



## PEMBUATAN BIODEGRADABLE FILM DARI BIJI ALPUKAT (PERSIA AMERICANA): OPTIMASI DENGAN BOX-BEHNKEN DESIGN

**Ansori<sup>a</sup>, Alif Nur Laili Rachmah<sup>a,\*</sup>, Ratri Sekaringgalih<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Institut Teknologi dan Bisnis Muhammadiyah Banyuwangi

Jl. Diponegoro No.60, Dusun Krajan, Genteng Kulon, Genteng, Banyuwangi, Jawa Timur

\*E-mail: alifnurlailirachmah@itbmb.ac.id

Masuk Tanggal : 28 Juli, revisi tanggal: 31 Juli, diterima untuk diterbitkan tanggal : 5 Agustus 2024

### Abstrak

Biji buah alpukat (*persea americana*) mengandung pati yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film*. *Biodegradable film* merupakan plastik yang terbuat dari bahan polimer organik yang cenderung rapuh. Tahapan proses pembuatan *biodegradable film* dari biji buah alpukat adalah pemisahan pati dari biji buah alpukat, proses gelatinasi dan uji degradasi metode *soil burial test*. Pembuatan *edible film* menggunakan proses gelatinasi pada suhu 80 °C, dengan penambahan gliserol (2;2,5;3)%v/v sebagai *plasticizer*, *carboxy methyl cellulose* (CMC) (2;2,5;3)%b/v sebagai *filler*, dan *chitosan* (1;1,5;2)%b/v sebagai pengental. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik, pengaruh gliserol, *carboxy methyl cellulose* (CMC) dan *chitosan* terhadap *biodegradable film* melalui uji degradasi. Kandungan pati pada biji buah alpukat sebesar 73,61% dan amilosa 20,56%, sedangkan karakteristik dari *edible film* paling baik diperoleh pada penambahan CMC 2,5% (b/v), *chitosan* 1,5% (b/v) dan gliserol 2,5% (v/v) yaitu plastik memiliki karakteristik lentur namun tidak mudah robek, mempunyai ketebalan 0.02 in dan kemampuan degradasi sebesar 52,8532%. Kondisi optimum untuk mendapatkan *biodegradable film* dari pati biji alpukat menggunakan metode ekstraksi dengan *box-behnken design* (BBD) adalah konsentrasi penambahan gliserol sebanyak 2,964%v/v, konsentrasi *chitosan* sebanyak 1,560%b/v, dan konsentrasi CMC sebanyak 2,849%b/v. Dimana pada kondisi optimum tersebut, diprediksi %*biodegradable film* maksimum yang diperoleh sebesar 53,113%.

**Kata Kunci:** Box-Behnken design (BBD), Degradasi, Edible film, Gelatinasi, Pati biji alpukat

### Abstract

*Avocado seeds (Persea americana) contain starch which can be used as raw material for making biodegradable film. Biodegradable film is a plastic made from organic polymer materials which tend to be brittle. The stages in the process of making biodegradable film from avocado seeds are separating starch from avocado seeds, the gelatinization process, and degradation testing using the soil burial method. Making Edible Film uses a gelatinization process at a temperature of 80 °C, with the addition of glycerol (2;2.5;3)%v/v as a plasticizer, carboxy methyl cellulose (CMC) (2;2.5;3)%w/v as a filler (1;2)%w/v and chitosan as a thickener. This research aims to determine the characteristics and influence of glycerol, carboxy methyl cellulose (CMC), and chitosan on biodegradable films through degradation tests. The starch content in avocado seeds is 73.61% and amylose 20.56%, while the characteristics of the best edible film are obtained by adding carboxy methyl cellulose CMC 2.5% (w/v), chitosan 1.5% (w/v) and glycerol 2.5% (v/v), namely plastic which has flexible characteristics but does not tear easily, has a thickness of 0.02 in and a degradation capacity of 52.8532%. The optimum conditions for obtaining a biodegradable film from avocado seed starch using the box-behnken design (BBD) extraction method are a glycerol concentration of 2.964% v/v, a chitosan concentration of 1.560% w/v, and a CMC concentration of 1.560% w/v. 2.849%w/v. Where under these optimum conditions, it is predicted that the maximum % of biodegradable film obtained is 53.113%.*

**Keywords:** Avocado seed starch, Box-Behnken design (BBD), Degradation, Edible film, Gelatinization

## 1. PENDAHULUAN

Pengemasan pada makanan dan minuman saat ini sudah menggunakan bahan-bahan yang bervariasi. Salah satu bahan yang paling banyak digunakan yaitu plastik. Plastik adalah tempat yang sering digunakan pada industri makanan ataupun non makanan karena memiliki keunggulan seperti: fleksibel, kuat, ringan, transparan, tidak korosif, dan dapat dikombinasikan dengan bahan lain.

Plastik digunakan sebagai pengemas bersifat tidak dapat terdegradasi (*non-biodegradable*) di lingkungan karena mikroorganisme tidak mampu mengubah dan menyintesis enzim yang khusus untuk mendegradasi polimer berdasar kimia [1]. Bahan polisakarida, protein dan lipid dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan *biodegradable film* [2].

*Biodegradable film* merupakan lapisan tipis menyerupai plastik yang terbuat dari bahan baku yang dapat diperbaharui dan memiliki kegunaan yang sama seperti plastik sintesis atau plastik konvensional, sehingga disebut sebagai bioplastik. *Biodegradable film* merupakan plastik yang ramah lingkungan karena dapat hancur dan terurai secara alami akibat aktivitas mikroorganisme. Salah satu jenis *biodegradable film* terbuat dari komponen karbohidrat. Sumber karbohidrat banyak di temukan pada tumbuhan seperti umbi-umbian dan biji-bijian.

Biji alpukat (*Persea americana*) merupakan tempat cadangan makanan yang mengandung pati. Biji alpukat juga memiliki kandungan kadar air sebesar 10,2%, kadar pati 80,1% [3]. Biji alpukat (*Persea americana*) umumnya diolah untuk dijadikan bioetanol dengan cara fermentasi [4]. Biji alpukat kurang di manfaatkan padahal biji alpukat (*Persea americana*) mengandung banyak pati yang berpotensi untuk menjadi salah satu sumber hidrokoloid dalam pembuatan *biodegradable film*. [5].

Pati banyak digunakan sebagai bahan pembuatan *biodegradable film* karena memiliki karakteristik fisik dan kimia yang baik. Fungsi pati pada *biodegradable film* ialah sebagai pengental dan pengikat karena mengandung amilosa yang bersifat gel dan bersifat lengket, sedangkan amilosa perlukan untuk pembentukan matriks film dan pembentukan gel [6]. *Biodegradable film* dengan bahan polisakarida yang berasal dari pati, selulosa, agar-agar dan karagenan, sedangkan polisakarida yang berasal dari hewan berupa kitin dan *chitosan* umumnya bersifat kaku dan rapuh sehingga jika dimanfaatkan untuk pengemas perlu penambahan *plasticizer* [7].

Karakteristik *biodegradable film* yang baik tidak lepas dari peran *plasticizer* dan *filler*.

Gliserol merupakan *plasticizer* bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk ditambahkan pada bahan pembentuk film yang bersifat hidrofobik seperti pati, pektin, gel, dan protein. Peran gliserol sebagai *plasticizer* dan konsentrasinya meningkatkan fleksibilitas *film* [8]. CMC (*CarboxyMethyl Cellulose*) merupakan *filler* yang berperan sebagai pengental, penstabil emulsi atau suspensi dan bahan pengikat. *Chitosan* merupakan polisakarida yang berperan sebagai bahan pengental, penstabil, pembentuk gel dan pembentuk tekstur. Selain itu, *chitosan* mempunyai sifat dapat membentuk film, tidak suka air (hidrofobik), dapat terdegradasi di alam, tidak beracun, serta dapat meningkatkan transparansi dalam pembuatan edible film [9].

Penelitian menggunakan *plasticizer* berupa gliserol 30% dengan penambahan *polylactic acid* (PLA) dan menggunakan *plasticizer* berupa gliserol dengan penambahan agar-agar dengan perbandingan 4:1 [8]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, kami akan membandingkan pengaruh penambahan *plasticizer* berupa gliserol dan *filler* berupa CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*) serta *chitosan* terhadap *biodegradable film* melalui uji degradasi. Selain itu, optimasi dilakukan untuk beberapa parameter seperti gliserol, *chitosan*, dan CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*) menggunakan metodologi permukaan respons (RSM) tipe Box-Behnken Design (BBD).

## 2. PROSEDUR PERCOBAAN

### 2.1. Ekstraksi pati biji alpukat (*Persea americana*)

Biji alpukat dihaluskan dan diendapkan selama 24 jam untuk memisahkan antara pati dan filtratnya, pati yang sudah di pisahkan dengan filtratnya di oven selama 24 jam dengan suhu 100°C untuk menghilangkan kadar air dalam pati biji alpukat.

### 2.2. Proses Gelatinasi

Pati biji alpukat sebanyak 2 gram dengan penambahan CMC, *chitosan* dan gliserol yang dilarutkan dalam 50 ml. Pengadukan selama 20 menit dengan suhu 80°C, pencetakan menggunakan plat kaca 10 x 10 cm dan pengeringan suhu 80 °C selama 48 jam.

### 2.3. Uji Bio-degradasi

Uji bio-degradasi di lakukan menggunakan metode *soil burial test*. *Film* ukuran 2 cm x 2 cm ditanam di tanah dan diamati tiap 2 hari hingga 2 minggu.

$$\% \text{Biodegradasi} = \frac{\text{berat awal film} - \text{berat akhir film}}{\text{Berat awal film}} \times 100\%$$

(1)

## 2.4. Desain Eksperimental dengan Box-Behnken Design

Metodologi permukaan respons (RSM) dipilih untuk mengoptimalkan parameter proses dan menemukan interaksi beberapa faktor yang mempengaruhinya. Dalam penelitian ini, Box-Behnken Design (BBD) tiga variabel diterapkan untuk menghasilkan 17 percobaan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan rasio gliserol (A), *chitosan* (B), dan CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*) (C) terhadap hasil *biodegradable film* yang diperoleh (Y) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Desain matriks percobaan dilakukan oleh parameter A yang ditetapkan antara 2-3 (%v/v), B antara 1-2 (%b/v), dan C antara 2-3 (%b/v). Perangkat lunak Design-Expert® versi *trial* (Stat-Ease Inc., Minneapolis MN, USA) dipraktikkan untuk mengasumsikan desain eksperimental dan memodelkan data.

Tabel 1. Faktor pada desain eksperimen yang digunakan untuk optimasi dengan BBD

Level	Faktor		
	A (%v/v)	B (%b/v)	C (%b/v)
Minimum	2	1	2
Medium	2,5	1,5	2,5
Maksimum	3	2	3

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi pati biji alpukat (*Persea americana*) yang pertama dilakukan, dimana pati yang telah mengendap berwarna merah kecokelatan. Biji alpukat (*Persea americana*) mengandung senyawa fenolik dopamin (3,4-dihidroksi phenilalanin). Senyawa fenolik menyebabkan warna coklat (*browning*) pada pati, disebabkan adanya reaksi antara oksigen pada fenolik dengan katalis polifenol oksidase secara enzimatis, pencokelatan enzimatis terjadi pada buah-buahan yang banyak mengandung substrat senyawa fenolik [2]. Beberapa senyawa fenolik dapat bertindak sebagai substrat dalam proses pencokelatan enzimatis pada buah-buahan dan sayuran, antara lain katekin, tirosin dan asam kafeat, serta leukoantosianin. Alpukat mengandung senyawa tirosin dan magnesium [7]. Buah dan daun alpukat mengandung saponin, alkaloid, flavonoid, polifenol, dan gula alkohol, sedangkan biji buah alpukat (*persea americana*) mengandung flavonoid, tanin, triterpen dan kuino.

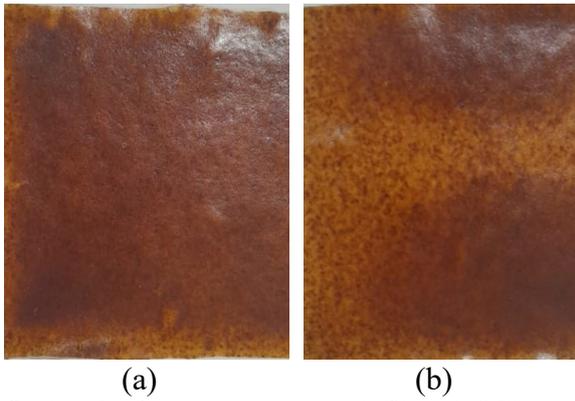
Karakteristik biji alpukat (*Persea americana*) memiliki kadar pati 73,61% dan amilosa 20,56%. Selain itu, identifikasi amilosa dilakukan dengan pengujian 0,1 gram pati ditetesi larutan iodine sebanyak 5 tetes. Pati yang telah ditetesi dengan

iodine berubah warna menjadi biru keunguan. Hal tersebut membuktikan bahwa ada kandungan amilosa di dalamnya. Kadar amilosa ini berperan dalam proses gelatinasi dan menjadi salah satu syarat dalam pembuatan plastik *biodegradable* yang lentur dan kuat [10].

### 3.1. Pengaruh CMC-Gliserol-Chitosan terhadap Biodegradable Film

Pembuatan plastik *biodegradable* dengan bahan baku pati dari biji alpukat (*Persea americana*) dibutuhkan penambahan *plasticizer* dan *filler* untuk memperkuat karakteristik dari plastik *biodegradable*. Beberapa teori menjelaskan mekanisme cara kerja *plasticizer* seperti teori volume bebas yang menjelaskan bahwa *plasticizer* dapat meningkatkan volume bebas yang memungkinkan pergerakan yang lebih leluasa elemen-elemen dari struktur bahan [9]. Mekanisme kinerja *plasticizer* ialah gugus hidroksil -OH dari pati diputus oleh *plasticizer* gliserol sehingga menyebabkan rongga. Rongga tersebut yang bekerja memperbaiki sifat dari *biodegradable film*, seperti kelenturan dan kekuatannya.

Hasil uji bio-degradasi menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi *filler* berbanding lurus dengan %biodegradasi. Semakin banyak konsentrasi *filler*, maka semakin cepat pula proses degradasi. Biodegradasi sampel plastik dari pati biji buah alpukat membutuhkan waktu yang lebih cepat, karena plastik *biodegradable* dibuat dari bahan-bahan alami. Bahan-bahan alami tersebut mudah terdegradasi oleh lingkungan sekitar yaitu tanah. Selain itu, memiliki gugus hidroksil dan gugus sulfat yang memiliki sifat hidrofilik. Kedua gugus tersebut bersifat hidrofilik karena kedua gugus tersebut adalah gugus polar. Kedua gugus tersebut mengikat air yang berada di tanah, sehingga menyebabkan *film* menjadi lembab. Kelembaban tersebut adalah suasana yang cocok untuk menjadi tempat hidup dari mikroba pengurai. Proses degradasi sampah banyak dipengaruhi oleh parameter-parameter pendukung, seperti suhu, pH dan kadar air [11]. Kondisi lingkungan yang optimal sangat dibutuhkan mikroorganisme untuk tumbuh dan melakukan proses penguraian.



Gambar 1. *Biodegradable film* (a) Gliserol 2,5%v/v, Chitosan 1,5%b/v, CMC 2,5%b/v; (b) Gliserol 2%v/v, Chitosan 2%b/v, CMC 2,5%b/v

Gambar 1(a) merupakan *biodegradable film* yang memiliki karakteristik lentur namun tidak mudah robek dengan tingkat degradasi yang tinggi yaitu sebesar 52,8532% pada penambahan Gliserol 2,5%v/v, Chitosan 1,5%b/v dan CMC 2,5%b/v. Sedangkan pada gambar 1(b) merupakan *biodegradable film* yang memiliki karakteristik yang sedikit kaku dan mudah robek dan tingkat degradasi paling rendah yaitu 32,1509% pada penambahan Gliserol 2%v/v, Chitosan 2%b/v dan CMC 2,5%b/v.

### 3.2. Analisis Box-Behnken Design (BBD)

Salah satu jenis RSM adalah BBD yang digunakan untuk mengurangi jumlah percobaan yang diperlukan dalam mengevaluasi berbagai variabel dan interaksinya. Dalam penelitian ini, dipilih BBD karena tingkat kebutuhannya yang lebih sedikit. Setelah memasukkan masing-masing nilai faktor pada perangkat lunak *Design Expert trial version* dengan memilih jenis BBD, maka diperoleh desain eksperimen sebanyak 17 percobaan untuk mendapatkan kondisi *biodegradable film* yang optimum. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ada kontak antara faktor-faktor yang mempengaruhi hasil *biodegradable film*. Model persamaan kuadrat dapat digunakan untuk memprediksi hasil *biodegradable* yang diperoleh agar sesuai dengan respons eksperimental. Berdasarkan desain eksperimen yang telah dilakukan, persamaan hasil *biodegradable* dapat dilihat pada persamaan model *quadratic* sebagai berikut (2):

$$\text{Yield} = 49.30 + 4.85*A + 0.6142*B + 4.14*C + 3.04*AB - 0.0879*AC + 0.8768*BC - 2.53*A^2 - 7.58*B^2 - 3.52*C^2 \quad (2)$$

Analisis varians (ANOVA) dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penting dan interaksi yang mempengaruhi hasil *biodegradable film*. ANOVA telah banyak digunakan oleh para

peneliti untuk analisis grafis data dalam mendefinisikan interaksi antara variabel proses dan respons. Nilai-p digunakan sebagai alat untuk memeriksa signifikansi setiap koefisien dan kekuatan interaksi antara variabel. Signifikansi nilai-F bergantung pada jumlah derajat kebebasan (df) dalam model dan ditunjukkan pada kolom nilai-p (tingkat kepercayaan 95%). Terutama nilai-F yang lebih tinggi dan nilai-P yang lebih kecil ( $\text{Prob} \gg F$ ), menunjukkan efek yang signifikan. Jumlah kuadrat berbanding lurus dengan nilai-F dan berbanding terbalik dengan nilai-p, dimana semakin tinggi jumlah kuadrat maka akan menghasilkan nilai-p yang semakin rendah. Nilai-p  $< 0,05$  menunjukkan bahwa interaksi faktor signifikan sehingga eksperimen dapat dimodelkan secara akurat dan efektif dengan lebih sedikit kesalahan. Hasil analisis ANOVA dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa persamaan tersebut cukup mewakili hubungan aktual antara setiap respons dan variabel signifikan yang mempengaruhi hasil *biodegradable film* [12]–[14].

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa model *quadratic* mempunyai nilai-F 17,09, dimana nilai-p 0,0006 (nilai-p  $< 0,050$ ) yang menyiratkan bahwa model ini signifikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa hanya ada kemungkinan sekitar 0,06%, model nilai-F ini dapat terjadi karena kebisingan (*noise*). Nilai-p yang kurang dari 0,050 menunjukkan istilah model yang signifikan. Dalam hal ini, parameter independen/ linear yang berupa gliserol (A) dan CMC/Carboxy Methyl Cellulose (C) adalah parameter yang menunjukkan efek yang signifikan ( $p < 0,050$ ). Selain itu, interaksi antara gliserol dan chitosan juga menunjukkan efek yang signifikan. Sedangkan parameter kuadrat yang berupa gliserol ( $A^2$ ), chitosan ( $B^2$ ) dan CMC ( $C^2$ ), semua memberikan efek yang signifikan ( $p < 0,050$ ). Hal ini menunjukkan bahwa A, C, AB,  $A^2$ ,  $B^2$ ,  $C^2$  adalah faktor utama yang mempengaruhi hasil *biodegradable film*. Sedangkan parameter lainnya (B, AC, BC) menunjukkan model yang tidak signifikan karena nilai p lebih besar dari 0,100, yang berarti bahwa faktor-faktor ini kurang mempengaruhi hasil *biodegradable film*. Selain itu, *lack of fit* diterapkan untuk mengukur kecukupan model. Dimana *lack of fit* mempunyai nilai-F 0,2716 dengan nilai-p 0,8436 yang menyiratkan bahwa *lack of fit* tidak signifikan karena nilai-p lebih besar dari 0,050. *Lack of fit* yang tidak signifikan menunjukkan bahwa model itu logis dan valid. Hal ini menunjukkan bahwa model cukup akurat untuk memprediksi setiap kombinasi faktor independen dalam rentang penelitian [14]–[18].

Tabel 2. ANOVA untuk model kuadrat permukaan respons (RSM)

Parameter	Jumlah kuadrat	df	Rata-rata kuadrat	Nilai-F	Nilai-P	
Model	716.75	9	79.64	17.09	0.0006	*
A-Gliserol	187.97	1	187.97	40.34	0.0004	*
B- <i>Chitosan</i>	3.02	1	3.02	0.6476	0.4474	**
C-CMC	137.17	1	137.17	29.44	0.0010	*
AB	36.96	1	36.96	7.93	0.0259	*
AC	0.0309	1	0.0309	0.0066	0.9373	**
BC	3.08	1	3.08	0.6600	0.4433	**
A <sup>2</sup>	26.91	1	26.91	5.77	0.0473	*
B <sup>2</sup>	241.65	1	241.65	51.86	0.0002	*
C <sup>2</sup>	52.31	1	52.31	11.23	0.0122	*
Residual	32.62	7	4.66			
Lack of fit	5.52	3	1.84	0.2716	0.8436	**
Pure error	27.10	4	6.77			
Cor total	749.37	16				

\* = signifikan

\*\* = tidak signifikan

Tabel 3. Ringkasan dan statistik yang sesuai dari ANOVA

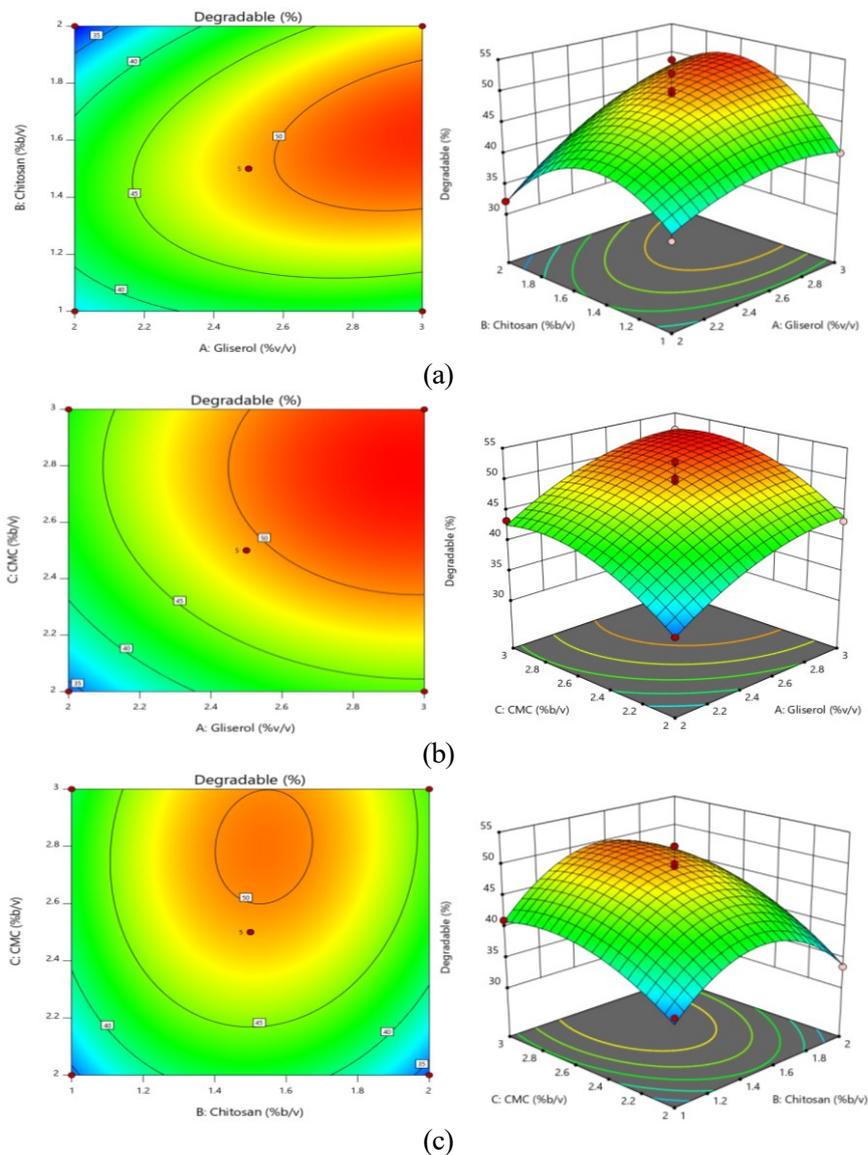
Kecocokan statistik	Hasil
Standar deviasi	2,16
Rata-rata	42,89
Koefisien varian (CV) %	5,03
R <sup>2</sup>	0,9565
Adjusted R <sup>2</sup>	0,9005
Prediksi R <sup>2</sup>	0,8257
Adeq precision	12,2156

Parameter yang digunakan menunjukkan bahwa data aktual dapat dievaluasi atau tidak dengan hasil model statistik yang ditunjukkan pada Tabel 3. Keakuratan atau kualitas model dapat dievaluasi menggunakan koefisien determinasi (R<sup>2</sup>), koefisien determinasi yang disesuaikan (Adj-R<sup>2</sup>) dan *adeq precision*. Model diperoleh dalam Persamaan (2), memiliki nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,9565, hal ini menunjukkan bahwa model yang diusulkan menjelaskan 95,65% dari nilai-nilai eksperimental dan hanya sekitar 4,35% dari total variasi dalam Persamaan (2) yang tidak bisa dijelaskan. Nilai R<sup>2</sup> yang tinggi menunjukkan korelasi yang sangat baik antara nilai respons eksperimental dan prediksi sehingga keandalan model tersebut tinggi dalam memprediksi hasil *biodegradable film*. Sedangkan nilai prediksi R<sup>2</sup> sebesar 0,8257 berada dalam ketetapan yang wajar dengan *adjusted R<sup>2</sup>* sebesar 0,9005; dimana nilai tersebut tidak memiliki perbedaan lebih dari 0,2 yang berarti model yang digunakan sesuai. Selain itu, *adeq precision* > 4 yang menunjukkan sinyal dan model yang memadai dapat digunakan untuk menavigasi desain selanjutnya. Nilai presisi yang memadai (*adeq precision*) sebesar 12,2156 menunjukkan sinyal yang memadai sehingga model tersebut dapat digunakan untuk menavigasi ruang desain [14], [16], [18], [19]. Hal ini membuktikan bahwa model yang baik dan dapat meningkatkan hubungan antara variabel proses pada respons sehingga optimasi dapat diterapkan.

Dalam penelitian ini, untuk menguji pengaruh dari beberapa faktor terhadap respons berupa hasil *biodegradable film*, maka dapat dilihat dari representasi grafik yang dikenal sebagai plot kontur (2-D) dan 3-D. Plot kontur dan 3-D ini diperoleh dari model regresi yang didapat dari persamaan (3) dan ditunjukkan pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan model 2-D dan 3-D dari hubungan antara tiga faktor independen: gliserol (A), *chitosan* (B), dan CMC/*Carboxy Methyl Cellulose* (C) yang mempengaruhi hasil dari *biodegradable film*. Pada Gambar 2(a), ketika plot permukaan respons 2-D dan 3-D dikembangkan untuk hasil *biodegradable* dengan rasio penambahan gliserol dan *chitosan* yang bervariasi pada penambahan CMC 2,5 %b/v. Dimana dalam peningkatan konsentrasi gliserol akan menghasilkan %*biodegradable film* yang lebih tinggi, dimana penambahan *chitosan* antara 1,4-1,8%b/v. Selain itu, interaksi antara gliserol dan *chitosan* (AB) menunjukkan efek yang signifikan terhadap hasil *biodegradable film* (nilai-p 0,0259). Sedangkan Gambar 2(b), menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi gliserol dan *filler* (CMC) akan meningkatkan hasil uji bio-degradasi sehingga %*biodegradable film* yang diperoleh akan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi gliserol dan *filler* (CMC) berbanding lurus dengan %*biodegradable film*. Semakin banyak konsentrasi *filler*, maka semakin cepat pula proses degradasinya. Sedikit perbedaan yang ditunjukkan pada Gambar 2(c), dimana peningkatan konsentrasi *chitosan*, tidak membuat perubahan yang signifikan pada *biodegradable* yang dihasilkan. Sedangkan peningkatan konsentrasi *filler* pada konsentrasi *chitosan* 1,5%b/v akan meningkatkan kualitas dari *biodegradable film* yang terbentuk. Kondisi optimum untuk mendapatkan *biodegradable film* dari pati biji alpukat menggunakan metode

ekstraksi dengan *Box-Behnken design* (BBD) yaitu pada penambahan konsentrasi gliserol sebanyak 2,964 %v/v, konsentrasi *chitosan* sebanyak 1,560 %b/v, dan konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) sebanyak 2,849 %b/v. Dimana pada kondisi optimum tersebut, diprediksi %*biodegradable film* maksimum yang diperoleh sebesar 53,113%. Sedangkan pada jenis

tanaman yang lain seperti jagung ataupun bunga telang diperoleh %*biodegradable* antara 40-66%. Hal ini menjelaskan bahwa tinggi kecilnya %*biodegradable* tergantung dari jenis tanaman/ biji-bijian yang digunakan [20].



Gambar 2. Plot permukaan respons 2-D dan 3-D yang menunjukkan efek interaksi: (a) pengaruh gliserol-*chitosan* terhadap *biodegradable*, (b) pengaruh gliserol-CMC terhadap *biodegradable* dan (c) pengaruh *chitosan*-CMC terhadap *biodegradable*

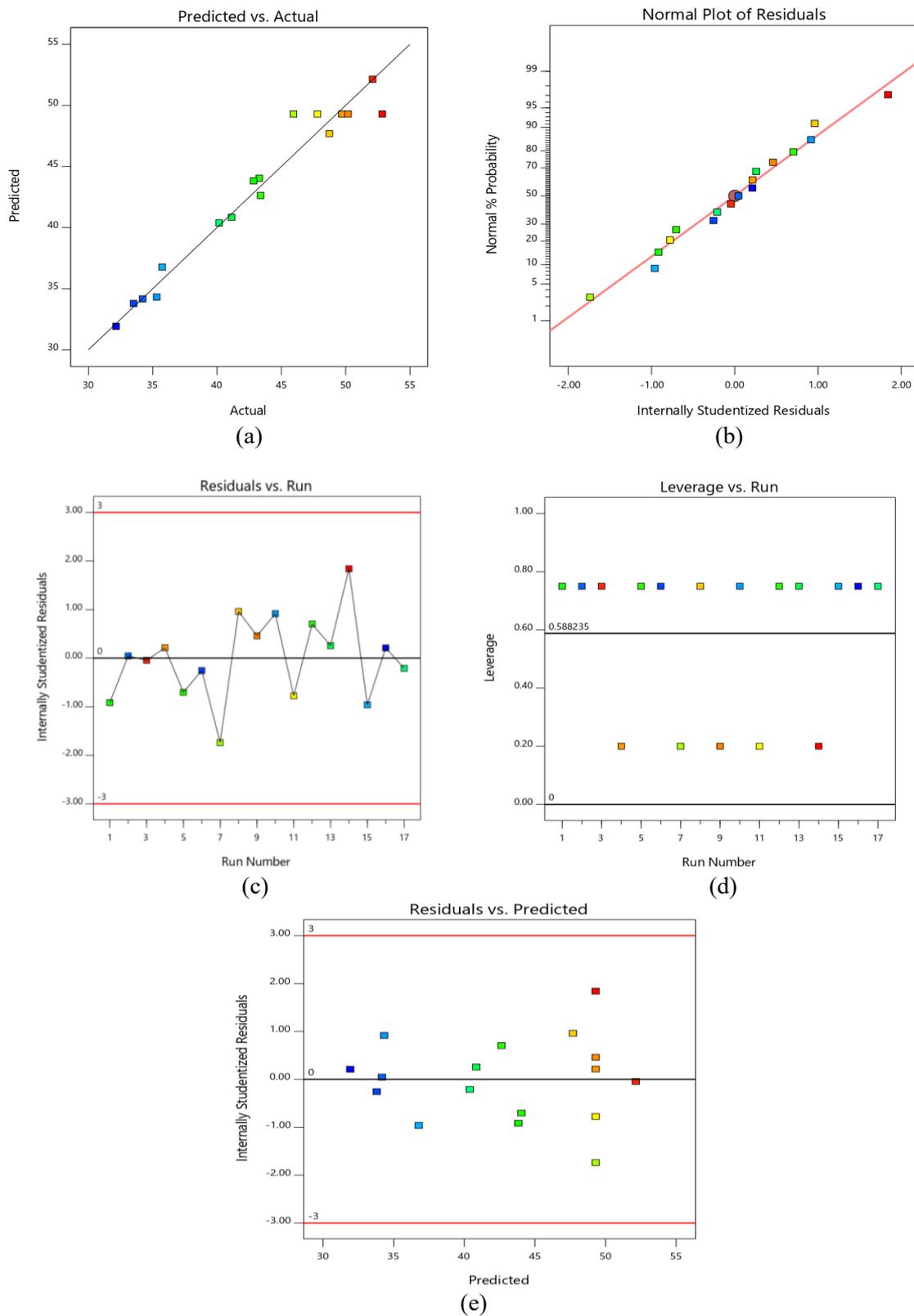
### 3.3. Pemeriksaan Kecukupan Model

Biasanya, untuk memeriksa analisis data eksperimental dan keakuratan model maka dilakukan validasi model dengan pemeriksaan kecukupan. Model matematika yang valid dan sangat akurat akan memberikan pendekatan yang memadai untuk proses yang sebenarnya. Desain dan efek residu untuk data eksperimental dari proses uji *biodegradable* dapat dilihat pada Gambar 3. Plot data aktual versus nilai prediksi *biodegradable film* ditunjukkan pada Gambar 3A.

Data aktual ini adalah data awal yang diperoleh dari percobaan yang dilakukan, sedangkan nilai prediksi diperoleh dari model. Keberadaan titik data di sekitar garis lurus secara keseluruhan menunjukkan bahwa nilainya dekat antara nilai aktual dan nilai prediksi sehingga keandalan model tinggi dalam memprediksi hasil *biodegradable film*. Ini membuktikan bahwa model sangat baik dan dapat meningkatkan hubungan antara variabel proses pada respons sehingga optimasi dapat diterapkan. Gambar 3(b),

menunjukkan plot normal% probabilitas versus *internally studentized residuals* yang merupakan alat diagnostik yang digunakan untuk menyelidiki dan menjelaskan terkait asumsi dari sistem bahwa respons terdistribusi secara normal. Hal ini ditunjukkan dengan nilai-nilai eksperimental terletak secara linear pada garis lurus sehingga tidak ditemukan adanya penyimpangan varians maupun transformasi respons atau masalah dengan normalitas. Oleh karena itu, distribusi normal yang ditunjukkan sudah sangat memuaskan. Sedangkan untuk menganalisis kesesuaian model ditunjukkan oleh plot *run number* versus *internally studentized residuals* (Gambar 3(c)). Dimana pada Gambar 3(c), ditunjukkan bahwa semua titik data eksperimen masih dalam batas antara 0 hingga  $\pm 3$ . Selanjutnya pada Gambar 3(c), ditunjukkan hubungan *leverage* versus *run number*. Dimana semua percobaan yang telah dilakukan masih berada dalam kisaran 0 hingga 1 untuk nilai *leverage*. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada kesalahan yang tak terduga dalam model. Gambar 3E, menunjukkan hubungan antara prediksi versus *internally studentized residuals* untuk proses uji *biodegradable*. Dimana untuk semua nilai respons didapatkan variansinya tetap konstan. Hal ini ditunjukkan dengan distribusi titik yang tersebar penelitian tersebut tanpa memerlukan transformasi variabel respons. Dengan hasil plot yang memuaskan pada Gambar 3, sehingga dapat

disimpulkan bahwa model empiris tersebut cocok untuk menggambarkan dan mengoptimalkan proses pembuatan *biodegradable film* dengan *Box-Behnken design* [12]–[15], [17], [19]. secara acak di sekitar batas antara 0 sampai  $\pm 3$ , yang dapat dilihat pada plot Gambar 3(e). Sehingga model ini sesuai dan dapat digunakan dalam



Gambar 3. Plot diagnostik untuk kecukupan model pada *Box-Behnken design* (BBD)

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, kondisi eksperimental dioptimalkan dengan mengamati efek interaksi antara variabel independen pada pembuatan *biodegradable film* menggunakan metodologi permukaan respons (RSM). *Box-Behnken design* (BBD) telah terbukti efektif dalam

memperkirakan efek dari tiga variabel independen; konsentrasi gliserol, konsentrasi *chitosan*, dan konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) dalam proses pembuatan *biodegradable film* untuk memprediksi kondisi operasional yang optimal. Berdasarkan ANOVA, hasil percobaan menunjukkan bahwa istilah

linear dari dua variabel independen (konsentrasi gliserol dan konsentrasi CMC) dan semua parameter kuadratik memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai respons. Nilai  $R^2$  yang tinggi 95,65% menunjukkan korelasi yang sangat baik antara nilai respons eksperimental dan prediksi sehingga keandalan model tersebut tinggi dalam memprediksi hasil *biodegradable*. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa model yang dihasilkan cocok untuk optimalisasi pembuatan *biodegradable film* dengan desain *Box-Behnken* (BBD). Kondisi optimum untuk mendapatkan *biodegradable film* dari pati biji alpukat menggunakan metode ekstraksi dengan *Box-Behnken design* (BBD) adalah konsentrasi penambahan gliserol sebanyak 2,964 %v/v, konsentrasi *chitosan* sebanyak 1,560 %b/v, dan konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) sebanyak 2,849 %b/v. Dimana pada kondisi optimum tersebut, diprediksi %*biodegradable film* maksimum yang diperoleh sebesar 53,113%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. D. Pérez-Vergara, M. T. Cifuentes, A. P. Franco, C. E. Pérez-Cervera, and R. D. Andrade-Pizarro, "Development and characterization of edible films based on native cassava starch, beeswax, and propolis," *NFS J.*, vol. 21, no. September, pp. 39–49, 2020.
- [2] R. Ramesh, H. Palanivel, S. Venkatesa Prabhu, B. Z. Tizazu, and A. A. Woldesemayat, "Process Development for Edible Film Preparation Using Avocado Seed Starch: Response Surface Modeling and Analysis for Water-Vapor Permeability," *Adv. Mater. Sci. Eng.*, vol. 2021, 2021.
- [3] M. Kaya *et al.*, "Production and characterization of *chitosan* based edible films from *Berberis crataegina*'s fruit extract and seed oil," *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, vol. 45, no. December 2017, pp. 287–297, 2018.
- [4] A. N. L. Rachmah, R. Sekaringgalih, B. Ruliana, and A. Ansori, "Bioethanol From Cheese Waste (Whey) Using *Kluyveromyces Marxianus*," *J. Inov. Pendidik. Dan Sains*, vol. 4, no. 3, pp. 167–171, 2023.
- [5] E. Susilowati and A. E. Lestari, "Preparation of *chitosan*-avocado seed starch (CASS) edible film as jenang dodol packaging," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2194, 2019.
- [6] M. H. S. Ginting, R. Hasibuan, M. Lubis, F. Alanjani, F. A. Winoto, and R. C. Siregar, "Utilization of avocado seeds as bioplastic films filler *chitosan* and ethylene glycol Plasticizer," *Asian J. Chem.*, vol. 30, no. 7, pp. 1569–1573, 2018.
- [7] Suhartini *et al.*, "Synthesis and Characterization of Nano *Chitosan*-Avocado Seed Starch As Edible Films," *J. Kim. Ris.*, vol. 8, no. 1, pp. 49–58, 2023.
- [8] M. Ulum, M. F. F. Mu'tamar, and A. Asfan, "Karakteristik Edible Film Hasil Kombinasi Pati Biji Alpukat (*Persea Americana* Mill.) dan Pati Jagung (*Amilum maydis*)," *Rekayasa*, vol. 11, no. 2, p. 132, 2018.
- [9] R. Ahmadi, A. Kalbasi-Ashtari, A. Oromiehie, M. S. Yarmand, and F. Jahandideh, "Development and characterization of a novel biodegradable edible film obtained from psyllium seed (*Plantago ovata* Forsk)," *J. Food Eng.*, vol. 109, no. 4, pp. 745–751, 2012.
- [10] K. Nisah, "STUDY PENGARUH KANDUNGAN AMILOSA DAN AMILOPEKTIN UMBI-UMBIAN TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK PLASTIK BIODEGRADABLE DENGAN Plastizicer GLISEROL," *J. Biot.*, vol. 5, no. 2, pp. 106–113, 2017.
- [11] A. N. L. Rachmah, A. Fatmawati, and A. Widjaja, "Impact of surfactant-aided subcritical water pretreatment process conditions on the reducing sugar production from oil palm empty fruit bunch," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 963, no. 1, 2022.
- [12] H. S. Kusuma, A. Ansori, and M. Mahfud, "Optimization of Synthesis of Methyl Acetate From Acetic Acid and Methanol Using Microwave-Assisted Esterification," *J. Chem. Technol. Metall.*, vol. 56, no. 4, pp. 686–697, 2021.
- [13] A. Ahmad, K. M. Alkharfy, T. A. Wani, and M. Raish, "Application of Box-Behnken design for ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from *Paeonia emodi*," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 72, pp. 990–997, 2015.
- [14] S. S. Kashyap, P. R. Gogate, and S. M. Joshi, "Ultrasound assisted synthesis of biodiesel from karanja oil by interesterification : Intensification studies and optimization using RSM," *Ultrason. - Sonochemistry*, vol. 50, pp. 36–45, 2019.
- [15] A. Ansori and M. Mahfud, "Box-Behnken Design for Optimization on Biodiesel Production from Palm Oil and Methyl

- Acetate using Ultrasound Assisted Interesterification Method,” *Period. Polytech. Chem. Eng.*, vol. 66, no. 1, pp. 30–42, 2022.
- [16] A. Q. Syafaatullah, D. Setyorini, R. Panjaitan, Y. Variyana, and A. Ansori, “Optimasi ekstraksi minyak biji alpukat dengan pelarut n-hexana,” *J. Teknol. Kim. Miner.*, vol. 2, no. 1, pp. 53–59, 2023.
- [17] A. Ansori and M. Mahfud, “Ultrasound assisted interesterification for biodiesel production from palm oil and methyl acetate: Optimization using RSM,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1747, no. 1, 2021.
- [18] M. Bahadi, M. F. Yusoff, J. Salimon, and D. Derawi, “Optimization of response surface methodology by D-optimal design for synthesis of food-grade palm kernel based biolubricant,” *Ind. Crop. Prod.*, vol. 139, pp. 1–12, 2019.
- [19] H. S. Kusuma, A. Ansori, S. Wibowo, D. S. Bhuana, and M. Mahfud, “Optimization of transesterification process of biodiesel from nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn) using microwave with CaO catalyst,” *Korean Chem. Eng. Res.*, vol. 56, no. 4, pp. 435–440, 2018.
- [20] F. L. Agustina and S. B. Sasongko, “Biodegradation of edible film from corn starch and iota carrageenan with butterfly pea flower extract (*Clitoria ternatea* L),” *World J. Adv. Eng. Technol. Sci.*, vol. 10, no. 02, pp. 265–268, 2023..