

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Wafer

Wafer merupakan salah satu jenis biskuit yang memiliki ciri ciri berpori kasar, renyah dan memiliki penampang yang berongga dengan menggunakan adonan yang cair dan memiliki kadar air tidak lebih dari 5% (BPOM RI, 2022). Wafer terbuat dari campuran tepung, lemak, gula, air dan *leavening agent* (yeast, soda, amonium bikarbonat) (Athifah, *et al.*, 2022). (Wrigley, *et al.*, 2016) menyebutkan bahwa wafer memiliki beberapa bentuk diantaranya yaitu wafer datar, wafer berongga, wafer kerucut dan *wafer stick*. Pada flat wafer dilakukan dengan proses pemanggangan menggunakan adonan rendah gula yang dipanggang dengan alat pemanggang tertutup dengan tekanan khusus untuk menghasilkan sensasi renyah (Tiefenbacher, 2017). Secara umum *basic wafer* digolongkan menjadi dua golongan yaitu (Tiefenbacher, 2003):

1. Wafer Rendah atau Tanpa Gula (*No- or Low-Sugar Wafers*)

Wafer jenis ini mengandung sedikit sekali atau bahkan tidak mengandung sukrosa atau gula lainnya setelah dipanggang. Biasanya, produk dari jenis wafer ini memiliki bentuk

sheet datar atau berlubang, seperti:

- Wafer *sheet*
- *Cone* (kerucut es krim)
- *Cup*
- Bentuk-bentuk hias lainnya

Jenis ini cocok digunakan untuk dasar wafer yang akan diisi atau dilapisi bahan lain, seperti es krim, krim, dan sejenisnya.

2. Wafer dengan Kandungan Gula Tinggi (*Higher-Sugar Wafers*)

Wafer ini mengandung lebih dari 10% sukrosa atau gula lainnya. Kandungan gula yang tinggi ini membuat adonan menjadi plastis ketika panas, sehingga mudah dibentuk sebelum mengeras karena proses kristalisasi gula. Produk khas dari wafer jenis ini termasuk:

- Wafer gulung manis
- Wafer stik

- Bentuk hias lainnya yang dalam dan rumit

Wafer ini cenderung lebih manis dan biasanya dikonsumsi langsung atau sebagai camilan manis.

2.2 Karakteristik Wafer

Proses aerasi pada pemanggangan yang dilakukan oleh uap dan adanya pemadatan makromolekul seperti pati dan protein juga berpengaruh pada tekstur produk, dengan kadar air 2% atau kurang setelah proses pemanggangan. Secara umum flat wafer banyak dikonsumsi dengan adanya lapisan dari *cream*. Wafer menurut (Tiefenbacher, 2017) dijelaskan memiliki karakteristik tertentu seperti:

- Wafer secara khusus memiliki ketebalan yang cukup tipis yang memiliki ketebalan 2,5 mm ataupun berkisar diantara 1 mm hingga 5 mm dan pada dua sisinya sering kali memiliki pola yang rapat dan simetris pada kedua sisinya. Pada wafer paper yang secara umum memiliki kemiripan dengan *sheet* wafer memiliki ketebalan <1mm tanpa adanya pola tertentu.
- Wafer memiliki permukaan yang halus juga terbentuk dengan presisi. Pada beberapa wafer sering kali diberikan logo ataupun suatu kata pada proses pencetakannya.
- Tekstur yang dimiliki wafer renyah, halus dan ringan. Berat jenis wafer berongga dan datar secara umum memiliki berat 0,2 g/cm³ dan dapat pula kurang dari angka tersebut. Pada penampangnya akan terlihat struktur pati yang telah digelatinisasi.
- Tekstur wafer yang renyah didapatkan dari kadar air yang berkisar 1-2% setelah proses pemanggangan dimana pati yang tergelatinisasi berada pada kondisi *glassy state*. Penggunaan kemasan pada produk wafer diperlukan kemasan yang dapat menghalang kelembaban secara tinggi karena wafer akan mulai kehilangan kerenyahannya pada kadar air 6-7%.

2.3 Proses Produksi Wafer

Adapun proses penyusunan alat produksi *wafer cream* yang telah berurutan yang dijelaskan dalam (Tiefenbacher, 2003) sebagai berikut:

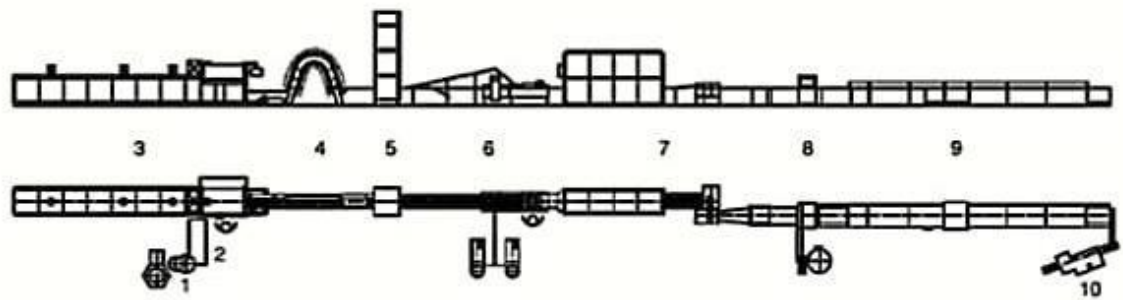


Figure 2 Manufacturing line for creamed and enrobed wafer biscuits from flat wafers. (1), batter preparation; (2), batter transport and depositing; (3), wafer sheet baking; (4), wafer sheet cooling; (5), conditioning of sheets; (6), creaming and wafer book building; (7), cooling and cutting of books; (8), enrobing; (9), cooling of enrobed pieces; (10), packaging.

Gambar 8. Proses Penyusunan Alat Produksi Wafer cream
Sumber : Tiefenbacher (2003)

Pembuatan *wafer cream* dalam (Nurwahidah, 2018) dijelaskan bahwa memiliki beberapa tahap yaitu formulasi, *mixing* adonan, *baking*, *mixing cream*, *creaming*, *cooling box*, *cutting*, dan *packaging*. Selain itu pada (Raju, 2018) dijelaskan bahwa setelah proses *baking* diperlukan proses pendinginan *sheet* wafer dengan menggunakan *cooling tower*.

1. Formulasi:

Pembuatan wafer tak luput dari formulasi yang harus diperhitungkan sebelumnya. Dalam (Tiefenbacher, 2017) menyebutkan berbagai bahan yang dapat digunakan dalam proses pembuatan *sheet* wafer ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 2. Formulasi Wafer Crem

<i>Add*</i>	<i>Ingredient</i>	<i>Recipe F1</i>	<i>Recipe F2 Flat wafer</i>
1	Water	140	140
2 or 4	Salt	0,4	0,4
2	Sodium bicarbonate	0,3	0,3
2	Amonium bicarbonate	0	0
2	Wafer enzyme	0,02	0,02
2	Sugar	0	0
2	Milk powder	0	0,5
2	Egg powder	0	0,5
2	Starch	0	0
3	Wheat Flour	100	100
4	Fat/oil	1	1
4	Lecithin, fluid	0,2	0,4
Wafer sheet per batch in kg		79	80

Sumber: (Tiefenbacher, 2017)

*Urutan penambahan bahan yang disarankan saat mencampur adonan. Bahan dengan nomor yang sama ditambahkan bersamaan atau bisa dicampur terlebih dahulu menjadi satu (premix) sebelum dimasukkan.

Data resep dituliskan dalam persentase baker (*baker's percentage*) yang berarti semua bahan dihitung berdasarkan 100 bagian tepung terigu. Contoh: water:140 = 140 gr/100 gr tepung.

Persiapan adonan harus diperhatikan untuk mendapatkan suspensi yang tepat dan homogen. Formulasi adonan dalam pembuatan adonan wafer bertujuan untuk memiliki viskositas yang rendah dibandingkan dengan adonan biskuit lain. Pada urutannya pembuatan adonan wafer *sheet* komponen yang larut dalam air harus dilakukan terlebih dahulu dan bahan tepung ditambahkan. Adonan harus homogen dan mengandung sekitar 35-40% bahan kering. (Raju (2018) menyebutkan bahan-bahan pembuatan wafer dibedakan menjadi dua yaitu bahan esensial dan bahan opsional. Bahan esensial terdiri dari:

a) Tepung Terigu

Kekuatan gluten tepung merupakan kunci untuk kualitas wafer akhir, jadi pemilihan tepung juga penting. Kandungan gluten harus cukup untuk memberikan kekuatan pada wafer tanpa membuatnya terlalu lemah dan rapuh atau terlalu keras dan keras. Tepung yang digiling dari gandum lunak untuk produksi biskuit lebih disukai untuk persiapan wafer. Tepung dengan kekuatan protein sedang (9,5%) biasanya digunakan untuk persiapan wafer. Tepung dengan kandungan protein antara 8,1% dan 10,9% menghasilkan *sheet* wafer yang dapat diterima. Tepung dengan kandungan protein yang meningkat (12,8-13,2%) menghasilkan produk yang tidak dapat diterima.

b) Air

Air merupakan salah satu parameter penting dalam persiapan *sheet* wafer. Air ditambahkan untuk menghasilkan konsistensi yang nyaman dan membuat adonan dapat dipompa. Air membantu dalam distribusi bahan-bahan. Sebagai hasil dari penguapan selama pemanggangan, air juga berfungsi sebagai bahan pengembang. Formulasi wafer harus mencakup air yang cukup untuk menyebarkan bahan-bahan dan memperoleh viskositas rendah untuk mengalir di atas pelat penutup. Rasio tepung dan air harus dikontrol karena kadar air memengaruhi tekstur *sheet*. Jumlah air yang ditambahkan ke adonan wafer kira-kira 150% dari berat tepung. Jika air yang ditambahkan terlalu sedikit, *sheet* wafer

tidak akan terbentuk dengan sempurna. Akibatnya, *sheet* menjadi terlalu tebal, berat, dan ada bagian yang tidak matang dengan baik. Tidak ada hubungan, hingga saat ini telah ditetapkan antara kualitas wafer dan kesadahan air. Suhu air mengubah viskositas adonan yang memengaruhi kualitas *sheet*. Suhu air harus sekitar 20°C untuk mencegah pembentukan untaian gluten. Dalam kondisi hangat, jika tepung memiliki aktivitas α -amilase yang tinggi, viskositas adonan akan cepat turun. Efek yang tidak menguntungkan pada viskositas dapat diminimalkan dengan menggunakan adonan 10-30 menit setelah dibuat (Raju, 2018).

Bahan opsional terdiri dari:

c) *Baking powder* atau bahan pengembang lain

Baking powder pada proses pembuatan wafer berguna untuk meningkatkan volume dari adonan pada saat proses *baking* dan menciptakan tekstur yang ringan. Pada *baking powder* terbuat dari beberapa bahan seperti natrium bikarbonat dan asam seperti asam sitrat dan tartarat (Claudia, *et al.*, 2015).

d) Susu bubuk

Susu bubuk dalam pembuatan produk biskuit dan turunannya berfungsi untuk memperbaiki cita rasa, warna, dan menahan penyerapan air, sebagai bahan pengisi dan meningkatkan nilai gizi. Dalam susu terdapat protein yang dapat mempengaruhi produk yaitu mengikat air dan membuat adonan menjadi lebih kuat dan lengket (Ariantya, 2016). Susu pada produk biskuit juga dapat berfungsi meningkatkan tekstur adonan menjadi lebih lembut dan elastis (Kusnandar, *et al.*, 2020)

e) Gula dan garam

Penambahan bahan seperti garam, dextrosa, glukosa cair dan produk gula sering kali ditambahkan dengan jumlah yang sedikit karena dengan proporsi yang tinggi akan dapat menyebabkan warna wafer menjadi lebih gelap dan mudah menempel pada pelat saat dipanggang. Di sisi lain, penambahan bahan yang optimum akan menghasilkan kerenyahan wafer yang dapat terjaga lebih lama utamanya saat kadar air meningkat dan memperlambat proses pengerasan (*staling*) (Raju, 2018).

f) Pengemulsi dan penstabil

Pengemulsi adalah bahan tambahan pangan yang digunakan untuk mencampurkan dan menstabilkan lemak dan air dalam produk makanan. Jenis-

jenis pengemulsi meliputi mono dan digliserida dari reaksi lemak dan gliserol, *stearoyl lactylates* seperti SP dan Ovalet yang menstabilkan adonan kue, serta *propylene glycol esters* yang menjaga campuran bahan berlemak dan berair. Selain itu, ada sorbitan ester dan *polysorbates* yang banyak digunakan dalam krim dan es krim, *polyglycerol ester* untuk produk berlemak, serta ester sukrosa dan lesitin sebagai pengemulsi alami (Permatahati, *et al.*, 2017). Penggunaan emulsi penting dalam adonan berlemak untuk menstabilkan campuran lemak, air, dan gas (Kusnandar, *et al.*, 2017).

g) Lemak, *shortening* dan lesitin

Lemak dan lesitin digunakan untuk membantu melepaskan *sheet* wafer dari piring. Lemak dapat membantu permukaan wafer lebih halus. Tanpa lemak, wafer cenderung menempel di piring. Lemak tertentu lebih disukai daripada yang lain untuk dicampurkan pada saat pencampuran. Untuk penyesuaian, minyak sayur cair lebih disukai (misalnya minyak kacang tanah, minyak biji kapas atau minyak bunga matahari). Tindakan pencegahan harus dilakukan untuk memastikan bahwa lemak tidak mengeras dalam *mixer* sebelum didispersikan. Lesitin merupakan tambahan yang bermanfaat, lebih baik untuk memasukkan lesitin kedelai terfluidisasi dengan lemak atau minyak daripada menggunakan lesitin bubuk untuk menghemat biaya. Selain itu penggunaan lesitin juga dapat diisolasi dari telur. Meskipun kandungan lemak wafer rendah, penambahan antioksidan dalam minyak diperlukan untuk menghambat ketengikan karena luas permukaan wafer dan tekstur internalnya sangat besar (Raju, 2018).

Selain itu juga terdapat bahan lain yang ditambahkan seperti sereal, coklat, bubuk kakao, ekstrak kopi, asam sitrat, malat, laktat, tartarat, asetat, pewarna makanan, perisa makanan, penambah rasa dan pengikat, kelapa kering, buah-buahan kering dan kacang-kacangan, buah dan produk buah, pengawet, antioksidan, enzim, produk malt, ekstrak bahan lain sebagai perasa, vitamin, mineral, dan ragi (Raju, 2018).

2. *Mixing* adonan

Proses *mixing* adonan ini bertujuan untuk mencapai homogenisasi bahan dan hidrasi tepung. Pada proses pembuatan adonan wafer tanpa menggunakan enzim wafer, disarankan agar suhu adonan dijaga tidak lebih dari 20°C. Suhu yang lebih hangat dapat menyebabkan peningkatan berat wafer dan tekstur yang lebih keras,

namun juga membuat wafer menjadi lebih rapuh. Selain itu, suhu tinggi mempercepat aktivitas mikroorganisme alami dari tepung, yang akan menurunkan kualitas adonan seiring waktu. Suhu tinggi juga meningkatkan risiko terbentuknya gluten selama proses pencampuran adonan. Oleh karena itu, untuk menurunkan suhu adonan, dapat digunakan air dingin, air yang didinginkan, atau mengganti sebagian air dengan es batu yang dihancurkan (Tiefenbacher, K. F., 2017).

Adonan wafer adalah adonan dengan viskositas rendah yang dibuat dengan mencampur semua bahan. Untuk pembuatan adonan wafer, pertama-tama komponen yang larut dalam air dilarutkan, kemudian bahan tepung ditambahkan. Adonan harus homogen dan mengandung sekitar 35-40% bahan kering. Pencampuran yang tepat diperlukan untuk mendapatkan suspensi yang homogen. Waktu pencampuran komersial berkisar antara 2,5 hingga 6 menit, dan pada perputaran alat *mixing* yang cukup cepat waktu yang cukup optimal untuk *mixing* tersebut yaitu 4 menit yang dikatakan kondisi paling optimal. Penggunaan perputaran mixer yang lambat dapat mengakibatkan adanya gumpalan dan untaian adonan yang terbentuk (yang juga dapat dicegah dengan menggunakan air dingin untuk proses pencampuran bahan). Proses pencampuran juga harus segera dilakukan apabila semua bahan telah terpenuhi yang bertujuan untuk meminimalisir pembentukan adonan yang seperti "*dough*". Dalam hasil viskositas yang paling optimal berkisar antara 300-2000 mPas (Raju, 2018).

3. *Baking*

Proses *baking* pada pembuatan wafer dilakukan dengan metode pengovenan. Pada proses ini merupakan proses yang penting dalam pembuatan wafer karena dapat membentuk dan memanggang wafer dari adonan menjadi *sheet*. Pada oven wafer memiliki mekanisme adanya penjepit dari sepasang pelat logam yang akan menempatkan adonan diantara kedua pelat. Wafer biasanya memiliki ukuran 470 x 290 mm juga dapat lebih besar dari ukuran tersebut tetapi jarang yang melebihi ukuran 470 x 350 mm. *Sheet* wafer akan memiliki ketebalan keseluruhan yang tidak lebih dari 2 - 5 mm. Pada mesin *baking* wafer satu pasang pelat akan dihubungkan bersama membentuk untaian rantai yang saling berhubungan hingga dapat tersirkulasi secara merata mengenai sumber panas *baking*. Pada mesin *baking* sering kali memiliki 32 sampai 104 pasang pelat, dengan ukuran paling umum yaitu 41 sampai 61 pelat. Pada proses pengovenan baik secara langsung

menggunakan gas ataupun menggunakan pemanas listrik suhu yang berkisar pada pengampunan wafer yaitu 160-190°C (Raju, 2018).

4. Pendinginan *sheet* wafer

Tahapan ini merupakan tahapan pendinginan yang umum dilakukan untuk produk biskuit. *Sheet* didinginkan hingga mencapai suhu ruangan dengan melewati pendingin *sheet* tipe lengkung. Dengan adanya pendinginan dijelaskan oleh (Raju, 2018) bahwa memiliki alasan penting untuk dilakukan yaitu untuk:

- Mengurangi kekukuhan produk setelah dipanggang agar dapat bertahan saat proses pengemasan.
- Penyusutan bahan kemasan akibat kontak dengan produk yang masih panas.
- Mengurangi pengembunan pada saat dalam kemasan akibat panas yang dikeluarkan setelah proses *baking* (Raju, 2018).

5. *Mixing cream*

Proses pembuatan krim wafer diawali dengan menimbang semua bahan sesuai takaran dalam formulasi. Bahan-bahan utama yang digunakan umumnya meliputi minyak nabati, gula, susu bubuk, bubuk kakao, lesitin, dan bahan perisa. Minyak terlebih dahulu dicampur menggunakan mixer pada kecepatan rendah selama 1–2 menit, kemudian dilanjutkan dengan kecepatan tinggi selama 2–3 menit hingga tercampur rata. Setelah itu, gula ditambahkan dan diaduk kembali dengan kecepatan tinggi selama 1–2 menit. Selanjutnya, bahan kering seperti susu bubuk dan bubuk kakao dimasukkan, lalu adonan diaduk dengan kecepatan sedang selama 2–3 menit hingga diperoleh krim dengan tekstur yang homogen. Proses pencampuran ini bertujuan untuk menghasilkan krim dengan konsistensi yang tepat, mudah dioleskan pada *sheet* wafer, dan mampu menjaga stabilitas selama penyimpanan Habibzadeh, D., & Ardabili, S. S. (2019).

6. *Creaming*

Sheet wafer selanjutnya masuk ke bagian pengolesan krim, yaitu proses di mana krim yang terbuat dari campuran gula dan lemak dioleskan pada salah satu sisi wafer. Rasa krim yang paling umum digunakan antara lain cokelat, vanila, hazelnut, susu, stroberi, dan lemon. Pengolesan krim dilakukan pada suhu 30–40°C, baik dengan menggunakan rol yang telah dilapisi krim maupun dengan menempatkan lapisan krim yang sudah dibentuk sebelumnya. Krim yang hangat dan lunak akan menempel lebih baik pada wafer dibandingkan dengan krim yang

lebih dingin dan kaku. Karena teksturnya lebih lembut dibandingkan krim isian biskuit, krim ini dapat dialirkan menggunakan pompa dan pipa, bahkan dalam sistem sirkulasi tertutup (Raju, 2018).

Wafer yang telah diberi krim kemudian disusun menjadi beberapa lapis sesuai kebutuhan. Umumnya, satu susunan terdiri atas tiga atau empat lembar wafer dengan dua atau tiga lapisan krim di antaranya, dan ditutup dengan satu lembar wafer polos di bagian atas. Susunan ini kemudian ditekan agar krim menempel dengan baik sebelum proses pendinginan. Untuk jenis wafer berongga, krim diisi ke dalam rongga-rongga wafer, baik dengan cara dioleskan secara merata maupun ditetaskan secara terkontrol (Raju, 2018).

7. Pendinginan book wafer

Setelah proses penyusunan selesai, tumpukan wafer kemudian diarahkan ke dalam terowongan pendingin untuk memadatkan lapisan krim. Pendinginan dilakukan dengan aliran udara dingin yang bersirkulasi. Kelembapan udara harus dijaga serendah mungkin agar wafer yang belum dikemas tidak menyerap uap air dari lingkungan (Raju, 2018).

8. *Cutting*

Setelah proses pendinginan selesai, tumpukan wafer dipotong menjadi ukuran siap konsumsi, seperti bentuk kotak, persegi panjang, atau lainnya. Pemotongan dilakukan dalam tumpukan kecil menggunakan kawat yang kencang, pisau, atau gergaji piringan. Pemotongan dilakukan dua arah saling tegak lurus (90°) untuk menghasilkan potongan wafer yang siap dikemas, disimpan, atau dilapisi cokelat (Raju, 2018).

9. *Packaging*

Biskuit wafer harus dilindungi dari kelembapan, oksigen, dan cahaya untuk mencegah kerusakan akibat oksidasi serta memastikan masa simpan selama 6 hingga 9 bulan. Keluhan konsumen yang muncul di kemudian hari umumnya disebabkan oleh daya tahan kemasan terhadap uap air yang kurang memadai atau penyegelan yang tidak rapat. Untuk pengemasan wafer, digunakan bahan film yang dilaminasi atau memiliki lapisan khusus. Kemasan ini digunakan dalam bentuk *flow packs*, *boxes*, dan *bags* sesuai dengan kebutuhan distribusi dan pemasaran (Raju, 2018).

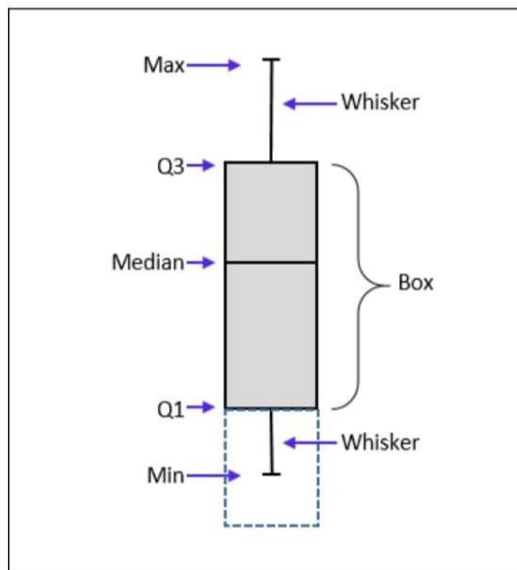
2.4 Sheet Wafer

Untuk menghasilkan *sheet* wafer yang berkualitas tinggi, penting untuk memperhatikan bahan-bahan yang digunakan, terutama tepung dan air. Selain itu, proses pembuatannya juga berpengaruh besar mulai dari waktu pencampuran, suhu adonan, suhu pelat pemanggang, hingga lamanya pemanggangan semuanya berperan dalam menentukan kualitas akhir wafer. Air memiliki peran penting dalam proses pembuatan wafer. Selain membantu mendistribusikan bahan-bahan dalam adonan dan membuat adonan dapat dipompa, kadar air yang cukup juga dibutuhkan untuk menghasilkan viskositas yang rendah, sehingga adonan bisa mengalir dengan baik dan menutupi permukaan loyang secara merata. Oleh karena itu, formulasi wafer harus memperhatikan rasio antara tepung dan air dengan cermat. Kadar air yang tidak tepat dapat memengaruhi tekstur *sheet* wafer. Jika air terlalu sedikit, *sheet* cenderung tidak terbentuk sempurna, sehingga menghasilkan wafer yang tebal, berat, dan tidak matang dengan baik. Selain itu, air juga berfungsi sebagai bahan pengembang karena akan menguap selama proses pemanggangan, membantu pembentukan struktur *sheet* wafer yang ringan dan renyah (Dogan, *et al.*, 2006).

2.5 Metode

2.5.1 Boxplot

Box plot merupakan salah satu deskripsi data menggunakan grafis yang menjelaskan lima statistik yaitu nilai minimal, kuartil pertama (Q1), kuartil kedua atau median (Q2), kuartil ketiga (Q3), dan nilai maksimal (Sari, *et al.*, 2019). Untuk memperjelas deskripsi boxplot digambarkan melalui gambar berikut:



Gambar 9. Penjelasan Box Plot
Sumber: Adi (2012)

Kotak (box) mewakili 50% data tengah, yaitu dari kuartil pertama (Q1) hingga kuartil ketiga (Q3), dengan garis tengah sebagai median (Q2). Selisih antara Q3 dan Q1 disebut Interquartile Range (IQR), yaitu ukuran penyebaran yang menunjukkan seberapa lebar rentang 50% data utama tersebut. Di luar kotak terdapat garis yang disebut whisker, yang menunjukkan rentang data yang masih dianggap wajar. Rentang ini ditentukan dari batas atas/bawah dengan rumus:

$$\text{Batas (Whisker) bawah} = Q1 - 1,5 \times IQR$$

$$\text{Batas (Whisker) atas} = Q3 + 1,5 \times IQR$$

Selama nilai data berada dalam rentang ini, maka dianggap sebagai data normal. Sebaliknya, nilai yang berada di luar whisker disebut sebagai outlier, karena menyimpang dari pola umum data. Titik-titik outlier biasanya ditampilkan terpisah dari grafik utama. Pada boxplot vertikal, garis whisker bawah menunjukkan sebaran data dari nilai minimum yang masih wajar hingga Q1, mencakup sekitar 25% data terbawah. Sementara itu, whisker atas menggambarkan sebaran data dari Q3 hingga nilai maksimum yang masih dianggap wajar, mencakup sekitar 25% data teratas. Sehingga, 50% data lainnya di luar kotak berada di area whisker, selama masih dalam batas wajar (Adi, 2012).

2.5.2 Pengujian *Analysis of Variance (ANOVA) One Way*

Pengujian ANOVA dilakukan untuk mengetahui perbedaan rata-rata lebih dari dua kelompok data dengan membandingkan variansnya. Penentuan hasil dari pengujian ANOVA dapat didasarkan dari hasil signifikansi. Hasil pengujian ANOVA apabila memiliki hasil signifikansi yang $>$ dari 0,05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima atau berarti terdapat perbedaan yang signifikan, begitu pula sebaliknya (Alfarez, *et al.*, 2023).

2.5.3 Pengujian Post Hoc Tukey's HSD Test

Pengujian post hoc merupakan uji lanjutan dari pengujian ANOVA yang membandingkan rerata dan uji bedanya. Pada (Hadiyanti, *et al.*, 2020) dijelaskan bahwa pengujian post hoc dapat dilakukan dengan metode Tukey's HSD (*Honestly Significant Difference*). Dalam pengujiannya uji Tukey dapat dilakukan apabila data telah Homogen dengan sig. (p value) $>$ 0,05 (5%) maka artinya varian grup bersifat homogen (sama).

2.5.4 Pengujian Regresi Linier

- **Uji T**

Menurut Sujarweni (2019), uji t adalah metode yang digunakan untuk menguji pengaruh masing-masing variabel independen (X_1 , X_2 , X_3) secara terpisah terhadap variabel dependen (Y). Kriteria pengambilan keputusannya adalah sebagai berikut: Jika nilai signifikansi (sig) lebih dari 0,05, maka H_0 diterima, artinya variabel tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen. Jika nilai signifikansi (sig) kurang dari 0,05, maka H_0 ditolak, artinya variabel tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen

- **Uji F**

Menurut Sujarweni (2019), uji F digunakan untuk mengetahui apakah semua variabel bebas (X_1 , X_2 , X_3) secara bersama-sama berpengaruh terhadap variabel yang diteliti (Y). Uji ini membantu memastikan apakah model regresi yang dibuat sudah layak digunakan untuk memprediksi atau menjelaskan hubungan antara variabel-variabel tersebut. Pengambilan keputusan didasarkan dari jika $F_{hitung} > F_{tabel} \rightarrow H_0$ ditolak, berarti model signifikan (variabel X secara bersama-sama berpengaruh terhadap Y) dan juga sebaliknya. Atau jika $Sig. < 0,05 \rightarrow$

H_0 ditolak $\rightarrow$ model signifikan $\rightarrow$ variabel independen secara bersama-sama berpengaruh terhadap Y.

2.5.5 Sumbangan Evektifitas

Sumbangan efektif (SE) adalah besarnya pengaruh masing-masing variabel bebas (independen) terhadap variabel terikat (dependen) dalam analisis regresi. Nilai SE menunjukkan seberapa besar kontribusi satu variabel terhadap hasil akhir. Jika dijumlahkan, total SE dari semua variabel independen (dengan faktor lain yang tidak diperkirakan) akan sama dengan 100%.

Rumus SE:

$$SE(X)\% = Koefisien\ Regresi\ (beta) \times Koefisien\ Korelasi \times 100$$

2.5.6 Fishbone

Fishbone Diagram atau Diagram Sebab Akibat adalah salah satu alat yang digunakan untuk mencari dan menunjukkan hubungan antara penyebab dan akibat dari suatu masalah. Tujuan utamanya adalah untuk menemukan akar permasalahan secara jelas. Diagram ini membantu mengidentifikasi berbagai faktor yang menyebabkan suatu masalah, terutama yang berkaitan dengan kualitas. Disebut *Fishbone* Diagram karena bentuknya menyerupai kerangka tulang ikan. Alat ini juga dikenal dengan nama Diagram Ishikawa, diambil dari nama penciptanya, Prof. Kaoru Ishikawa dari Universitas Tokyo, yang memperkenalkannya pertama kali pada tahun 1953 (Sinurat, *et al.*, 2022).