

Purwarupa Sistem Penghitungan Sel Polen Berdasarkan Citra Mikroskopis Digital

Ainan Nur¹, Izzati Muhimmah²

Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

13523185@students.uii.ac.id¹, izzati@uui.ac.id²

Abstrak— Pada tumbuhan, serbuk sari atau sel polen memiliki peranan penting untuk terjadinya fertilisasi. Faktor umum yang mendorong terjadinya proses fertilisasi adalah viabilitas sel polen tersebut. Metode yang digunakan untuk mengetahui viabilitas sel polen salah satunya adalah metode pewarnaan dengan menggunakan FDA (*Fluorescein Diacetat*). Setelah melakukan metode pewarnaan, sel polen diamati dibawah mikroskop untuk mengetahui sel yang hidup dan sel mati. Sel inilah yang akan digunakan dalam penelitian penulis. Perbedaan sel hidup dan mati dapat dibedakan berdasarkan pendaran warnanya. Citra yang diamati dibawah mikroskop akan memberikan perbedaan pendaran warna. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan nilai rata-rata RGB untuk membedakan pendaran warna. Kemudian nilai RGB tersebut diuji dengan menggunakan T-test untuk mengetahui perbedaan rata-rata yang dimiliki oleh sel berpendar dan tidak pendar. Dari hasil T-test didapat bahwa nilai R berbeda secara signifikan. Selain itu, dilakukan ekstraksi ciri bentuk yaitu area, *eccentricity*, perimeter, dan *circularity* terhadap objek berpendar dan tidak pendar. Nilai ini yang akan menjadi batasan perbedaan antara sel berpendar dan tidak pendar. Kemudian setelah dilakukan seleksi fitur, dilakukan proses klasifikasi dengan menggunakan metode jarak *Mahalanobis* pada nilai G dan B. Hasil klasifikasi kemudian diuji dengan menggunakan uji validasi *Single Decision Threshold* yang menghasilkan nilai akurasi sebesar 92,79%, nilai presisi sebesar 91,15%, dan nilai recall sebesar 93,05%.

Kata kunci: viabilitas sel, FDA (*Fluorescein Diacetat*), T-test, RGB

I. PENDAHULUAN

Sel polen atau serbuk sari pada tumbuhan merupakan alat kelamin jantan yang berfungsi untuk melakukan regenerasi tumbuhan tersebut. Salah satu faktor terjadinya proses fertilisasi pada tumbuhan adalah kemampuan sel polen sebagai pembawa materi genetik jantan kepada betina. Sel polen dinyatakan *viabile* apabila mampu menunjukkan kemampuan atau fungsinya menghantarkan sperma ke kandung lembaga (kantong embrio), setelah terjadinya penyerbukan [1]. Polen dapat kehilangan viabilitasnya pada suatu periode waktu tertentu. Hilangnya viabilitas sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama suhu dan kelembaban relatif.

Untuk mendapatkan sel dengan viabilitas tinggi, maka digunakan metode pengujian viabilitas polen yang cocok. Ada beberapa metode yang sering digunakan, salah satunya adalah metode pewarnaan. Dalam penelitian ini, penulis juga menggunakan metode pewarnaan sebagai cara untuk

menghasilkan viabilitas sel dari tumbuhan. Metode pewarnaan akan menghasilkan citra yang berisikan sekumpulan sel yang terdiri dari *viabile* sel, *inviable* sel, dan sampah. Borlat & Pirlak mengemukakan “pengujian viabilitas polen dengan metode pewarnaan memiliki beberapa keuntungan, salah satunya adalah metode ini lebih cepat dan lebih mudah untuk mengidentifikasi polen yang *viabile* dibandingkan dengan metode lain” [2].

Setelah mendapatkan hasil viabilitas polen dalam bentuk citra, kemudian diolah agar dapat membedakan sel polen *viabile* (sel hidup) dan *inviable* (sel mati). Pengolahan citra dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai parameter, yaitu rentang warna RGB, ukuran bentuk, dan lain-lain. Setelah membedakan kedua sel tersebut, maka akan didapat jumlah dan persentase dari viabilitas sel tersebut. Dengan latar belakang yang telah diuraikan diatas, penulis bermaksud membuat penelitian terkait dengan perhitungan jumlah dan persentase sel hidup yang diteliti dan diperoleh di PT. East West Seed Indonesia. Adapun judul penelitian yang penulis buat adalah Purwarupa Sistem Analisa Penghitungan Sel Polen Berdasarkan Citra Mikroskopis Digital.

II. LANDASAN TEORI

A. Pengertian Sel Polen

“Sebutir sel polen (pollen grain) adalah sebuah sel hidup dan mempunyai inti sel serta protoplasma, yang terbungkus oleh dinding sel. Dinding sel tersebut terdiri atas dua lapis, yaitu lapisan dalam (*intine*) yang tipis serta lunak seperti selaput, dan lapisan luar (*axine*) yang tebal dan keras untuk melindungi seluruh isi butir polen”, [3]. Sel polen pada tumbuhan merupakan alat kelamin jantan

B. Viabilitas Sel

Proses pengambilan sel polen berawal dari pemetikan bunga jantan yang hampir mekar. Kemudian dari bunga jantan tersebut diambil *anther*-nya untuk dilakukan metode pewarnaan agar sel yang terdapat didalam *anther* tersebut muncul. Dengan pemberian metode tersebut, akan dihasilkan gambar sel yang hanya dapat dilihat dibawah mikroskop. Dengan menggunakan mikroskop, akan terlihat perbedaan pendaran atau warna untuk sel *viabile* dan *inviable*. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk mengetahui hasil persentase viabilitas suatu sel.

$$\frac{\text{Serbuk sari viable} = \text{jumlah serbuk sari yang viable}}{\text{jumlah seluruh serbuk sari yang diamati}} \times 100\% \quad (1)$$

Untuk mengetahui tingkat viabilitas suatu polen, maka dilakukan pengujian terhadap serbuk sari atau *anther* yang diambil. Penggunaan metode pengujian viabilitas polen yang cepat, mudah, dan murah sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi program pemuliaan dan seleksi maupun produksi benih.

C. Metode Pewarnaan

Ada berbagai macam metode yang dapat digunakan untuk menguji viabilitas polen. Metode yang paling banyak digunakan adalah metode pewarnaan dan metode perkecambahan polen secara *in vitro*. Pada umumnya, semua metode pewarnaan dapat membuat sel polen menghasilkan viabilitasnya. Metode pewarnaan yang umum digunakan untuk menduga viabilitas polen adalah acetocarmin, propione carmin, aniline blue, Alexander's stain, FDA, NBT, TCC, MCC, dan larutan lugol atau Iodine Potassium/Kalium Iodide [2], [4], [5], [6]. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode pewarnaan dengan menggunakan FDA, karena menurut Huang & Johnson, "keuntungan penggunaan metode pewarnaan FDA yaitu viabilitas polen dapat ditentukan dengan mudah dan hasil dapat dipercaya kebenarannya" [7].

D. Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri pada citra merupakan tahapan mengetahui ciri atau informasi dari objek didalam citra yang ingin dikenali atau dibedakan dengan objek lainnya. Ciri yang telah diekstrak kemudian digunakan sebagai parameter untuk membedakan antara objek satu dengan lainnya pada tahapan identifikasi dan klasifikasi

1) Ekstraksi Fitur Warna

Adapun fitur warna yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Mean Intensity in Red

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n x_r \quad (2)$$

n adalah banyaknya pixel dalam citra dan x_r adalah nilai intensitas warna setiap pixel pada Red-layer.

Mean Intensity in Green

$$G = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n x_g \quad (3)$$

n adalah banyaknya pixel dalam citra dan x_r adalah nilai intensitas warna setiap pixel pada Green-layer.

Mean Intensity in Blue

$$B = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n x_b \quad (4)$$

n adalah banyaknya pixel dalam citra dan x_r adalah nilai intensitas warna setiap pixel pada Breen-layer.

Standar Deviasi

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5)$$

n adalah banyaknya pixel dalam citra dan x_i adalah nilai dari data ke-i.

2) Ekstraksi Ciri Bentuk

Adapun fitur bentuk yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a) Area

Jumlah pixel yang ada pada wilayah objek terseleksi. Nilai area diperoleh dengan cara memilih objek dengan menggunakan label, yang mana nilai dari label tersebut berupa hasil connected-component dalam citra biner.

b) Perimeter

Jarak sekitar batas daerah. Regionprops menghitung perimeter dengan jarak antara masing-masing pasangan pixel tepi yang berdampingan sebagai batas wilayah. Perimeter juga dikenal sebagai jumlah piksel pada boundary objek.

c) Eccentricity

Yang menentukan kebulatan suatu bentuk elips. Nilai eccentricity mendekati angka 1 untuk objek berbentuk memanjang, dan mendekati angka 0 untuk objek berbentuk lingkaran.

d) Circularity

Circularity merupakan salah satu fitur yang digunakan untuk mengambil objek lingkaran selain eccentricity. Nilai circularity diambil dari jumlah pixel dalam wilayah objek yang terdeteksi. Adapun rumus untuk circularity adalah:

$$\text{Circularity} = \frac{4\pi \times \text{Area}}{p^2} \quad (6)$$

dimana, nilai area dan perimeter sudah diketahui sebelumnya.

E. K-Means Clustering

Clustering atau analisis cluster merupakan proses pembentukan kelompok data dari himpunan yang tidak diketahui kelompok-kelompok atau kelas-kelasnya, dengan hasil penentuan data-data yang termasuk ke dalam cluster sesuai dengan centroid. Model centroid adalah model yang pembentukan cluster-nya dengan menggunakan titik tengah yang berupa nilai acuan. Centroid digunakan untuk menghitung jarak suatu objek data terhadap centroid.

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan K-Means Clustering untuk seleksi objek dengan background, hal ini disebabkan nilai pixel RGB yang dimiliki objek dan background sangat dekat sehingga pemisahan keduanya tidak cukup jika hanya menggunakan nilai ambang atau threshold.

III. METODE

A. Analisis Permasalahan

Identifikasi sel viable dan inviable dilakukan dengan cara melihat warna dari sel tersebut, yaitu dari pendarannya. Sel dinyatakan viable apabila warna pendarannya maksimum, dan akan disebut sebagai sel berpendar. Sedangkan sel dinyatakan inviable apabila warna pendarannya kurang dan sel berpendar, dan akan disebut sebagai sel tidak pendar. Perbedaan pendaran

dapat dilihat dan diketahui melalui mikroskop, tetapi dalam satu preparat biasanya terdapat sampah yang masuk kedalam citra, selain sel berpendar dan tidak pendar. Oleh karena itu, untuk mencegah terjadinya kesalahan identifikasi, dibutuhkan cara yang lebih akurat dalam mengidentifikasi jenis sel tersebut.

B. Analisis Data

Identifikasi sel yang dilihat melalui mikroskop dilakukan dengan cara menganalisis data yang ada. Berdasarkan analisis, berikut perbedaan yang ditemukan:

1) Sel berpendar

Warna polen yang terwarnai oleh FDA terang, dengan ciri bentuk lingkaran dan ukurannya $\geq 3 \mu\text{m}$. Biasanya perbedaan sel berpendar dapat dilihat dengan menggunakan mata langsung dibawah mikroskop.

2) Sel tidak pendar

Warna polen yang terwarnai FDA cukup terang, dengan ciri bentuk lingkaran dan ukuran $< 3 \mu\text{m}$. Warna sel tidak pendar, jika dilihat dibawah mikroskop hampir mirip dengan sel berpendar.

3) Sampah atau noise

Warna polen yang terwarnai FDA cukup terang, dan ukuran yang dihasilkan $< 3 \mu\text{m}$, tetapi yang membedakan sampah atau noise dengan sel tidak pendar adalah bentuk dari sel tersebut. Biasanya, sel yang dianggap sampah memiliki bentuk yang tidak bulat, dan memiliki lubang ditengah sel tersebut, atau biasa disebut sel kosong.

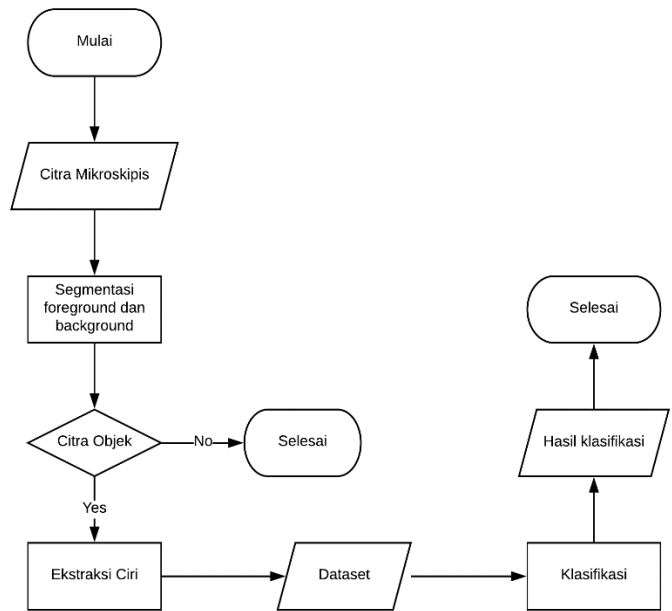
C. Analisis Kebutuhan Sistem

1) Kebutuhan Masukan

Masukan sistem penentuan viabilitas sel tumbuhan terdiri dari data *Training* dan *Testing* yang berasal dari *Laboratorium Research and Development Department PT. East West Seed Indonesia*. Kebutuhan masukan sistem ini diantaranya adalah:

- a) Tipe data citra yang akan diproses bertipe .jpg.
- b) Ukuran dari data citra berukuran 1920×1080 piksel.

2) Gambaran Umum Sistem



Gambar 1 Gambaran Umum Sistem

Gambar 1 diatas menjelaskan skema purwarupa yang diusulkan. Langkah pertama yang dilakukan oleh sistem adalah memilih gambar atau citra yang ingin diidentifikasi. Citra yang dimasukkan kedalam sistem adalah citra mikroskopis sehingga perlu dilakukan proses perbaikan citra terlebih dahulu pada tahapan *preprocessing*. Pada tahap *preprocessing*, sistem akan melakukan segmentasi objek (*foreground*) dan *background* dengan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* sehingga menghasilkan 2 *means* yaitu, objek dan *background*. Ketika sudah mendapatkan citra objek, citra akan diolah sedemikian rupa sehingga akan menghasilkan nilai intensitas rerata RGB serta standar deviasi, untuk dapat menghasilkan pemisahan sel berpendar dan tidak pendar. Selanjutnya keduanya akan diproses melalui ekstraksi ciri menggunakan fitur-fitur tertentu.

D. Proses Preprocessing

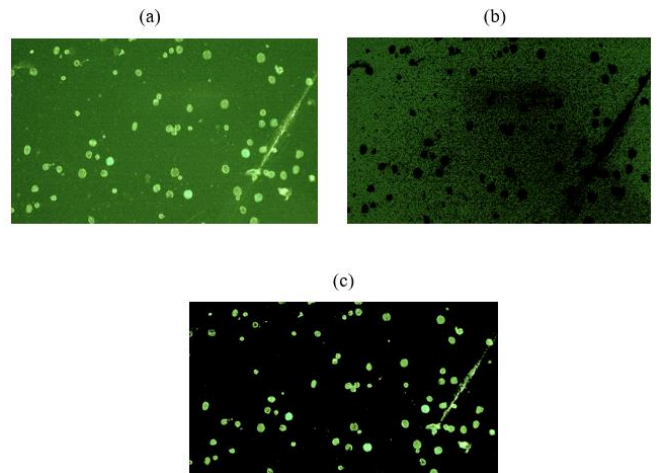
Pada tahapan ini, citra yang dipilih akan dianalisis dan diproses agar objek yang terdeteksi hanya sel berpendar dan tidak pendar saja. Tujuan dari tahapan *preprocessing* ini adalah memisahkan objek (*foreground*) dan *background*. Untuk memisahkan keduanya, sistem akan melakukan proses segmentasi terhadap citra dengan menggunakan persamaan 2.7. Yang dibutuhkan dari proses segmentasi dengan menggunakan metode *K-Means Clustering* adalah *centroid* yang diambil dari nilai random rata-rata data. Proses segmentasi akan menghasilkan 2 *means* yaitu, objek dan *background*, lihat Gambar 2.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preprocessing

1) Segmentasi Citra Asli

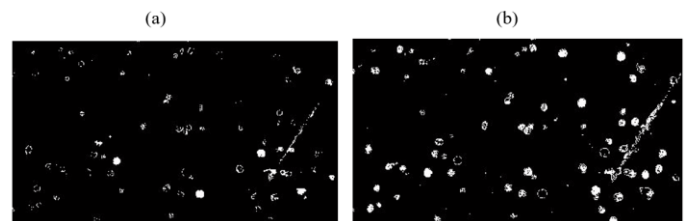
Sebelum menghitung ekstraksi ciri, citra masukan terlebih dahulu dilakukan segmentasi untuk memisahkan antara kandidat polen (*foreground*) dan *background* dengan menggunakan K-Means Clustering. Proses dan hasil citra segmentasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Proses Segmentasi (a) Citra Asli (b) Background (c) Kandidat Polen

2) Segmentasi Citra Objek

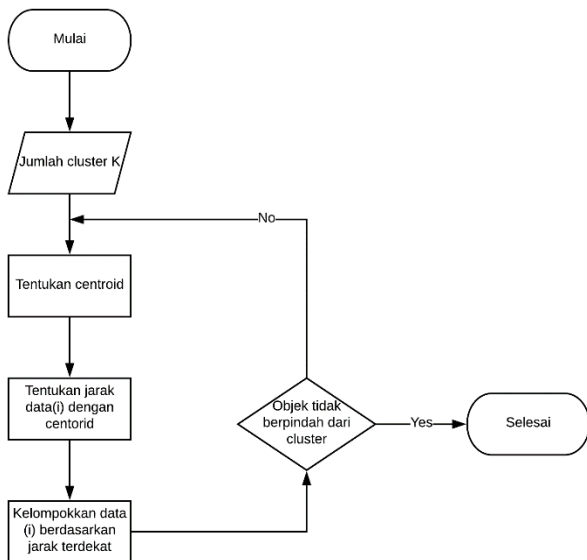
Setelah dilakukan segmentasi citra dengan menggunakan K-Means, maka langkah selanjutnya adalah mengambil ciri dari citra yang berisi objek. Citra objek memiliki 2 jenis objek yang akan diidentifikasi yaitu, sel berpendar dan tidak pendar. Segmentasi dilakukan dengan mencari nilai rata-rata RGB dari masing-masing objek, kemudian dilakukan proses segmentasi dengan menggunakan metode *Euclidean Distance*. Proses dan hasil segmentasi dapat dilihat seperti Gambar 5.



Gambar 5 Hasil Segmentasi Citra Objek (a) kandidat sel berpendar (b) kandidat sel tidak berpendar

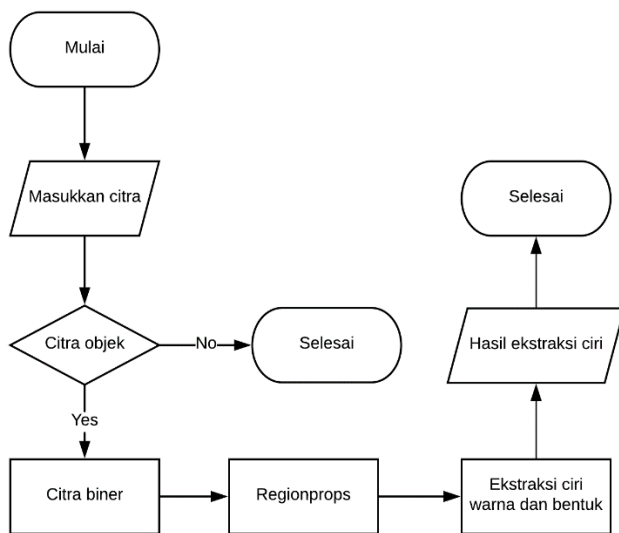
B. Ekstraksi Ciri

Setelah memisahkan citra objek, antara sel berpendar dan tidak pendar, langkah selanjutnya adalah menghitung ciri bentuk dari kedua gambar 6 agar mendapatkan informasi mengenai citra yang hanya ingin diidentifikasi. Untuk proses dan hasil dari ekstraksi ciri dapat dilihat tabel dan gambar dibawah ini.



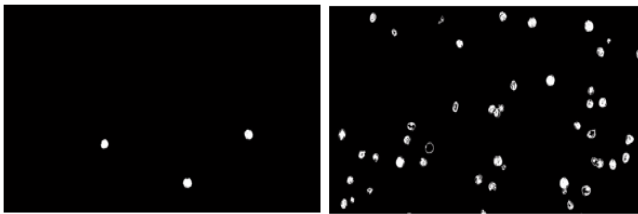
Gambar 2 Diagram Alur Segmentasi Citra

E. Ekstraksi Fitur



Gambar 3 Diagram Alur Ekstraksi Ciri

Setelah melalui tahap *preprocessing* untuk memisahkan objek (*foreground*) dan *background*, selanjutnya dilakukan proses ekstraksi ciri. Hal ini bertujuan untuk memperoleh ciri dari setiap objek yang diinginkan, lihat Gambar 3. Ciri yang digunakan adalah ciri warna dan bentuk. Hasil dari masing-masing ciri akan disimpan sebagai acuan dalam proses klasifikasi data.



Gambar 8 Hasil seleksi dengan kriteria bentuk (a) berpendar (b) tidak berpendar

C. Hasil Ekstraksi Ciri

1) Ekstraksi Ciri Sel Berpendar

Dari hasil ekstraksi ciri 20 data uji, terdapat nilai yang signifikan yang dihasilkan objek Paria 1 sampai dengan Paria 5, hal ini disebabkan karena bentuk sel yang dimiliki oleh jenis tanaman tersebut lebih besar dari tanaman lainnya. Semua data tersebut dapat disimpulkan dengan rentang minimum dan maksimum dari fitur berdasarkan masing-masing Gambar dapat dilihat pada Tabel 1.

TABLE 1 NILAI EKTRAKSI CIRI SEL BERPENDAR

Fitur	Minimum	Maksimum
Area	415	9169
Eccentricity	0,1233	0,9342
Perimeter	113,1543	1445,19
Circularity	1,0552	19,3727

2) Ekstraksi Ciri Sel Tidak Pendar

Berdasar data sel tidak berpendar berdasar *labelling* yang dilakukan oleh pakar tanaman, diperoleh nilai ekstraksi fitur yang dapat dilihat pada Tabel 2.

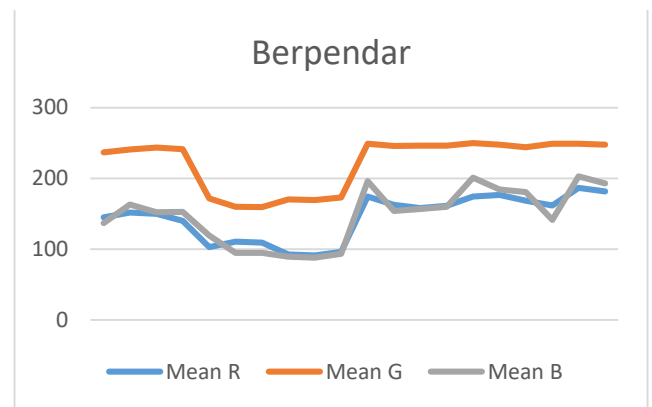
TABLE 2 NILAI EKTRAKSI CIRI SEL TIDAK PENDAR

Fitur	Minimum	Maksimum
Area	308	6082
Eccentricity	0,1111	0,9257
Perimeter	93,4975	893,0336
Circularity	0,1378	35,6458

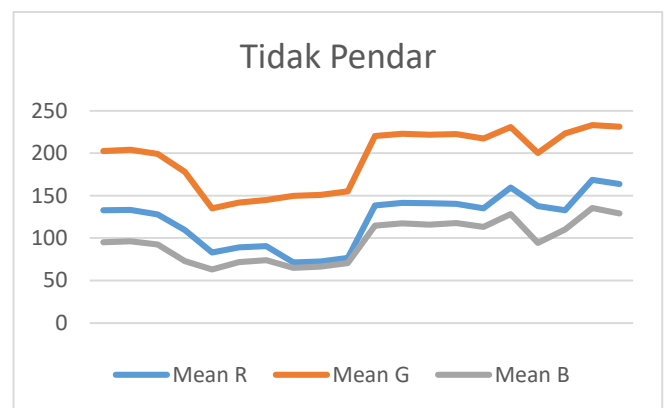
D. Seleksi Atribut

Dari hasil segmentasi diatas, terdapat beberapa informasi yang didapat dari citra tersebut. Informasi warna yang didapat berupa nilai rata-rata R, G, dan B, serta standar deviasi dari setiap objek. Informasi warna ini yang nantinya digunakan untuk segmentasi citra objek. Informasi warna direpresentasikan ke dalam diagram yang hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata R mempunyai nilai yang berbeda, sedangkan rata-rata nilai G dan B memiliki nilai yang cukup dekat dan bersinggungan. Sebaran warna untuk sel berpendar dapat dilihat pada Gambar

9. Sedangkan distribusi warna sel tidak berpendar dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9 Nilai Diagram Intensitas Warna Sel Berpendar



Gambar 11 Daigram Nilai Intensitas Warna Sel Tidak Berpendar

E. Uji-T

Selanjutnya, dilakukan uji T untuk mengetahui tingkat signifikan perbedaan rata-rata yang dimiliki oleh data RGB sel berpendar dan tidak pendar untuk kelompok sayur cabai, paria, terong, dan tomat. Dari pengujian ini, seluruh data rentang mean warna pada layer RGB mempunyai pola yang hampir seragam, yaitu nilai uji-T yang melampaui $Sig. > 0.000$ pada nilai intensitas layer R. Sehingga, untuk membedakan kelompok sel berpendar dengan tidak berpendar cukup hanya menggunakan nilai rata-rata warna pada layer G dan layer B.

TABLE 3 HASIL UJI T

Crops	Cabai		Paria		Terong		Tomat	
	Sig	T-Test	Sig	T-Test	Sig	T-Test	Sig	T-Test

Gambar 1	R	.000	62,076	.000	289,691	.000	117,854	.000	89,721
	G	.000	101,672	.000	237,51	.000	92,374	.000	104,38
	B	.000	120,939	.000	258,92	.000	196,704	.000	225,582
Gambar 2	R	0,341	54,011	.000	233,785	0,429	81,547	.000	66,519
	G	.000	99,326	.000	185,315	.000	69,37	.000	88,542
	B	.000	168,876	.000	223,725	.000	88,265	.000	165,617
Gambar 3	R	.000	109,572	.000	345,228	.000	69,053	.000	172,197
	G	.000	116,805	.000	299,056	.000	88,846	.000	132,965
	B	.000	137,439	.000	332,427	0,150	119,303	.000	172,058
Gambar 4	R	.000	74,805	.000	236,923	.000	77,598	.000	80,245
	G	.000	133,758	.000	197,014	.000	91,677	.000	107,461
	B	.000	186,399	.000	217,126	.000	142,054	.000	233,426
Gambar 5	R	.000	88,615	.000	275,429	.000	97,729	0,014	78,622
	G	.000	159,032	.000	240,682	.000	70,616	.000	92,344
	B	.000	221,28	.000	265,925	.000	161,637	.000	219,296

F. Hasil Klasifikasi

Sesuai dengan hasil seleksi atribut diatas, telah dijelaskan bahwa untuk melakukan proses klasifikasi data hanya menggunakan nilai rata-rata G dan B. Hal ini disebabkan, setelah melakukan uji-T pada data nilai rerata RGB, hasilnya menyimpulkan bahwa nilai rata-rata dari R adalah signifikan. Dengan begitu, nilai rata-rata dari R tidak memiliki pengaruh terhadap perbedaan nilai sel berpendar dan tidak pendar.

Metode klasifikasi yang digunakan adalah jarak *Mahalanobis*, dengan metode ini, klasifikasi akan menghasilkan rentang nilai G dan B untuk objek sel berpendar dan tidak pendar. Selain menghasilkan rentang nilai G dan B, jarak *Mahalanobis* juga dapat mendeteksi nilai *outliers* dari

data tersebut. Berikut adalah hasil dari klasifikasi dengan menggunakan jarak *Mahalanobis*

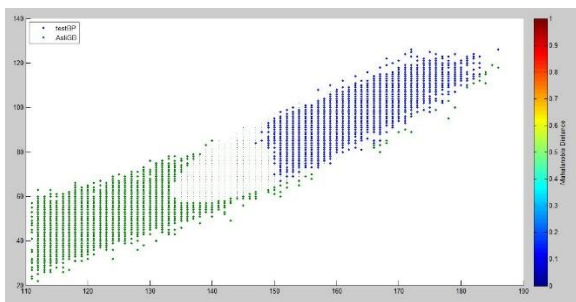
Tabel 4 menunjukkan, rentang nilai yang dimiliki objek berpendar *layer G* adalah 150 – 255, sedangkan untuk *layer B* adalah 50 – 255. Untuk objek tidak pendar nilai *layer G* yang dimiliki adalah 105 – 255, dan rentang nilai pada *layer B* objek tidak pendar adalah 20 – 230.

Hasil klasifikasi dengan menggunakan jarak *Mahalanobis* dengan menggunakan 20 gambar data uji juga disajikan dalam bentuk diagram pula, berikut adalah contoh diagram jarak *Mahalanobis* antara sel berpendar dan tidak pendar.

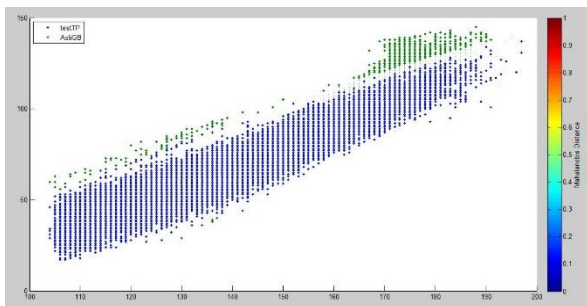
TABLE 4 HASIL KLASIFIKASI MAHALANOBIS

Sampel	Berpendar		Tidak Pendar	
	Layer G	Layer B	Layer G	Layer B
Gambar 1	158 - 255	50 - 190	155 – 255	40 – 170
Gambar 2	160 - 255	50 - 240	155 – 255	40 – 170
Gambar 3	160 - 255	50 - 200	150 – 255	40 – 180
Gambar 4	160 - 255	50 - 225	135 – 255	30 – 150
Gambar 5	155 - 200	75 - 140	105 – 185	20 – 120
Gambar 6	150 - 185	60 - 125	110 – 175	20 – 100
Gambar 7	150 - 180	65 - 130	110 – 175	25 – 115
Gambar 8	160 - 195	60 - 130	110 – 185	20 – 115
Gambar 9	160 - 190	60 - 115	110 – 185	20 – 110
Gambar 10	160 - 190	60 - 120	115 – 185	20 – 110
Gambar 11	185 - 255	60 - 255	175 – 255	50 – 170
Gambar 12	180 - 255	70 - 200	180 – 255	60 – 180

Sampel	Berpendar		Tidak Pendar	
	Layer G	Layer B	Layer G	Layer B
Gambar 13	185 - 255	60 - 225	180 - 255	60 - 180
Gambar 14	180 - 255	70 - 225	180 - 255	60 - 180
Gambar 15	185 - 255	75 - 255	175 - 255	50 - 160
Gambar 16	190 - 255	70 - 255	185 - 255	60 - 190
Gambar 17	170 - 255	50 - 240	155 - 255	30 - 170
Gambar 18	195 - 255	70 - 190	190 - 255	80 - 150
Gambar 19	190 - 255	60 - 255	190 - 255	60 - 230
Gambar 20	185 - 255	60 - 255	185 - 255	60 - 200



Gambar 12 Diagram Klasifikasi Mahalanobis Sel Berpendar



Gambar 13 Diagram Klasifikasi Mahalanobis Sel Tidak Pendar

Menurut Jannah, faktor yang mempengaruhi persebaran data jarak Mahalanobis berbentuk *ellips* adalah nilai penguat yang dimiliki oleh jarak tersebut fleksibel, yaitu nilai varian-kovariansi dari data tersebut [8]. Selain mengukur jarak, metode Mahalanobis juga dapat mendeteksi outliers. Outliers pada data merupakan nilai yang keluar dari himpunan perhitungan jarak Mahalanobis. Pada gambar diatas, data outliers ditandai dengan persebaran data berwarna hijau.

G. Uji Validasi

Setelah melakukan proses klasifikasi dengan menggunakan jarak Mahalanobis, kemudian dilakukan pengujian data uji untuk validasi sistem. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *Single Decision Threshold* dari 20 data uji. Tabel 5 menunjukkan hasil uji validasinya

TABLE 5 UJI VALIDASI SISTEM

Data Uji	TP	FP	FN	TN	Akurasi (%)	Presisi (%)	Recall (%)
Gambar 1	3	0	3	48	94,44	100	50
Gambar 2	3	0	3	38	93,18	100	50
Gambar 3	1	0	0	14	100	100	100
Gambar 4	2	0	0	9	100	100	100
Gambar 5	2	0	1	0	66,67	100	66,67
Gambar 6	6	0	0	0	100	100	100
Gambar 7	5	0	1	0	83,33	100	83,33
Gambar 8	8	0	1	0	88,89	100	88,89
Gambar 9	4	2	0	0	66,67	66,67	100

Data Uji	TP	FP	FN	TN	Akurasi (%)	Presisi (%)	Recall (%)
Gambar 10	6	1	0	2	88,89	85,71	100
Gambar 11	4	0	0	10	100	100	100
Gambar 12	5	0	0	6	100	100	100
Gambar 13	6	0	0	7	100	100	100
Gambar 14	6	0	0	10	100	100	100
Gambar 15	2	0	0	10	100	100	100
Gambar 16	16	0	1	12	96,55	100	94,11
Gambar 17	3	0	0	27	100	100	100
Gambar 18	21	5	0	47	93,15	80,77	100
Gambar 19	16	2	0	18	94,44	88,89	100
Gambar 20	15	3	0	11	89,65	83,33	100
Rata-rata					92,79	91,15	93,05

Tabel diatas merupakan hasil uji validasi sistem dengan menggunakan *Confusion Matrix* dari perbandingan hasil beberapa data uji yang diperoleh sistem dengan hasil yang sebenarnya. Hasil dari masing-masing data memiliki tingkat akurasi, presisi, dan recall yang berbeda-beda. Nilai akurasi merupakan tingkat kesepakatan antara nilai yang diperoleh sistem dan nilai sebenarnya. Sedangkan nilai presisi merupakan tingkat keberagaman yang terletak pada nilai beberapa pengukuran pada faktor yang sama. Setelah mendapatkan nilai akurasi, presisi, dan recall untuk masing-masing data, maka akan dihitung tingkat akurasi, presisi, dan recall untuk keseluruhan sistem. Hasil dari nilai rata-rata akurasi, presisi, dan recall dapat dilihat pada tabel diatas. Tingkat akurasi yang didapatkan sebesar 92,79%, nilai presisinya 91,15%, dan nilai *recall* yang dihasilkan sebesar 93,05%.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan lain yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Mengukur pendaran pada tumbuhan berdasarkan citra mikroskopis digital dengan cara mencari nilai rata-rata RGB dari tiap objek, yaitu sel berpendar dan tidak pendar. Selain itu, untuk membedakan batasan bentuk antara sel berpendar dan tidak pendar digunakan ekstraksi ciri yaitu ciri jumlah area, eccentricity, perimeter, dan circularity.

2) Model matematis yang digunakan untuk merumuskan hasil perbedaan sel tumbuhan berdasarkan citra mikroskopis digital adalah dengan menggunakan jarak Euclidean antara piksel masing-masing objek dengan nilai rata-ratanya. Yang kemudian dilakukan klasifikasi dengan menggunakan metode Mahalanobis.

3) Untuk menghitung ketepatan hasil identifikasi digunakan Mahalanobis sebagai metode klasifikasi dan Confusion Matriks sebagai uji validasi sistem. Dari hasil

confusion matrix tersebut, dicari tingkat keakuratan sistem terhadap nilai sebenarnya

B. Saran

Penulis menyadari adanya banyak kekurangan pada sistem ini, saran yang dibuat berguna untuk mengembangkan sistem untuk peneliti selanjutnya. Penulis memberikan saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu kelompok tidak pendar perlu dipecah antara sel dengan *noise* dan dimodelkan rentang warnanya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung dengan Hibah Kolaborasi Dosen-Mahasiswa dari Prodi Informatika UII dengan nomor kontrak 35.e/Kajur.TF/01/TF/II/2017. Peneliti mengucapkan terima kasih atas bimbingan teknis tentang sel polen yang diberikan oleh Bp. Muryanto dan Bp. Agam (R&D PT East West Indonesia)

REFERENSI

- [1] Shivanna, KR. & Sawhney, VK. (1997). *Pollen biology and pollen biotechnology: an introduction*. Cambridge University Press.
- [2] Borlat, I., & Pirlak, L. (1999). An Investigation on Pollen Viability, Germination and Tube Growth in Some Stone Fruits. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 383-388.
- [3] Darjanto, & Satifah, S. (1984). Pengetahuan Dasar Biologi Bunga dan Teknik Penyerbukan silang Buatan. *Tanaman Pembuahan Bunga*, 151-156.
- [4] Gallette, G. J. (1983). *Methods in Fruit Breeding*. West Lafayette: Purdue University Press.
- [5] Wang, BSP., Charest, PJ., Downie, B. (1993). *Ex situ storage of seeds, pollen and in vitro cultures of perennial woody plant species*. Food and Agriculture Organization of the United Nations
- [6] Pline, WA., Edmisten, KL., Oliver, T., Wilcut, JW., Wells, R., Allen, NS. (2002). Use of digital image analysis,

viability stains, and germination assays to estimate conventional and glyphosate-resistant cotton pollen viability. *Crop Science*, Vol 42 No. 6; 2193-2200

- [7] Huang Y. & Johnson CE. (1996) A Convenient and Reliable Method to Evaluate Blueberry Pollen Viability. *HORTSCIENCE* 31(7):1235.
- [8] Jannah, U. (2010). *Perbandingan Jarak Euclid dan Mahalanobis pada Analisis Cluster Hirarki*. Malang: Universitas Islam Negeri Malang .