

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Alpinia Galanga*

##### 2.1.1 Klasifikasi

Kingdom	: Plantae
Division	: Magnoliophyta
Class	: liliopsida
Order	: Zingiberales
Family	: Zingiberaceae
Genus	: <i>Alpinia</i>
Species	: <i>galanga</i>
Jenis	: <i>Alpinia galanga</i> L. Willd

Sinonim : *Languas galanga* L. Merr, *Alpinia pyramidata* Bl.

(Shahril,2006)



Gambar 2.1 Daun dan rimpang *alpinia galanga*

##### 2.1.2 Morfologi Tanaman

Lengkuas putih merupakan tanaman yang berumur panjang, tinggi sekitar 1 sampai 2 meter, bahkan dapat mencapai 3,5 meter. Lengkuas putih terdiri dari beberapa bagian yaitu batang, daun, bunga, buah dan rimpang (Sinaga, 2009). Batang lengkuas berwarna hijau agak keputih-putihan, tegak, dan tersusun oleh

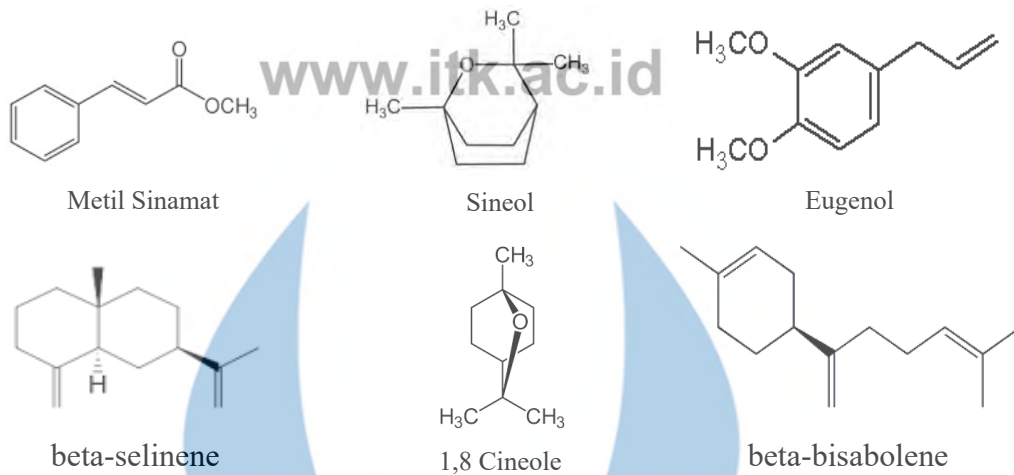
pelepah daun yang membentuk batang semu. Daunnya tunggal, berwarna hijau, berbentuk lanset memanjang, ujungnya runcing, pangkal tumpul, dan daunnya menyirip dengan panjang daun 20-60 cm. Rimpangnya berbentuk silinder dengan diameter sekitar 2-4 cm dan bercabang-cabang, berwarna cokelat agak kemerah-merahan atau kuning kehijauan pucat serta bagian dalamnya berwarna putih (Sinaga, 2009).

### 2.1.3 Kandungan Metabolit

Rimpang lengkuas mengandung kurang lebih 1% minyak atsiri berwarna kuning kehijauan yang terutama terdiri dari metil-sinamat ( $C_{10}H_{10}O_2$ ) 48%, sineol ( $C_{10}H_{18}O$ ) 20%-30%, eugenol ( $C_{10}H_{12}O_2$ ), kamfer ( $C_{10}H_{16}O$ ) 1%, seskuiterpen ( $C_{15}H_{24}$ ),  $\delta$ -pinene ( $C_{10}H_{16}$ ), galangin ( $C_{15}H_{10}O_5$ ), dan lain-lain. Selain itu rimpang juga mengandung resin yang disebut galangol, kritical berwarna kuning yang disebut kaemferida dan galangin, kadinen, heksabidrokadalen hidrat, kuersetin, amilum, beberapa senyawa flavonoid, dan lain-lain. Rimpang lengkuas mempunyai kandungan utama yaitu 1,8 cineole ( $C_{10}H_{18}O$ ), beta-bisabolene dan beta-selinene, sedangkan alpha-selinene, farnesene, garmacrene B, 1,2-benzenedicarboxylic acid dan pentadecane merupakan komponen sekunder (Sookkongwaree dkk, 2006).

## 2.2 Minyak Lengkuas

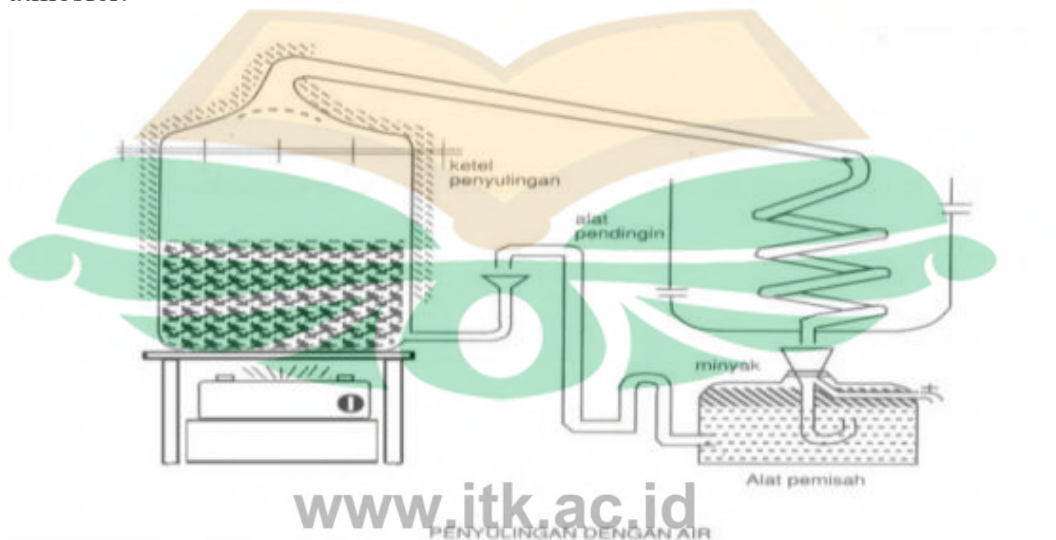
Minyak lengkuas diproduksi dari rimpang segar atau kering. Rimpang lengkuas mengandung minyak esensial hingga 1,5% yang terdiri 1,8 cineole, alpha-pinene, eugenol, camphor, metil sinamat dan seskuiterpen. Dalam lengkuas kering, minyak lengkuas memiliki komposisi yang berbeda secara kuantitatif dari pada yang segar. Sedangkan alpha-pinene, 1,8-cineol, alpha-bergamotene, trans-beta-farnesene dan beta-bisabolene lebih berkontribusi untuk rasa lengkuas segar, rimpang lengkuas kering menunjukkan variasi aroma komponen lebih sedikit (cineol dan farnesene, sebagian besar). Resin menyebabkan rasa pedas (dahulu disebut galangol atau alpinol) terdiri dari beberapa arylheptanoids dan fenilalkanon. Selain itu, rimpang lengkuas banyak mengandung banyak pati. Ada beberapa teknik yang digunakan untuk mendapatkan minyak lengkuas. Yang paling populer tekniknya adalah distilasi air dan destilasi uap (Shahril, 2006).



Gambar 2.2 Struktur kimia komponen utama minyak atsiri rimpang lengkuas (*alpinia galanga*)

### 2.3 Prinsip Distilasi Hidro (*Hydrodistillation*)

Selama penyulingan hidro, air dan minyak atsiri membentuk sistem heterogen cairan tidak larut. Dengan prinsip distilasi cairan yang saling larut, total tekanan uap campuran pada titik didihnya akan sama dengan jumlah parsialnya tekanan uap. Oleh karena itu, tekanan uap yang diberikan oleh masing-masing komponen kurang dari tekanan uap jika ada sendiri pada titik didihnya. Oleh karena itu, suhu mendidih untuk cairan dua fase akan selalu lebih rendah dari titik didih salah satu cairan murni pada tekanan total yang sama. Jadi, dalam kasus minyak atsiri, konstituen Senyawa didestilasi pada suhu di bawah 100 °C ketika direbus dengan air di tekanan atmosfer.





Gambar 2.3. Skema peralatan hidrodistilasi

Destilasi air, dalam metode ini, bahan baku yang akan didistilasi dibebankan dalam diam. Air ditambahkan untuk merendam muatan, meninggalkan ruang uap yang cukup. Kuantitas air harus memadai agar bahan dapat bergerak bebas dalam air mendidih, sehingga menghindari pemanasan berlebih yang terlokalisasi dan selanjutnya pengikisan material. Air direbus di bawah api langsung atau dengan jaket uap atau koil uap tertutup. Mungkin perlu menambahkan lebih banyak air saat distilasi berlangsung untuk mencegah bahan kering terkena pemanasan langsung. Uapnya terkondensasi dan minyak dipisahkan dari air, mengambil keuntungan dari sifat tidak bercampur timbal balik dan perbedaan dalam gravitasi spesifik. Metode ini biasanya digunakan di mana bahan baku cenderung menggumpal dan membentuk gumpalan kompak yang besar yang tidak dapat ditembus oleh uap (Shahril, 2006).

#### 2.4 **Pemodelan Kinetika pada Proses Ekstraksi**

Pada penelitian ini pemodelan kinetika untuk ekstraksi minyak lengkuas hidrodistilasi dilakukan menggunakan model orde satu dan orde dua. Dimana nantinya dapat diketahui model kinetika yang sesuai dengan hasil eksperimen untuk ekstraksi minyak lengkuas dengan metode hidrodistilasi.

##### 2.4.1. Model *Simultaneous Washing, Unhindered Diffusion* dan *Hindered Diffusion*

Model kinetika untuk distilasi menggunakan bejana dengan sistem *batch* berdasarkan penelitian terdahulu telah dibuat dengan kondisi bahan tanaman terendam oleh air dan dipanaskan dengan cara konvensional. Kemudian air akan menguap pada titik didih air dengan tekanan atmosferik. Uap air tersebut akan membawa komponen minyak atsiri dari tanaman dan didinginkan kedalam kondensor masuk menuju separator. Ekstraksi tersebut diasumsikan terjadi melalui 3 tahapan proses yang berjalan secara simultan. Komponen minyak atsiri terdapat pada 2 lokasi yaitu pertama berada di permukaan tanaman dan sisanya terdistribusi di dalam tanaman. Komponen minyak pada permukaan tanaman akan diekstraksi secara cepat tahap ini disebut "*washing stage*". Kemudian bagian minyak yang

terdapat didalam jaringan tanaman yang belum rusak maupun telah rusak melalui proses *pre-treatment* akan diekstrak secara difusi baik difusi “*unhindered*” maupun “*hindered*”. Proses difusi ini akan menjadi signifikan dan mengendalikan proses ekstraksi dikarenakan berlangsung lama hingga akhir proses ekstraksi. Secara teori difusi *unhindered* berlangsung lebih cepat jika dibandingkan dengan difusi *hindered* ditandai dengan nilai konstanta yang diperoleh. Ketiga mekanisme tersebut disebut sebagai model *simultaneous washing*, *unhindered diffusion* dan *hindered diffusion* memenuhi hukum orde 1 dengan minyak atsiri sebagai komponen didalam tanaman sebagai berikut :

$$-\frac{dq_p}{dt} = k \cdot q_p \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana  $q_p$  merupakan yield rata rata dari minyak atsiri yang terkandung didalam tanaman (gram/gram berat kering) pada waktu  $t$ , dan  $k$  merupakan laju konstanta proses ekstraksi. Kemudian model pada persamaan 1 dikembangkan agar dapat digunakan sebagai kinetika hidrodistilasi dengan menambahkan beberapa asumsi proses (Milojević dkk., 2013).

- Minyak atsiri merupakan *pseudo single component*
- Distribusi partikel minyak atsiri diasumsikan homogen dan seragam
- Partikel minyak atsiri diasumsikan berada pada kondisi isotropik dimana memiliki dimensi yang sama dan tidak terjadi perubahan ukuran dan bentuk selama proses ekstraksi
- Jumlah minyak atsiri yang dapat ter ekstraksi sejulah dengan jumlah minyak yang terkandung didalam tanaman hingga proses mencapai kesetimbangan  $t = 0, q_p = q_\infty$ .
- Fraksi minyak yang dapat di ekstraksi terdiri dari 3 fraksi berdasarkan ketika mekanisme yang berlaku yaitu  $f_w, f_{d1}$ , dan  $f_{d2}$  sebafraksi *washing*, *unhindered diffusion*, dan *hindered diffusion* diasumsikan konstan
- Laju konstanta untuk tahap *washing* ( $k_w$ ), *unhindered diffusion* ( $k_{d1}$ ), dan *hindered diffusion* ( $k_{d2}$ ) diasumsikan konstan.
- Tidak ada hambatan/tahanan terhadap perpindahan massa dari minyak atsiri dari permukaan luar
- Yield berupa jumlah minyak yang diperoleh dalam separator dibagi dengan massa bahan masuk

Untuk  $t = 0$ ,  $q_p = q_\infty$ , integral dari persamaan 2.1 pada tahap *washing*, *unhindered diffusion*, dan *hindered diffusion* adalah sebagai berikut:

$$\frac{q_{p,w}}{q_\infty} = e^{-k_w.t} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\frac{q_{p,d1}}{q_\infty} = e^{-k_{d1}.t} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\frac{q_{p,d2}}{q_\infty} = e^{-k_{d2}.t} \dots\dots\dots (2.4)$$

Kemudian berdasarkan asumsi yang telah disepakati maka jumlah minyak atsiri yang terdapat didalam tanaman pada waktu  $t$  adalah sebagai berikut:

$$\frac{q_p}{q_\infty} = f_w \cdot e^{-k_w.t} + f_{d1} \cdot e^{-k_{d1}.t} + f_{d2} \cdot e^{-k_{d2}.t} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$f_w + f_{d1} + f_{d2} = 1 \dots\dots\dots (2.6)$$

Maka sejumlah minyak atsiri yang terekstraksi hingga waktu  $t$ ,  $q = q_\infty - q_p$

$$\frac{q}{q_\infty} = 1 - f_w \cdot e^{-k_w.t} - f_{d1} \cdot e^{-k_{d1}.t} - f_{d2} \cdot e^{-k_{d2}.t} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$q = q_\infty(1 - f_w \cdot e^{-k_w.t} - f_{d1} \cdot e^{-k_{d1}.t} - f_{d2} \cdot e^{-k_{d2}.t}) \dots\dots\dots (2.8)$$

(Marković dkk., 2019)

Persamaan 2.8 merupakan persamaan yang menggambarkan variasi minyak atsiri dari tanaman dengan proses distilasi pada penelitian ini disebutkan sebagai model *simultaneous washing*, *unhindered diffusion* dan *hindered diffusion*.

#### 2.4.2. Model *Simultaneous Washing* dan *Diffusion*

Dengan menggunakan asumsi yang sama maka apabila mekanisme *hindered diffusion* dapat diabaikan maka persamaan 2.7 dapat disederhanakan menjadi persamaan 2.9 pada model *simultaneous washing* dan *diffusion* sebagai berikut:

$$\frac{q}{q_\infty} = 1 - f_w \cdot e^{-k_w.t} - (1 - f_w) \cdot e^{-k_{d1}.t} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$q = q_\infty [1 - f_w \cdot e^{-k_w.t} - (1 - f_w) \cdot e^{-k_{d1}.t}] \dots\dots\dots (2.10)$$

(Marković dkk., 2019)

#### 2.4.3. Model *Instantaneous Washing* dengan Difusi

Pada model *instantaneous washing* dengan difusi masih sama menggunakan asumsi permodelan pada model *simultaneous washing*, *unhindered diffusion* dan *hindered diffusion* namun secara persamaan menjadi lebih ringkas dikarenakan



proses *washing* terjadi secara instan/cepat sehingga pada model *instantaneous washing* dengan difusi dari persamaan 2.9 menjadi persamaan 2.11 sebagai berikut:

$$\frac{q}{q_{\infty}} = 1 - (1 - f_w) \cdot e^{-k_{d1} \cdot t} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$q = q_{\infty} [1 - (1 - f_w) \cdot e^{-k_{d1} \cdot t}] \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana pada model *instantaneous washing* dengan difusi  $k_w$  menjadi tak hingga ( $k_w \rightarrow \infty$ ) (Marković dkk., 2019).

**2.4.4. Model Diffusion tanpa Washing**

Pada model *diffusion* tanpa *washing* masih sama menggunakan asumsi permodelan pada model *simultaneous washing*, *unhindered diffusion* dan *hindered diffusion* namun secara persamaan menjadi lebih ringkas dikarenakan proses *washing* tidak terjadi sama sekali pada model ini sehingga persamaan 2.11 menjadi persamaan 2.13 sebagai berikut:

$$\frac{q}{q_{\infty}} = 1 - e^{-k_{d1} \cdot t} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$q = q_{\infty} [1 - e^{-k_{d1} \cdot t}] \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana pada model *diffusion* tanpa *washing*  $k_w$  menjadi tak hingga ( $k_w \rightarrow \infty$ ) dan  $f_w = 0$  (Marković dkk., 2019)

**2.4.5. Model 2<sup>nd</sup> Order**

Persamaan *2<sup>nd</sup> order* (kinetika orde dua) untuk laju ekstraksi menurut (Marković dkk., 2018) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2 (q_s - q_t)^2 \dots\dots\dots (2.15)$$

dimana  $k_2$  ( $g \cdot g^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) adalah konstanta laju ekstraksi untuk orde dua. Dengan melakukan pengelompokan variabel pada Persamaan (2.15) didapatkan:

$$\frac{dq_t}{(q_s - q_t)^2} = k_2 dt \dots\dots\dots (2.16)$$

Selanjutnya Persamaan (2.8) dapat diperoleh dengan cara mengintegrasikan Persamaan (2.5) menggunakan kondisi batas  $q_t = 0$  pada  $t = 0$  dan  $q_t = q_t$  pada  $t = t$  dan dengan melakukan penataan ulang sebagai berikut:

$$\frac{1}{(q_s - q_t)} - \frac{1}{q_s} = k_2 t \dots\dots\dots (2.17)$$

$$q_t = q_s - \frac{q_s^2}{(1 + q_s k_2 t)} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$q_t = \frac{q_s^2 k_2 t}{(1 + q_s k t)} \dots \dots \dots (2.19)$$

Persamaan (2.19) adalah hukum laju ekstraksi terintegrasi untuk orde dua dan dapat diubah lagi menjadi bentuk linier sebagai berikut:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{(q_s^2 k_2)} + \frac{t}{q_s} \dots \dots \dots (2.20)$$

Laju ekstraksi (qt/t) dapat diperoleh dari Persamaan (2.20) sebagai berikut:

$$\frac{q_t}{t} = \frac{1}{\left(\frac{1}{q_s^2 k_2}\right) + \frac{t}{q_s}} \dots \dots \dots (2.21)$$

dan laju awal ekstraksi h, dengan qt = t ketika t mendekati 0, dapat didefinisikan sebagai:

$$h = q_s^2 k_2 \dots \dots \dots (2.22)$$

Persamaan (2.19) dapat diubah lagi sehingga akhirnya didapatkan:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{h} + \frac{t}{q_s} \dots \dots \dots (2.23)$$

Laju awal ekstraksi h, kapasitas ekstraksi qs, dan konstanta laju ekstraksi untuk orde dua k2 dapat ditentukan secara eksperimental dari slope dan intercept dengan cara membuat plot antara t/qt dengan t.

#### 2.4.6. Corrected Akaike Information Criterion (AICc)

*Corrected akaike information criterion* (AICc) digunakan sebagai metode dalam memilih model terbaik dari kelima model kinetika yang terdiri dari beberapa parameter yang berbeda-beda dan dibandingkan dari data penelitian yang sama. Berikut merupakan persamaan dari AICc.

$$AIC = n \cdot \log(\hat{\sigma}^2) + 2K \dots \dots \dots (2.24)$$

$$AICc = AIC + \frac{2k(K+1)}{n-K-1} \dots \dots \dots (2.25)$$

Dimana AIC merupakan *Akaike information criterion* dengan  $\hat{\sigma}$  sebagai RSS/n s estimasi *maximum likelihood*, n merupakan ukuran dari banyaknya data sampel dan K adalah nilai dari 2 + jumlah parameter yang tidak diketahui pada model. Nilai tersebut akan digunakan sebagai informasi dalam membandingkan model yang ada dengan nilai yang tidak absolut sehingga dapat bernilai negatif maupun positif. Jika n lebih besar dibandingkan nilai K, AIC *correction* dapat diabaikan. Sehingga dalam beberapa kasus dengan jumlah data yang sedikit AICc lebih baik digunakan dibandingkan dengan AIC. Berdasarkan *rule of thumb* kondisi tersebut dapat



terpenuhi apabila  $n/K < 40$ . Adapun model yang terbaik akan memiliki nilai AICc yang paling minimum (Marković dkk., 2019)

## 2.5 Model Optimasi Proses

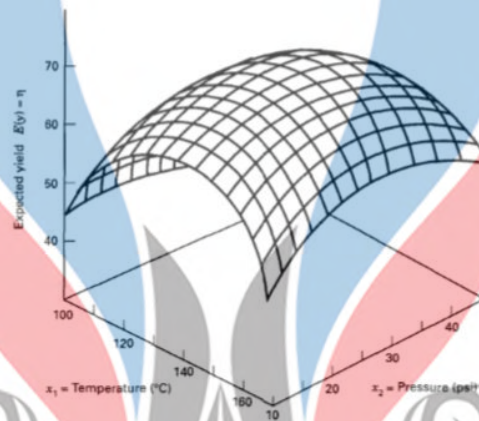
Optimasi adalah proses untuk mendapatkan kondisi yang diperlukan untuk mendapatkan hasil terbaik dalam situasi tertentu. Berdasarkan pendekatan normatif, dapat diketahui bahwa optimasi mengindikasikan penyelesaian terbaik dari suatu masalah yang diarahkan pada tujuan memaksimalkan atau meminimalkan melalui fungsi tujuan (Melati, 2012). Beberapa metode optimasi yang sering digunakan yaitu metode *Response Surface Methodology (RSM)* dan Metode Taguchi (Hadiyat, 2012). Metode Taguchi digunakan untuk mencari faktor level atau parameter produksi yang dapat meminimalkan respon, pada metode ini dihitung rasio signal terhadap *noise* (SNR) untuk mengidentifikasi level parameter yang dapat dikendalikan sehingga diperoleh proses produksi yang *robust* atau tidak sensitif terhadap gangguan yang tidak dapat dikendalikan atau *noise* (Juwono, 2007). Pada metode Taguchi terdapat kelemahan pada saat *noise* atau SNR mengukur pengaruh faktor terhadap rata-rata respon dan standar deviasi secara simultan. Bila sebuah faktor berpengaruh terhadap variansi dan juga rata-rata respon, maka nilai SNR yang besar tidak menjamin variabilitas yang kecil, oleh karena itu perlu dilihat faktor mana yang berpengaruh terhadap variansi dan rata-rata. Dengan adanya kekurangan dari SNR itu, maka dicari dengan alternatif lain menggunakan *Response Surface Methodology (RSM)* yang dapat mereproduksi model dari analisis dengan metode Taguchi dan selanjutnya dilakukan optimasi (Juwono, 2007).

Menurut Montgomery (2001), *Response Surface Methodology (RSM)* atau Metode Permukaan Respon adalah sekumpulan metode-metode matematika dan statistika yang digunakan dalam pemodelan dan analisis, yang bertujuan untuk melihat pengaruh beberapa variabel kuantitatif terhadap suatu variabel respon dan untuk mengoptimalkan variabel respon tersebut. Sebagai contoh, akan dicari level-level dari suhu ( $x_1$ ) dan tekanan ( $x_2$ ) yang dapat mengoptimalkan suatu hasil produksi ( $y$ ). Hubungan variabel-variabel tersebut dapat dituliskan dalam sebuah persamaan sebagai berikut :

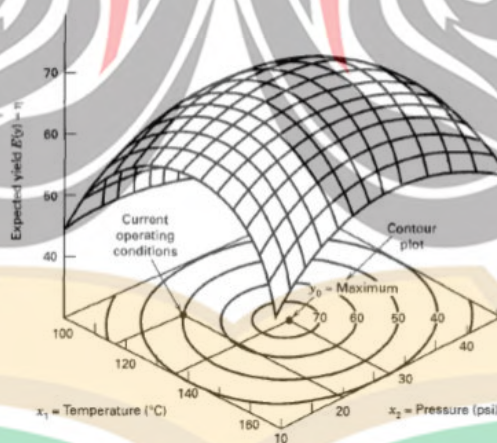
$$y = f(x_1 + x_2) + \varepsilon \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana  $\epsilon_i$  merupakan error pengamatan pada respon  $y$ .

Pada umumnya, permukaan respon digambarkan dengan sebuah grafik, seperti yang tampak pada Gambar 2.2 Untuk membantu visualisasi dari bentuk permukaan plot, sering digunakan kontur dari permukaan respon, seperti yang terlihat pada Gambar 2. Pada kontur tersebut, garis respon yang konstan berada pada permukaan datar ( $x_1, x_2$ ), sedangkan garis respon yang lain berada pada permukaan lengkung di atasnya.



Gambar 2.4 Ilustrasi plot permukaan respon



Gambar 2.5 Ilustrasi plot kontur *response surface*

Permasalahan umum pada metode permukaan respon adalah bentuk hubungan antara variabel respon dengan variabel independen tidak diketahui. Oleh karena itu, langkah pertama dalam metode permukaan respon adalah mencari bentuk hubungan antara respon dengan beberapa variabel independen melalui pendekatan yang sesuai. Bentuk hubungan antara respon dengan variabel

independen adalah fungsi linier, pendekatan fungsinya disebut *first-order model*, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan berikut

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k + \epsilon_i \dots \dots \dots (2.27)$$

Jika bentuk hubungannya merupa kan kuadrat, maka untuk pendekatan fungsinya digunakan derajat polinomial yang lebih tinggi yaitu *second-order model*

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_{ix}x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{iix}x_i^2 + \dots + \sum_{i < j} \beta_{ijx}x_ix_j + \epsilon \dots (2.28)$$

Untuk *response surface* yang berorde dua, rancangan percobaannya menggunakan *central composite design* (CCD) atau *box-behnken design* yang memerlukan jumlah unit percobaan lebih banyak dari pada rancangan  $2^k$  faktorial (*response surface* berorde satu). Jika fungsi yang terbentuk merupakan fungsi yang berorde dua maka yang perlu diperhatikan selanjutnya adalah sifat percobaannya, apakah *sequential* atau *non-sequential*. Jika sifat percobaannya merupakan percobaan *sequential*, maka digunakan *central composite design* (CCD), namun jika percobaan tersebut bersifat *non-sequential* maka digunakan *box-behnken design* (Myers 1971).

### 2.5.1. *Central Composite Design* (CCD)

*Central composite design* merupakan sebuah perancangan percobaan yang terdiri dari rancangan  $2^k$  faktorial dengan ditambah beberapa *center runs* dan *axial run* (*star run*) (Vardeman, 1998). Pada *central composite design* (CCD), agar kualitas dari prediksi menjadi lebih baik, maka rancangannya selain memiliki sifat ortogonal juga harus rotatable. Suatu rancangan dikatakan *rotatable* jika ragam dari variabel respon yang diestimasi, ragam dari , merupakan fungsi dari  $x_1, x_2, \dots, x_k$  yang hanya bergantung pada jarak dari pusat rancangan dan tidak bergantung dari arahnya (letak titik percobaan). Dengan kata lain ragam dari variabel respon yang diduga sama untuk semua titik asalkan titik-titik tersebut memiliki jarak yang sama dari pusat rancangan (*center runs*).

### 2.5.2. *Box-Behnken Design* (BBD)

Salah satu perbedaan *box-behnken design* dengan *central composite design* yaitu pada *box-behnken* tidak adanya *axial/star runs* pada perancangannya. Hal itu menyebabkan *box-behnken* lebih efisien dalam rancangannya karena melibatkan



lebih sedikit unit percobaan. Pada dasarnya *box-behnken* dibentuk berdasarkan kombinasi rancangan  $2^k$  dengan *incomplete block design* dengan menambahkan *center run* pada rancangannya (Khuri, 1987).

*Box-behnken* merupakan desain terbaik untuk metodologi permukaan respon karena BBD memungkinkan untuk melakukan estimasi parameter model kuadratik dan mendeteksi kekurangan model tersebut. Perbandingan antara desain *box-behnken* dengan desain permukaan respons lainnya seperti *central composite design*, menunjukkan bahwa desain *box-behnken* lebih efisien dari pada *central composite design*. Jumlah percobaan (N) yang diperlukan untuk pengembangan BBD didefinisikan sebagai  $N = 2k(k-1) + C_0$ , dimana k adalah jumlah faktor dan  $C_0$  merupakan jumlah poin sentral (Ferreira dkk, 2007).

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

No	Referensi	Judul	Hasil
1.	Bhuiyan, 2008	Essential Oils Of Leaves And Rhizomes Of Kaempferia Galanga Linn.	Dengan menggunakan metode hidrodistilasi diperoleh hasil analisis minyak pada rimpang kencur dengan 81 komponen, komponen utamanya yaitu etil ester sebanyak 63,36%
2.	Supardan, 2009	Hidrodistilasi Minyak Jahe ( <i>Zingiber Officinale</i> Rosc.) Menggunakan Gelombang Ultrasonik	Minyak yang dihasilkan dengan menggunakan bantuan gelombang ultrasonik lebih banyak ketimbang minyak tanpa bantuan gelombang ultrasonik. Hasil minyak jahe memenuhi sesuai standar SNI

No	Refrensi	Judul	Hasil
3.	Sukatta, 2009	Chemical Composition and Physical Properties of Oil from Plai ( <i>Zingiber cassumunar</i> Roxb.) Obtained by Hydro Distillation and Hexane Extraction	Diperoleh yield pada masing-masing tanaman bangle pada 3 provinsi di Thailand yaitu pada provinsi Sa Kaco (1,137%), Chiang mai (1,262%), dan Prachuap khiri khan (1,373%) edngan komponen senyawa utama yaitu sabinen (36,71-53,50%)
4.	Yi Peng, 2012	Optimisation and Kinetics Studies on the Extraction of Essential Oil from <i>Zingiber Cassumunar</i>	Model kinetika yang cocok digunakan yaitu model Milojevic dkk, Herves dkk dan Ana dkk
5.	Nurcahyo, 2016	Hasil Rendemen Minyak Atsiri Serbuk Sangat Halus Rimpang Kering Temulawak ( <i>Curcuma Xanthorrhiza</i> Roxb.) Dengan Metode Destilasi	Diperoleh yield minyak atsiri dengan rata-rata sbesar 1,8%
6.	Mahfud, 2017	Extraction Of Essential Oil From Bangle ( <i>Zingiber Purpureum</i> Roxb.) By Hydrodistillation And Steam Distillation Methods	Hasil ekstraksi metode hidrodistilasi lebih efektif jika dibandingkan dengan metode <i>steam distillation</i> . Di peroleh yiled pada metode HD sebesar 0,40%. Komponen utama yang diperoleh dari analisis GC MS menunjukkan terpineol sebagai komponen utama.

7.	Azelan, 2018	Optimisation of Essential Oil Yield and Zerumbone Content in Zingiber Zerumbet Extract Using Hydrodistillation Process	Diperoleh kondisi optimum dengan yield sebesar 3,73% dan kandungan <i>zerumbone</i> sebesar 1,58%.
----	-----------------	--	---



[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)