

**ANALISIS KESESUAIAN TANAMAN MANGGA (*Mangifera indica* L.)  
MENGUNAKAN MODEL DISTRIBUSI SPASIAL *MAXIMUM*  
*ENTROPY* DI KABUPATEN INDRAMAYU**

Fitri Rizki Amaliah<sup>a</sup>, Yon Sugiarto<sup>a</sup>, Yeli Sarvina<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680, Indonesia

<sup>b</sup> Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, Badan Riset dan Inovasi Nasional, 40135, Indonesia

E-mail addresses: fitrizki.amaliah@gmail.com (F.R. Amaliah), yons@apps.ipb.ac.id (Y. Sugiarto), yeli002@brin.go.id (Y. Sarvina)

**Abstrak**

Kabupaten Indramayu secara konsisten menjadi daerah penghasil mangga terbesar di Jawa Barat. Bahwa budidaya mangga menghadapi tantangan peningkatan suhu dan perubahan pola curah hujan di masa depan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kondisi kesesuaian iklim tanaman mangga di Kabupaten Indramayu saat ini maupun proyeksi tahun 2050 dengan menggunakan pendekatan *Maximum Entropy* umumnya digunakan untuk pemodelan distribusi spasial suatu spesies.. Data kejadian yang digunakan dalam penelitian ini adalah titik koordinat lokasi kebun mangga dipilih berdasarkan tumpang susun agroklimat. Data lingkungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data iklim dari worldclim baik data saat ini maupun data proyeksi. ArcGIS digunakan untuk memvisualisasikan peta kesesuaian iklim keluaran model. Hasil proyeksi pada model memperlihatkan bahwa perubahan iklim mempengaruhi kesesuaian lahan. Distribusi spasial tanaman mangga pada penelitian ini dipengaruhi oleh curah hujan bulan basah. Luas lahan sangat sesuai model iklim CMCC-ESM2 berkurang untuk skenario perubahan iklim SSP 245 dan SSP 585 luas lahan sangat sesuai tidak ada. Berbeda hal dengan model iklim HadGEM3-GC31-LL kelas sesuai bertambah untuk kedua skenario.

**Kata Kunci:** Agroklimat, iklim, Indramayu, mangga, SSP

**1. Pendahuluan**

Mangga (*Mangifera indica* L.) merupakan salah satu buah-buahan yang menyebar luas budidayanya di wilayah tropis dan subtropis (Zhang *et al.* 2022). Negara produsen terbesar produksi mangga di dunia adalah India, Tiongkok, Thailand, Indonesia, dan Pakistan (Thakor 2019). Mangga mampu tumbuh didaerah tropis hingga ketinggian 1.200 diatas permukaan laut (mdpl) dengan produksi buah berlangsung lebih dari tiga bulan (Ramirez *et al.* 2014). Keberhasilan budidaya mangga bergantung pada kondisi lingkungan dan iklim. Indramayu mempunyai iklim tropis, sehingga penting dilakukan mengidentifikasi area yang sesuai untuk budidaya mangga. Periode 2013 – 2021 Kabupaten Indramayu adalah satu-satunya kabupaten yang konsisten masuk

kedalam tiga besar daerah penghasil mangga terbesar di Jawa Barat, Indonesia. Hasil budidaya mangga mempunyai permintaan pasar stabil dengan nilai ekonomi tinggi. Mangga (*Mangifera indica* L.) mempunyai kemampuan beradaptasi lebih luas sehingga menunjang pohon ini bertahan di berbagai zona agroklimat (Salami dan Dalibi 2019). Perubahan iklim dapat mengubah suatu luas lahan dan mempengaruhi ekosistem sehingga berdampak kepada habitat spesies.

Analisis evaluasi kesesuaian bisa dilakukan dengan memanfaatkan sistem informasi geografis (SIG) yang menghasilkan output peta atau gambaran kesesuaian iklim dengan kelebihan mempersingkat waktu dalam menentukan wilayah yang sesuai suatu tanaman (Raobi *et al.* 2021). *Maximum Entropy* adalah salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk pemodelan distribusi spasial suatu spesies (Wibowo *et al.* 2023). Model *Maximum Entropy* (MaxEnt) dipakai untuk memprediksi distribusi spesies berdasarkan kehadiran dan data lingkungan spesies. Pemetaan persebaran mangga belum banyak dilakukan sehingga model MaxEnt digunakan untuk memetakan distribusi habitat yang berpotensi untuk tanaman mangga di Kabupaten Indramayu. Menurut Fitriani *et al.* (2022), pemodelan kesesuaian habitat akan membantu menentukan daerah potensial suatu tanaman untuk budidaya dengan faktor iklim dan lingkungan memiliki peran penting. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian iklim tanaman mangga di Kabupaten Indramayu saat ini maupun proyeksi tahun 2050 dengan menerapkan pendekatan *Maximum Entropy*.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Data

Data peta sebaran mangga didapatkan dari hasil survey keliling Indramayu. Data bioklimatik diunduh dari worldclim versi 2.1 dengan resolusi 30 detik (~1 km<sup>2</sup>). Jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada table 1. Data bioklimatik yang digunakan hanya 10 variabel, hal tersebut sesuai dengan wilayah tropis (Purba *et al.* 2019). Data proyeksi iklim yang menggunakan data *Global Climate Model* (GCMs) CMCC-ESM2, HadGEM3-GC31-LL, serta *Shared Socioeconomic Pathways* (SSPs) 245 dan 585. Hal ini mengacu beberapa penelitian salah satunya Akhter *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa model tersebut cocok untuk buah tropis. Selain itu model ini pernah dilakukan oleh Choudhary *et al.* (2019), untuk tanaman mangga. Kesesuaian iklim tanaman mangga dianalisis menggunakan model *Maximum Entropy* dengan perangkat lunak MaxEnt versi 3.4.1 dan divisualisasikan melalui ArcGIS 10.8.

Tabel 1 Bahan yang digunakan penelitian

No	Jenis Data	Sumber
1	Peta kemiringan lereng	United State Geological Survey (USGS) <a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a>

2	Peta batas administrasi Kabupaten Indramayu	Badan Informasi Geospasial (BIG) <a href="https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web">https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web</a>
3	Peta sebaran tekstur tanah Kabupaten Indramayu	The Digital Soil Map of The World (DSMW) Food and Agricultural Organization (FAO) <a href="http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/">www.fao.org/geonetwork/srv/en/</a>
4	Data iklim Kabupaten Indramayu periode 1970-2000 resolusi 30 detik (~1 km <sup>2</sup> )	Global Climate Data (Worldclim) <a href="http://www.worldclim.org/">www.worldclim.org/</a>
5	Koordinat persebaran mangga	<i>Mobile mapping</i> memakai Avenza dan Google earth
6	Data bioklimatik	Global Climate Data (Worldclim) <a href="http://www.worldclim.org/">www.worldclim.org/</a>
7	Data <i>future climate</i> 2050 resolusi 30 detik (~1 km <sup>2</sup> ) (CMCC-ESM2, HadGEM3-GC31-LL, serta SSPs 245 dan SSPs 585)	Global Climate Data (Worldclim) <a href="http://www.worldclim.org/">www.worldclim.org/</a>

Tabel 2 Variabel bioklimatik worldclim

No	Variabel bioklimatik	Simbol
1	Suhu rata-rata tahunan ( <i>The average annual temperature</i> )	BIO1
3	Suhu musiman ( <i>Temperature seasonality (standard deviation x 100)</i> )	BIO4
4	Suhu rata-rata kuartal terbasah ( <i>Mean temperature of wettest quarter</i> )	BIO8
5	Suhu rata-rata kuartal ( <i>Mean temperature of driest quarter</i> )	BIO9
6	Curah hujan tahunan ( <i>Annual precipitation</i> )	BIO12
7	Curah hujan bulan terbasah ( <i>Precipitation of wettest month</i> )	BIO13
8	Curah hujan bulan terkering ( <i>Precipitation of driest month</i> )	BIO14
9	Curah hujan musiman ( <i>Precipitation seasonality (coefficient of variation)</i> )	BIO15
10	Curah hujan kuartal terbasah ( <i>Precipitation of wettest quarter</i> )	BIO16
11	Curah hujan kuartal terkering ( <i>Precipitation of driest quarter</i> )	BIO17

## 2.2. Analisis Data

Prosedur pertama yang dilakukan, yaitu membuat peta tumpang susun kesesuaian agroklimat. Prosedur berikutnya mencari data kejadian dengan melakukan pengambilan data di lapangan. Setelah itu, mengolah data lingkungan berupa variabel bioklimatik baik saat ini maupun masa depan melalui ArcGis. Data kejadian dan data lingkungan di *running* melalui aplikasi MaxEnt. Proses input data dalam model MaxEnt, yaitu data titik koordinat tanaman mangga (.csv) di tab *samples* dan data lingkungan (.asc) pada tab *environment layers* dengan memilih kategorikal. Visualisasi dalam penelitian

ini menggunakan ArcGis untuk menginterpretasikan lebih lanjut. Gambar 1 memperlihatkan tahapan penelitian.

Tabel 3 Kriteria kesesuaian tanaman mangga (*Mangifera Indica L.*)

Persyaratan	Kelas kesesuaian lahan			
	S1	S2	S3	N
Suhu rata-rata °C*	22 – 28	28 – 34	34 – 40	> 40
Curah hujan (mm)**	1.200 – 2.000	1.000 – 1.200	750 – 1.000	< 750
Kemiringan lereng (%)*	< 8	8 – 15	15 – 30	> 30
Tekstur tanah***	LS, SL, CL, SCL	SC	LC	C

Keterangan : C : *clay* (liat), CL: *clay loam* (lempung berliat), SC : *sandy clay* (liat berpasir), SCL : *sandy clay loam* (lempung liat berpasir), SL: *sandy loam* (lempung berpasir), S1: sangat sesuai, S2: cukup sesuai. S3: sesuai marginal, N: tidak sesuai.

Sumber Djaenudin\*\* *et al.* (2003), Ritung\* *et al.* (2011), dan Olusegun dan Julius (2015).

Tahapan yang dilakukan pada proses ini yaitu tumpang susun atau *overlay* pada beberapa parameter yang dibutuhkan. Proses ini memakai metode perkalian skor setiap parameter menggunakan nilai pembobotan yang berbeda.

Tabel 4 Perhitungan hasil tumpang susun menjadi peta agroklimat

Kelas kesesuaian	Iklm	Tanah	Agroklimat
S1	2,4	1,6	4
S2	$1,8 \leq X < 2,4$	$1,2 \leq X < 1,6$	$3 \leq X < 4$
S3	$1,2 \leq X < 1,8$	$0,8 \leq X < 1,2$	$2 \leq X < 3$
N	$0,6 \leq X < 1,2$	$0,35 \leq X < 0,8$	$1 \leq X < 2$

Keterangan : S1: sangat sesuai, S2: cukup sesuai. S3: sesuai marginal, N: tidak sesuai.

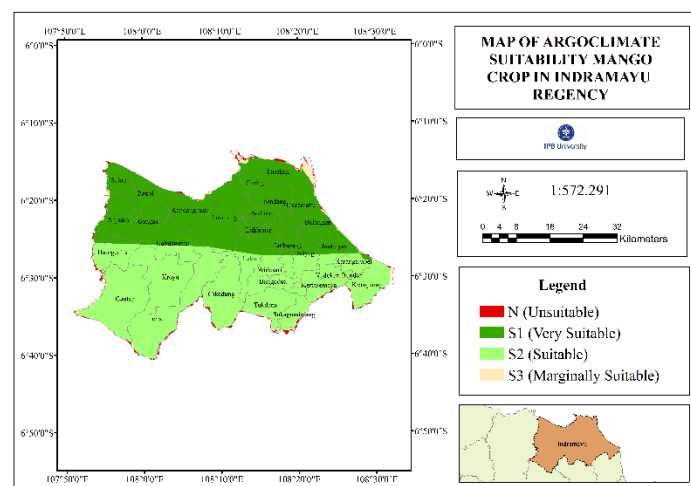
Data kejadian merupakan komponen paling penting dalam membangun model MaxEnt. Data kejadian yang dipakai dalam penelitian ini berupa titik koordinat kebun mangga yang terpilih dengan beberapa kriteria diantaranya kesesuaian agroklimat, luas kebun, dan daerah penghasil mangga terbaik baik kuantitas maupun kualitas. Evaluasi model yang digunakan dalam model MaxEnt yaitu metode *Receiver Operating Curve* (ROC) atau kurva operasi penerima. metode tersebut berdasarkan sensitivitas dan spesifitas. Performa model memperkirakan ketidakhadiran disebut spektivitas sedangkan performa memperkirakan kehadiran disebut sensitivitas. Validasi penting dalam mengidentifikasi akurasi prediksi model distribusi (Hayati *et al.* 2019). Nilai *Area Under Curve* (AUC) hasil menjalankan MaxEnt digunakan sebagai melihat validasi model seberapa layak digunakan. AUC merupakan daerah di bawah ROC. Nilai AUC dipakai untuk melihat performa model, 0.6 – 0.7

kurang baik, 0.7 – 0.8 (sedang), 0.8 – 0.9 (baik), 0.9 – 1 (sangat baik) (Swets 1988). Uji Jackknife digunakan untuk melihat kontribusi variabel lingkungan. Hasil dari *running* model MaxEnt berupa format .asc sehingga diperlukan visualisasi untuk menginterpretasikan hasil yang didapat dari model. Selain itu, untuk melihat rentang nilai dan luas area yang didapat oleh masing-masing kelas. Data hasil MaxEnt di re-klasifikasi dengan nilai batas mengikuti penelitian Anand *et al.* (2021), 0.01 – 0.25 (tidak sesuai), 0.5 – 0.25 (cukup sesuai), 0.5 – 0.75 (sesuai), 0.75 – 1 (sangat sesuai).

### 3. Hasil dan Pembahasan

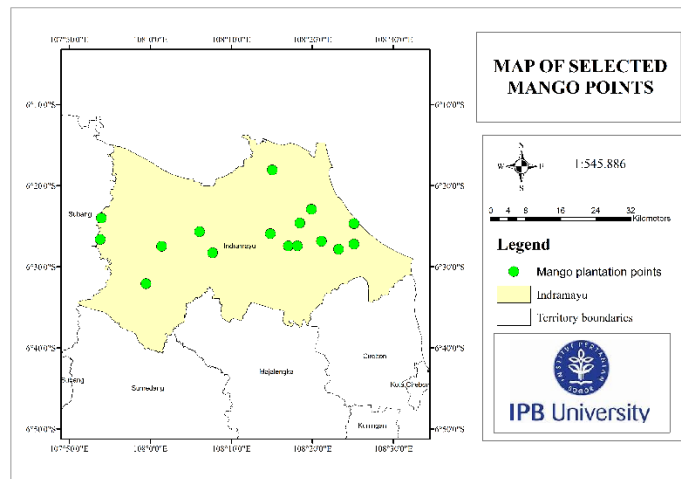
#### 3.1. Identifikasi daerah penghasil mangga

Menurut Philips dan Dudik (2008), data kehadiran atau kejadian berisi sekumpulan koordinat geografis dari lokasi keberadaan yang tercatat setiap spesies bersamaan dengan kumpulan variabel lingkungan untuk masing-masing wilayah. Data kejadian yang dipakai dalam penelitian ini adalah titik koordinat lokasi kebun mangga dipilih berdasarkan peta kesesuaian agroklimat pada gambar 2. Titik yang didapatkan dari hasil survei lapang terdapat 122 titik, dari kesesuaian agroklimat didapatkan 63 kelas S1 dan 59 titik kelas S2. Data kejadian yang digunakan dalam model MaxEnt yaitu 10 titik kelas S1 persentase 15,9% dan 6 titik kelas S2 persentase 10,2%. Persebaran titik tersebut terlihat pada gambar 3.



Gambar 2 Peta kesesuaian agroklimat tanaman mangga Kabupaten Indramayu

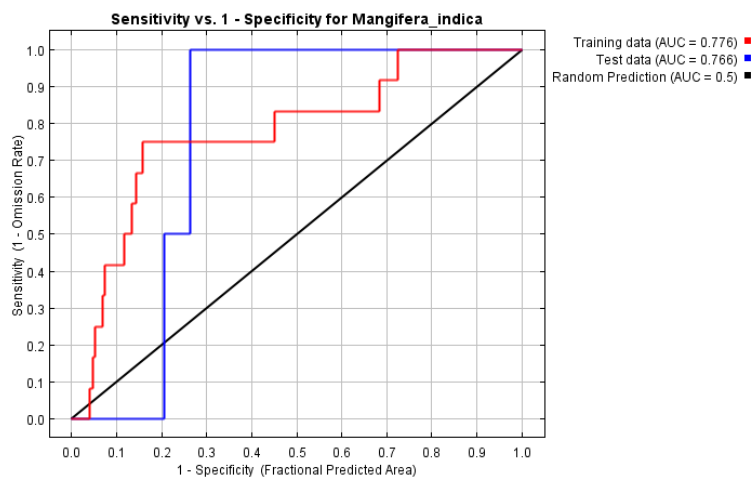
Kelas kesesuaian agroklimat hasil dari *overlay* kelas kesesuaian iklim dan kelas kesesuaian tanah. Hasil analisis kesesuaian agroklimat memperlihatkan kelas kesesuaian agroklimat tanaman mangga di Kabupaten Indramayu didominasi oleh kelas S1 1080.6 Km<sup>2</sup> dan S2 1014.6 Km<sup>2</sup>. Luas lahan hanyalah salah satu faktor pengembangan suatu tanaman (Isnaeni dan Sugiarto 2010). Luasan lahan yang sangat sesuai atau sesuai harus didukung faktor lain seperti jumlah pohon dan pemeliharaan.



Gambar 3 Peta titik koordinat terpilih

Data kejadian yang dipakai dalam penelitian ini adalah titik koordinat lokasi kebun mangga dipilih berdasarkan peta kesesuaian agroklimat. Titik yang didapatkan dari hasil survei lapangan terdapat 122 titik, dari kesesuaian agroklimat didapatkan 63 kelas S1 dan 59 titik kelas S2. Data kejadian yang digunakan dalam model MaxEnt yaitu 10 titik kelas S1 persentase 15,9% dan 6 titik kelas S2 persentase 10,2%.

### 3.2. Evaluasi kinerja model Performa Receiver Operating Characteristic (ROC)

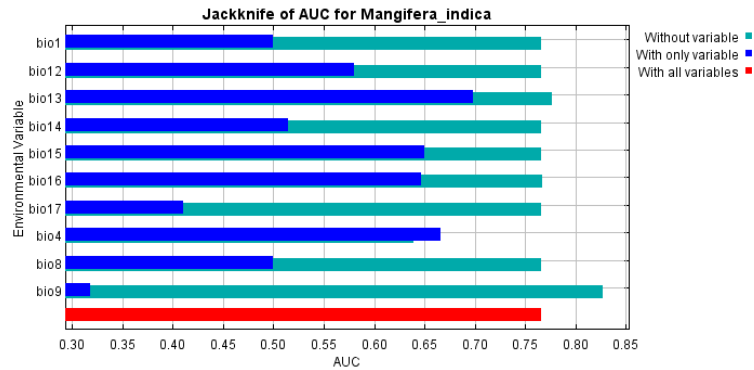


Gambar 4 Kurva ROC model kesesuaian iklim tanaman mangga di Kabupaten Indramayu

Area di bawah kurva atau *Area Under Curve* (AUC) dari hasil kurva operator penerima atau *Receiver Operating Curve* (ROC) dipakai untuk mengevaluasi kinerja model. Hasil menunjukkan bahwa nilai AUC tanaman mangga di Kabupaten Indramayu cukup baik dengan nilai sebesar 0,7 artinya model ini memiliki nilai akurasi yang sedang. Nilai AUC yang memadai cocok

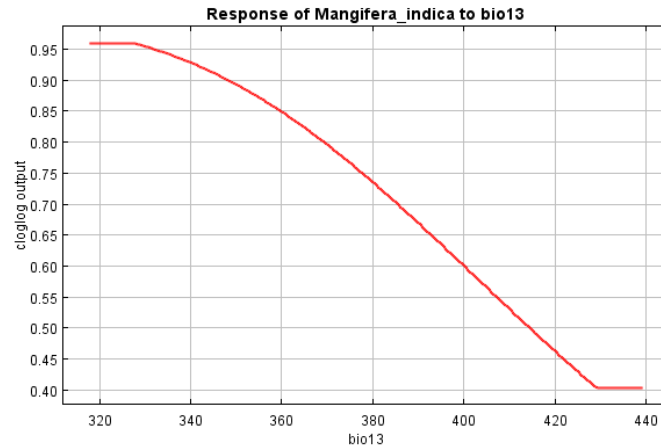
secara klimatik menunjukkan bahwa model MaxEnt dapat diterapkan dalam analisis kesesuaian iklim tingkat kabupaten (Sarvina *et al.* 2021).

### 3.3. Uji Jackknife



Gambar 5 Hasil uji *jackknife* tanaman mangga di Kabupaten Indramayu

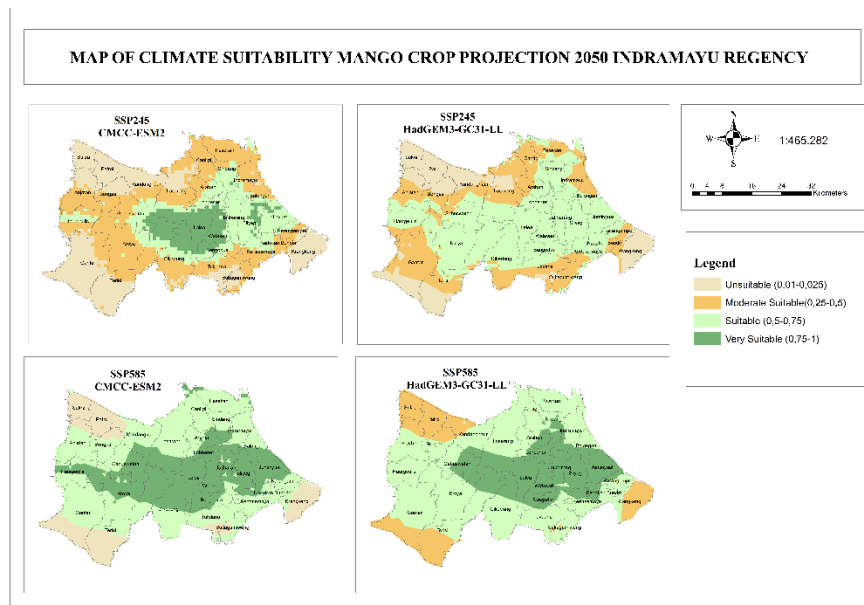
Menurut Worthington *et al.* (2016), metode menyeleksi variabel yaitu uji *jackknife* dilakukan untuk memperoleh variabel paling berpengaruh dalam pemodelan. Variabel yang paling berpengaruh dari hasil uji *jackknife* pada penelitian ini adalah curah hujan bulan basah (BIO13), suhu musiman (BIO4), curah hujan musiman (BIO15), curah hujan kuartal terbasah (BIO16), dan curah hujan tahunan (BIO12). Hasil ini memperlihatkan bahwa curah hujan menjadi penentu probabilitas kesesuaian iklim tanaman mangga di Indramayu.



(a)







(b)

Gambar 7 Peta kesesuaian iklim tanaman mangga (a) saat ini (b) proyeksi tahun 2050

Kesesuaian iklim untuk saat ini pada gambar 7 (a) menunjukkan bahwa tidak ada potensi yang tidak sesuai. Nilai kelas cukup sesuai hasil keluaran model sebesar 0,4 , sesuai 0,5 – 0,7, dan sangat sesuai 0,9. Gambar 7 (b) menunjukkan bahwa proyeksi iklim moderat SSP 245 terdapat perbedaan potensi kesesuaian iklim yang cukup jelas dimana nilai sangat sesuai sebesar 0,8 untuk CMCC-ESM2 dan 0,7 untuk HadGEM3-GC31-LL. Sehingga hal ini mengakibatkan model HadGEM3-GC31-LL untuk SSP 245 tidak ada potensi kesesuaian iklim yang sangat sesuai. Berbeda halnya dengan proyeksi iklim ekstrim SSP 585 untuk CMCC-ESM2 kelas sangat sesuai sebesar 0,9 semakin menyebar ke daerah Indramayu dari barat hingga timur. Model HadGEM3-GC31-LL menunjukkan bahwa potensi kesesuaian iklim sangat sesuai terjadi pergeseran menyempit ke arah Indramayu timur dengan nilai sebesar 0,8. Namun, potensi sesuai semakin menyebar dibandingkan yang lainnya. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Akhter *et al.* (2017), bahwa perubahan iklim berdampak kepada perubahan fenologi, pergeseran habitat, dan kepunahan spesies.

Tabel 5 Luas area kesesuaian iklim tanaman mangga di Kabupaten Indramayu

Kelas Kesesuaian	Saat ini (Km <sup>2</sup> )	SSP 245		SSP 585	
		CMCC -ESM2 (Km <sup>2</sup> )	HadGEM 3-GC31-LL (Km <sup>2</sup> )	CMCC -ESM2 (Km <sup>2</sup> )	HadGEM 3-GC31-LL (Km <sup>2</sup> )
Tidak Sesuai		604,5		384,3	
Cukup Sesuai	627,8	829,2	338,5	652,5	340,8

Sesuai	1042,1	245,6	1085,3	1075,4	1206,0
Sangat Sesuai	441,2	229,0	689,8		566,3

Luas lahan sangat sesuai untuk budidaya mangga saat ini mengalami perubahan signifikan dalam proyeksi iklim. Dengan model CMCC-ESM2, skenario SSP 245 menunjukkan pengurangan sebesar 63,5%, dan pada SSP 585, lahan sangat sesuai bahkan hilang sepenuhnya. Sebaliknya, model HadGEM3-GC31-LL menunjukkan peningkatan luas lahan sangat sesuai sebesar 56,3% untuk skenario SSP 245 dan 28,3% untuk SSP 585. Luas lahan kelas sesuai berkurang cukup drastis pada model CMCC-ESM2 untuk SSP 245 sebesar 27,6%, tetapi hanya sedikit meningkat sebesar 4% pada SSP 585. Model HadGEM3-GC31-LL, luas lahan kelas sesuai meningkat 3% pada SSP 245 dan 15% pada SSP 585. Kelas cukup sesuai dalam model CMCC-ESM2 meningkat signifikan pada SSP 245 sebesar 32%, sedangkan pada SSP 585 hanya naik 3%. Namun, pada model HadGEM3-GC31-LL, luas kelas cukup sesuai justru menurun pada SSP 245 dan SSP 585 masing-masing sebesar 46% dan 45%. Kategori tidak sesuai meningkat hanya dalam model CMCC-ESM2 untuk kedua skenario. Hal ini menunjukkan bahwa sensitivitas dan kerentanan tanaman mangga terhadap perubahan iklim memerlukan penilaian lebih luas dengan berbagai model dan skenario untuk hasil yang lebih akurat.

#### **4. Kesimpulan**

Analisis kesesuaian iklim tanaman di Indramayu dengan memakai model MaxEnt menghasilkan nilai AUC 0,7 artinya kinerja cukup baik sehingga dapat digunakan. Distribusi spasial tanaman mangga pada penelitian ini dipengaruhi oleh curah hujan bulan basah, suhu musiman, curah hujan musiman, curah hujan kuartal terbasah, dan curah hujan tahunan. Perubahan iklim di masa depan dapat mempengaruhi distribusi kesesuaian lahan tanaman mangga. Model iklim CMCC-ESM2 SSP 245 memperlihatkan peningkatan area yang tidak sesuai lebih signifikan dibandingkan SSP 585. Model iklim HadGEM3-GC31-LL memprediksi meningkatkan kesesuaian lahan pada kedua skenario SSP. Pemilihan titik koordinat perkebunan mangga mempengaruhi hasil luaran model.