat tidak hanya dikonsumsi sebagai buah segar, namun dapat digunakan sebagai bahan penyedap, bahan industri makanan dan minuman. Menurut Pudjiatmoko (2008) bahwa dalam 100 g buah tomat mengandung protein (1 g), karbohidrat (4,2 g), lemak (0,3 g), kalsium (5 mg), fosfor (27 mg), zat besi (0,5 mg), vitamin A (karoten) 1500 SI, vitamin B (tiamin) 60 mg, dan vitamin C (40 mg). Namun produktivitas tomat di Indonesia masih tergolong rendah. Hal ini disebabkan adanya peningkatan jumlah penduduk dari tahun ke tahun sehingga

permintaan semakin naik namun produksi tomat dalam negeri belum cukup memenuhi.

Berdasarkan data BPS (2021), produksi tomat selama tiga tahun terakhir meningkat dari 976.772 ton ha-1 pada tahun 2018 menjadi 1.020.33 ton ha-1 pada tahun 2019 dan 1.084.993 ton ha-1 pada tahun 2020. Meskipun demikian, Indonesia masih melakukan impor tomat sebesar 10.137.242 ton baik dalam bentuk olahan maupun tomat segar yang setara dengan 846.412 dollar AS.

Penanaman buah tomat pada dataran rendah menjadi tantangan baru bagi petani. Peningkatan produksi tanaman tomat pada dataran rendah mendapat tantangan yang cukup besar. Secara umum tomat memiliki harga yang relatif murah dibandingkan tanaman hortikultura lainnya, sehingga pemasaran buah ini kurang favorit dibandingkan komoditas hortikultura lainnya. Salah satu cara untuk meningkatkan produksi tomat dengan menanam tomat pada dataran yang lebih rendah. Akan tetapi dataran yang lebih rendah memiliki tingkat suhu dan kelembaban yang berbeda, sehingga kurang sesuai dengan pertumbuhan tanaman tomat, khususnya terhadap retak buah dan penyakit layu bakteri hal ini sesuai dengan Semangun (2000) Salah satu penyakit penting pada tomat adalah layu bakteri yang disebabkan oleh *Pseudomonas solanacearum*. Pecah buah dapat menurunkan kualitas dari buah tomat.

Tomat buah atau tomat yang berbentuk bulat memiliki tingkat pecah buah yang tinggi sebaliknya tomat sayur atau tomat mawar yang berbentuk gelombang memiliki tingkat pecah buah yang rendah akan tetapi tomat sayur ini kurang diminati oleh masyarakat. Salah satu upaya untuk menghasilkan varietas tomat

yang tahan pecah buah adalah perakitan varietas melalui program pemuliaan tanaman. Kegiatan ini dimulai dengan mengumpulkan berbagai plasma nutfah tomat dan kemudian melakukan penapisan. Identifikasi ketahanan genotipe-genotipe tanaman koleksi adalah langkah awal dalam pengembangan kultivar tahan terhadap retak buah atau pecah buah. Oleh sebab itu, untuk menggabungkan sifat keduanya maka dilakukanlah proses persilangan. Persilangan biparental antar keduanya menjadi bagian yang menarik untuk sifat pecah buah dan bentuk buah dalam peningkatan produktivitas pada buah tomat di dataran rendah.

Penggunaan rancangan persilangan biparental merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk memperoleh informasi genetik seperti komponen ragam, heritabilitas, dan aksi gen. Menurut Saputra et al. (2019) salah satu metode dalam kegiatan pemuliaan tanaman adalah persilangan. Tujuan dilakukannya persilangan adalah untuk menyatukan masing-masing karakter unggul yang ada pada macam-macam genotipe dalam satu genotipe. Populasi F₂ merupakan populasi bersegregasi maksimal. Oleh sebab itu, estimasi keragaman genetik, heritabilitas, dan jumlah kelompok gen pengendali karakter sangat baik dilakukan pada populasi ini. Analisis rata-rata generasi ini telah banyak digunakan untuk mengetahui tipe dan besaran aksi gen yang terlibat pada pewarisan karakter tomat. Hal ini dapat menginduksi keragaman jenis tomat yang unggul dan memiliki bentuk yang unik. Akan tetapi, dalam proses pengamatan data metode konvensional memiliki bias yang besar apabila dilakukan dengan log atau tanaman atau buah yang banyak. Oleh sebab itu, teknologi dalam membantu

proses pengamatan tersebut sangat diperlukan dalam meminimalkan bias pengamatan, salah satu teknologi presisi pada era ini adalah *image processing*.

Image processing merupakan teknologi yang menerapkan sejumlah algoritma komputasi komputer untuk memproses citra digital. Penelitian ini akan mendeteksi kematangan buah tomat. *Image processing* memudahkan menganalisis tanaman dalam jumlah yang banyak dan dalam waktu yang singkat dengan teliti, sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama. Rahayuningtyas (2020), menyatakan bahwa sortasi adalah pemisahan komoditi selama dalam aliran komoditas, misalnya sortasi di lokasi pemanenan yang didasarkan pada jenis, ukuran yang diminta pasar. Pada umumnya proses sortasi masih dengan cara manual menggunakan tenaga manusia dan berdasarkan pengalaman sehingga memerlukan banyak waktu dan tenaga serta memungkinkan hasil yang didapatkan dalam penyortiran tersebut tidak konstan. Dengan kombinasi *image processing* pada penelitian persilangan biparental dapat mempermudah pengamatan dalam proses menilai hasil persilangan biparental tomat buah dan tomat sayur. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi dan presisi dalam seleksi tomat-tomat yang memiliki bentuk yang bagus dan unik serta pecah buah yang rendah.

1.2 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat satu karakter yang dapat dijadikan tolak ukur seleksi berdasarkan nilai heritabilitas pada persilangan biparental tomat buah dan tomat sayur berbasis *image processing*.

2. Terdapat hasil yang dapat dijadikan tolak ukur kematangan buah dan pecah buah terhadap persilangan biparental tomat buah dan tomat sayur melalui *image processing*.
3. Terdapat karakter yang berkorelasi positif dengan berat buah, tinggi buah dan diameter buah pada persilangan biparental tomat.

1.3 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menentukan karakter yang dapat dijadikan tolak ukur seleksi berdasarkan nilai heritabilitas pada persilangan biparental tomat buah dan tomat sayur berbasis *image processing*.
2. Untuk menentukan hasil yang dapat dijadikan tolak ukur kematangan buah dan pecah buah terhadap persilangan biparental tomat buah dan tomat sayur melalui *image processing*
3. Untuk mendapatkan karakter yang berkorelasi positif dengan berat buah, tinggi buah dan diameter buah pada persilangan biparental tomat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tomat

Tomat (*Solanum Lycopersicum* L.) merupakan salah satu tanaman buah yang berperan penting dalam sektor pertanian. Tanaman ini berasal dari Amerika Selatan dan dibawa ke Benua Eropa pada abad ke-15 hingga tersebar ke negara tropis lainnya, termasuk Indonesia. Tanaman tomat hasil budidaya, *Solanum lycopersicum* L., berasal dari famili yang terdiri dari spesies yang dapat digunakan sebagai bahan makanan (kentang, tomat, merica dan terong), obat – obatan. Tomat (*Solanum Lycopersicum* L.) merupakan salah satu sayuran yang kaya akan senyawa antioksidan seperti vitamin E, vitamin C, karotenoid, dan likopen yang penting untuk kesehatan (Bahri et al., 2021).

Tomat pada umumnya dibudidayakan di dataran tinggi. Lahan penanaman tomat di dataran tinggi semakin terbatas karena persaingan dengan komoditas hortikultura lain, juga karena sebagian wilayah tersebut merupakan daerah konservasi. Oleh karena itu perlu perluasan areal tanam ke dataran menengah dan rendah. Penanaman tomat di dataran rendah menghadapi kendala berupa penurunan produksi dan terbatasnya jumlah varietas tomat dataran rendah yang sudah dilepas. Kendala lain adalah terjadinya pecah buah (fruit cracking). Pecah buah merupakan kelainan fisiologi yang tidak disebabkan oleh infeksi penyakit atau serangga (Wahyuni et al, 2014).

Pecah buah menyebabkan kehilangan hasil baik pada tomat yang dikonsumsi segar maupun tomat olahan. Pecah buah pada tomat yang dikonsumsi

segar dapat menurunkan penampilan sehingga menurunkan jumlah buah yang dapat dipasarkan. Pecah buah pada tomat olahan memungkinkan masuknya patogen pada buah sehingga menyebabkan busuk sekunder. Kehilangan hasil panen tomat di Amerika Serikat akibat pecah buah dilaporkan mencapai 35%. Kerugian akibat pecah buah dapat diatasi dengan menggunakan kultivar tahan, mencukupi kebutuhan air, dan nutrisi tanaman yang seimbang (Masarirambi et al., 2009).

Pecah buah terjadi karena pertumbuhan buah yang cepat pada kondisi ketersediaan air melimpah dan suhu tinggi, terutama ketika kondisi ini diikuti periode stress tanaman. Pecah buah menyebabkan kehilangan hasil baik tomat yang dikonsumsi segar maupun tomat olahan. Produksi tomat yang rendah disebabkan jumlah buah terbentuk sedikit pada kondisi suhu tinggi. Beberapa penelitian menunjukkan belum ada varietas unggul tomat dataran rendah dan apabila varietas-varietas unggul yang ada sekarang ditanam di dataran rendah, maka yang diperoleh produksi yang rendah dan kualitas buah yang tidak sesuai dengan permintaan konsumen. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan perakitan varietas unggul tomat berdaya hasil tinggi di dataran rendah menjadi satu-satunya solusi yang tepat, efektif, dan efisien untuk mendapatkan produksi tomat yang tinggi (Bahri et al., 2021).

Syukur et al. (2015) menyatakan bahwa hibrida merupakan generasi F1 dari suatu hasil persilangan sepasang atau lebih tetua galur murni yang mempunyai karakter yang unggul komposisi genetik heterozigot yang dimiliki oleh varietas hibrida membuat varietas ini memiliki sifat yang superior dibandingkan varietas

non hibrida yang memiliki komposisi genetik homozigot. Strategi pemuliaan tomat yang ditujukan untuk memperoleh kombinasi gen yang dibutuhkan untuk menciptakan akumulasi satu atau dua jenis senyawa karotenoid dalam genotipe dengan performa agronomi yang baik. Dua strategi utama yang digunakan yaitu pemanfaatan plasma nutfah berpotensi tinggi untuk mengakumulasi satu atau lebih senyawa antioksidan dalam pemuliaan (Marti et al., 2016).

2.1.1 Taksonomi Tomat

Tanaman tomat tergolong tanaman semusim (*annual*). Artinya, tanaman berumur pendek yang hanya satu kali berproduksi dan setelah itu mati. Tanaman tomat berasal dari famili yang terdiri dari spesies yang dapat digunakan sebagai bahan makanan. Menurut *Ministry of Environment, Forest and Climate Change* (MoEF&CC) dan *Indian Institute of Vegetable Research* (2015).

Tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom: Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Solanales

Famili : Solanaceae

Genus : *Solanum*

Spesies : *Solanum lycopersicum* L.

2.1.2 Morfologi Tomat (secara umum)

Daun tomat berwarna hijau dan berbulu. Panjangnya sekitar 20-30 cm. Daun tomat ini tumbuh didekat ujung dahan atau cabang. Sementara itu tangkai daunnya berbentuk bulat memanjang sekitar 7-10 cm dan ketebalan 0,3-0,5 cm (Wiryanta, 2002). Daun merupakan organ pada tumbuhan yang berfungsi sebagai tempat fotosintesis, transpirasi dan sebagai alat pernapasan. Hasil fotosintesis berupa gula (glukosa) dan oksigen. Glukosa hasil-hasil fotosintesis akan diangkut oleh pembuluh tapis dan diedarkan keseluruh bagian tumbuhan. Oksigen dikeluarkan melalui stomata daun dan sebagian digunakan untuk respirasi sel-sel di daun. Daun juga berperan penting dalam transpirasi yang merupakan peristiwa penguapan pada tumbuhan. Transpirasi dapat pula melalui batang, tetapi umumnya berlangsung melalui daun. Melalui transpirasi, air dari tumbuhan dalam bentuk uap air akan dikeluarkan melalui stomata ke udara. Adanya transpirasi menyebabkan aliran dan mineral dari akar, batang dan tangkai daun terjadi secara terus-menerus (Purwati, 2007).

Bunga tanaman tomat berwarna kuning dan tersusun dalam dompolan dengan jumlah 5-10 bunga perdompolan atau tergantung varietasnya. Kuntum bunganya terdiri dari lima helai daun kelopak dan lima helai mahkota. serbuk sari bunga terdapat kantong yang letaknya menjadi satu dan membentuk bumbung yang mengelilingi tangkai kepala putik. Bunga tomat dapat melakukan penyerbukan sendiri karena tipe bunganya berumah satu. Meskipun demikian tidak menutup kemungkinan terjadi penyerbukan silang. Bunga tumbuh dari batang (cabang) yang masih muda membentuk jurai yang terdiri atas dua baris

bunga. Mahkota bunganya berwarna kuning muda, bentuk bakal buahnya ada yang bulat panjang berbentuk bola atau jorong melintang. Buah tomat berbentuk bulat, bulat lonjong, bulat pipih atau oval. Buah yang masih muda berwarna hijau muda sampai hijau tua. Sementara itu buah yang sudah tua berwarna merah cerah atau merah gelap, merah kekuning-kuningan atau merah kehitaman. Buah tomat ada juga berwarna kuning tergantung jenis dan varietasnya (Wiryanta, 2002).

Tanaman tomat berakar pancar, namun relatif tidak dalam akar datarnya halus dan cukup tebal. Tanaman tomat memiliki akar tunggang yang tumbuh menembus ke dalam tanah dan akar-akar cabang yang tumbuh menyebar kesemua arah pada kedalaman 60-70 cm. Akar tanaman tomat berbentuk serabut yang menyebar ke segala arah. Batang tanaman tomat berwarna hijau dengan bentuk persegi empat hingga bulat. Semakin tinggi batang jumlah cabang yang dihasilkan lebih sedikit, sedangkan semakin rendah batang jumlah cabang yang dihasilkan semakin banyak. Variasi jumlah cabang pada tomat disebabkan oleh sifat genetik yang dibawa. Cabang tanaman yang sedikit menyebabkan mutu buah dan benih meningkat (Wiryanta, 2002).

Berikut merupakan kandungan gizi yang terdapat pada tanaman tomat (*Ministry of Environment, Forest and Climate Change (MoEF & CC) dan Indian Institute of Vegetable Research, 2015*).

Tabel 1. Kandungan gizi dalam buah tomat

Kandungan Gizi	Tomat Segar/ 100 g	Kandungan Gizi	Tomat Segar/ 100 g
Energi	18 K cal	Vitamin K	11 mg
Karbohidrat	3.9 g	Magnesium (Mg)	11 mg
Gula	2.6 g	Mangan (Mn)	0.114 mg
Serat	1.2 g	Besi (Fe)	0.3 mg
Lemak	0.9 g	Tembaga (Cu)	0.19
Protein	94.5 g	Sulfur (S)	24 mg
Air	833 IU	Klor (Cl)	38 mg
Vitamin A	0.037 mg	Natrium (Na)	5 mg
Vitamin B (Thiamin)	0.594 mg	Kalsium (Ca)	20 mg
Vitamin B3 (Niasin)	0.08 mg	Fosfor (P)	24 mg
Vitamin B6	14 mg	Kalium (K)	237 mg
Vitamin C	0.54 mg	Likopen	2537 µg
Vitamin E	7.9 µg	Asam Oksalik	2 mg

2.2 Lingkungan Tumbuh

Tanaman tomat memiliki beberapa persyaratan untuk tumbuh diantaranya :

1. Iklim

Curah hujan yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman tomat adalah 750 mm-1.250 mm/tahun. Keadaan ini berhubungan erat dengan ketersediaan air tanah bagi tanaman, terutama di daerah yang tidak terdapat irigasi teknis. Curah hujan yang tinggi (banyak hujan) juga dapat menghambat persarian (Pudjiatmoko, 2008). Kekurangan sinar matahari menyebabkan tanaman tomat mudah terserang penyakit, baik parasit maupun non parasit. Sinar matahari berintensitas tinggi akan menghasilkan vitamin C dan karoten (provitamin A) yang lebih tinggi. Penyerapan unsur hara yang maksimal oleh tanaman tomat akan dicapai apabila pencahayaan selama 12-14 jam/hari, sedangkan intensitas cahaya yang dikehendaki adalah 0,25 mj/m² per jam (Pudjiatmoko, 2008). Suhu

udara rata-rata harian yang optimal untuk pertumbuhan tanaman tomat adalah suhu siang hari 18-29 derajat C dan pada malam hari 10-20 derajat C (Pudjiatmoko, 2008). Kelembaban relatif yang tinggi sekitar 25% akan merangsang pertumbuhan untuk tanaman tomat yang masih muda karena asimilasi CO₂ menjadi lebih baik melalui stomata yang membuka lebih banyak. Tetapi, kelembaban relatif yang tinggi juga merangsang mikro organisme pengganggu tanaman (Pudjiatmoko, 2008).

2. Media Tanam

Tanaman tomat dapat ditanam di segala jenis tanah, mulai tanah pasir sampai tanah lempung berpasir yang subur, gembur, banyak mengandung bahan organik serta unsur hara dan mudah merembeskan air. Selain itu akar tanaman tomat rentan terhadap kekurangan oksigen, oleh karena itu air tidak boleh tergenang (Pudjiatmoko, 2008). Tanah dengan derajat keasaman (pH) berkisar 5,5-7,0 sangat cocok untuk budidaya tomat (Pudjiatmoko, 2008). Dalam pembudidayaan tanaman tomat, sebaiknya dipilih lokasi yang topografi tanahnya datar, sehingga tidak perlu dibuat teras-teras dan tanggul (Pudjiatmoko, 2008).

3. Ketinggian Tempat

Tanaman tomat dapat tumbuh di berbagai ketinggian tempat, baik di dataran tinggi maupun di dataran rendah, tergantung varietasnya. Tanaman tomat yang sesuai untuk ditanam di dataran tinggi misalnya varietas berlian, varietas mutiara, varietas kada. Sedangkan varietas yang sesuai ditanam di dataran rendah misalnya varietas Intan, varietas Ratna, varietas Berlian, varietas LV, varietas CLN. Selain itu, ada varietas tanaman tomat yang cocok ditanam

di dataran rendah maupun di dataran tinggi antara lain varietas tomat GH 2, varietas tomat GH 4, varietas erlian, varietas Butiara (Pudjiatmoko, 2008).

2.3 Persilangan Biparental

Pemuliaan diawali dengan studi pewarisan karakter yang bertujuan untuk menentukan metode seleksi yang efektif untuk perbaikan karakter tersebut. Tahapan awal dalam menentukan hasil persilangan antar galur adalah pendugaan komponen parameter genetik yang diperlukan untuk mengetahui aksi gen yang mengendalikan suatu karakter. Aksi gen suatu karakter diperlukan untuk menentukan metode seleksi yang akan diperlukan. Kombinasi tetua untuk menghasilkan turunan yang terbaik yang berpotensi hasil tinggi dapat dievaluasi berdasarkan daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK). Analisis komponen parameter genetik seperti aksi gen dan heritabilitas menggunakan cara Hayman, sedangkan untuk mempelajari daya gabung dapat dilakukan menggunakan cara Griffing (Arif et al., 2014).

Karakter pada tanaman dapat dikendalikan oleh aksi gen aditif dan non aditif yang terdiri dari aksi gen dominan dan epistasis. Karakter yang dipengaruhi aksi gen aditif menunjukkan bahwa karakter tersebut dapat diwariskan kepada turunannya dan seleksi dapat dilakukan pada generasi awal. Heritabilitas juga digunakan untuk menentukan sejauh mana suatu karakter dapat diwariskan dari tetua kepada turunannya. Melalui informasi heritabilitas, memungkinkan pemulia dalam menentukan sejauh mana intensitas seleksi yang dilakukan untuk

memisahkan pengaruh lingkungan terhadap fenotipe suatu tanaman (Zehra et al., 2017).

Karakter hasil dan komponen hasil termasuk dalam karakter kuantitatif yang dikendalikan oleh banyak gen dengan pengaruh kecil dan pengaruh lingkungan besar. Hal ini menjadikan pewarisan karakter hasil dan komponen hasil ini perlu dipelajari untuk mengetahui informasi genetik pada suatu tanaman. Informasi genetik ini dapat digunakan sebagai pedoman dalam menentukan metode seleksi yang tepat, sehingga seleksi yang dilakukan menjadi lebih efektif dan efisien. Rancangan persilangan biparental dan analisis rata-rata generasi merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk memperoleh informasi genetik seperti komponen ragam, heritabilitas, dan aksi gen. Analisis rata-rata generasi ini telah banyak digunakan untuk mengetahui tipe dan besaran aksi gen yang terlibat pada pewarisan karakter (Arif et al., 2012).

2.4 *Image Processing*

Image processing adalah teknik pengenalan objek dan gambar terkini. *Image processing* menjadi teknologi utama yang dikembangkan untuk mengidentifikasi objek seperti fungsi pada mata manusia. Citra atau *image* adalah angka. Citra dapat berupa foto udara, penampang lintang dari suatu benda dan lain sebagainya. Di komputer, warna dapat dinyatakan, misalnya sebagai angka dalam bentuk skala RGB. Karena citra adalah angka, maka citra dapat diproses secara digital (Bindu et al., 2020).

Pengolahan citra ini pada awalnya dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra, namun semakin meningkatnya kecepatan proses komputer, serta munculnya

ilmu-ilmu komputer yang memungkinkan manusia mengambil informasi dari suatu citra maka image processing tidak dapat dilepaskan dengan bidang *computer vision*. Menurut Prakash et al. (2017), tujuan pengolahan citra dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu: visualisasi untuk mengamati objek yang tidak terlihat, penajaman gambar untuk membuat gambar yang lebih baik, pengukuran pola untuk mengukur berbagai objek dalam sebuah gambar, dan pengenalan gambar untuk membedakan objek dalam gambar.

Image processing merupakan teknologi yang menerapkan sejumlah algoritma komputasi komputer untuk memproses citra digital (Putra et al., 2015). Metode *image based phenotyping* menawarkan berbagai keuntungan. Metode ini tidak merusak, artinya data fenotipik dapat dikumpulkan dari tanaman yang telah diteliti dalam waktu yang lama. Metode ini juga dapat digunakan secara otomatis, sehingga memungkinkan untuk meneliti dalam ukuran sampel yang banyak (Mutka dan Bart, 2015).

Pembusukan buah diminimalisir dengan cara mendeteksi kematangan buah dengan tepat, pada saat ini untuk menentukan kematangan buah tomat masih sering dilakukan secara konvensional sehingga untuk menentukan tingkat kematangan buah tomat tidak begitu akurat. Dengan adanya citra digital maka untuk menentukan kematangan buah tomat berdasarkan warnanya bisa dilakukan secara *computing* (berbasis teknologi). Salah satu indikator untuk menentukan kematangan tomat yang dipakai adalah warna buah yang mentah, setengah matang dan matang. Untuk mendeteksi ketiga jenis ciri-ciri kematangan buah tersebut, dapat dilakukan dengan memanfaatkan pengolahan citra. Kemajuan

bidang sistem tertanam (*embedded system*) di dunia industri semakin mengarah kepada kajian sistem kendali dan otomasi produksi. Salah satu bagian terpenting pada produksi adalah sistem penyortiran barang seperti penyortiran pada buah-buahan dan sayur-sayuran. Buah dan sayuran merupakan komoditas pertanian Indonesia saat ini. Jeruk dan tomat merupakan sebagian buah-buahan yang sudah menjadi kebutuhan pokok penunjang pangan di Indonesia yang mempunyai nilai ekonomi tinggi (Arif et al., 2017).

Menjaga kualitas tomat dengan tersedianya buah-buahan yang baik dan mutu buah yang seragam. Selain proses pembudidayaan yang baik juga diperlukan perlakuan pascapanen yang baik pula. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai ekonomis pascapanen jeruk dan tomat adalah dengan melakukan sortasi. Proses sortasi bertujuan untuk menentukan klasifikasi komoditas berdasarkan mutu yang sejenis. Pada umumnya, perlakuan pascapanen, seperti sistem sortasi yang dilakukan kebanyakan industri masih dilakukan secara manual oleh tenaga manusia (Siskandar, 2020).

Perkembangan metode pengolahan citra telah banyak digunakan dalam bidang pertanian, khususnya dalam proses sortasi dan grading hasil pertanian. Pengolahan citra dilakukan dengan memasukkan algoritma yang disusun berdasarkan parameter yang digunakan dan melakukan pengolahan pada satu citra ke citra lainnya. Pengembangan metode tersebut dapat mempermudah pemilihan ukuran buah dengan waktu yang lebih singkat jika dibandingkan dengan pengamatan secara langsung dengan peralatan sederhana. Sejalan dengan perkembangan ilmu teknologi informasi dan sistem tertanam, proses sortasi

banyak dikembangkan dengan sistem otomatis dengan menggunakan perangkat elektronik dan mekanik untuk keefektifan dalam penggunaan, serta keakuratan hasil yang diperoleh. Proses sortasi memungkinkan identifikasi buah berdasarkan ciri warna dengan bantuan komputer (Siskandar, 2020).

2.5 Heritabilitas dan Koefisien Keragaman Genetik

Keragaman genetik dan heritabilitas merupakan syarat mutlak dalam keberhasilan suatu program pemuliaan tanaman. Keragaman genetik dapat memperbesar kemungkinan untuk mendapatkan genotip yang lebih baik melalui seleksi. Keragaman karakter dan keanekaragaman genotip berguna untuk mengetahui pola pengelompokan genotip pada populasi tertentu berdasarkan karakter yang diamati dan dapat dijadikan sebagai dasar kegiatan seleksi (Agustina & Waluyo, 2017).

Analisis keragaman dapat dilakukan dengan berbagai tipe penanda, salah satu tipe penandanya ialah morfologi pada tanaman tersebut. Indikator bahwa karakter tersebut dikendalikan secara genetik berdasarkan nilai heritabilitas. Heritabilitas merupakan parameter genetik yang digunakan untuk mengukur kemampuan genotip dalam populasi tanaman dalam mewariskan karakter yang dimilikinya. Nilai duga heritabilitas memiliki fungsi diantaranya untuk menentukan keberhasilan seleksi, karena dapat memberikan petunjuk suatu sifat lebih dipengaruhi oleh faktor genetik atau faktor lingkungan (Rosmaina et al., 2016). Berdasarkan hasil analisis ragam dilakukan analisis heritabilitas. Berdasarkan rumus menurut Stansfield (1983), nilai duga heritabilitas dan kriterianya dihitung dengan rumus:

Nilai heritabilitas: $H = \frac{\sigma^2 G}{\sigma^2 P} \times 100\%$

Ket : H = Heritabilitas
 $\sigma^2 G$ = Varian Genotipe Total
 $\sigma^2 P$ = Varian Penotipe Total