

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan industri makanan dan minuman sangat bersaing dan mutu menjadi masalah yang perlu diperhatikan. Dalam meningkatkan mutu minuman maka diperlukan bahan tambahan makanan (Dewi, 2011). Fajarwati *et al.* (2012) penambahan bahan tambahan pangan harus sesuai dengan peraturan pemerintah dari Menteri Kesehatan di Indonesia. Bahan tambahan makanan harus dalam takaran yang tepat jika ditambahkan pada makanan, jika digunakan secara berlebihan dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi orang yang memakannya (Taib *et al.*, 2014). Dewi (2011) menyatakan pengawet membantu membuat produk lebih berkualitas dan tahan lama, dengan menghambat pertumbuhan mikroorganisme dengan cara menghambat enzim, sistem genetika sel, dan merusak dinding sel (Wardanita *et al.*, 2013). Sehingga makanan dapat tahan lama dan tidak cepat rusak.

Salah satu bahan pengawet yang sering digunakan adalah benzoat dalam bentuk garamnya, yaitu natrium benzoat (Mardiana *et al.*, 2015) karena mudah larut dalam air (Rahmawati *et al.*, 2014). Industri makanan membutuhkan senyawa benzoat untuk diproduksi melalui reaksi karena lebih praktis, ekonomis dan mudah diperoleh. Natrium benzoat diproduksi dengan mereaksikan asam benzoat dengan natrium hidroksida. Akan tetapi dalam penambahan natrium hidroksida di dalam produk pengawet akan berbahaya karena memiliki toksisitas tinggi. Selain itu, natrium benzoat bisa diproduksi dengan mereaksikan antara asam benzoat dan natrium bikarbonat. Natrium bikarbonat ini diproduksi dari air laut dan dianggap aman apabila digunakan sebagai bahan baku produk pengawet yaitu natrium benzoat.

Menteri Kesehatan telah mengeluarkan peraturan yang mengatur tentang penggunaan pengawet berdasarkan No. 33 Tahun 2012 dan EFSA (European Food Safety Authority) menyatakan bahwa natrium benzoat aman digunakan sebagai bahan pengawet makanan. Batas maksimum natrium benzoat yaitu 600

mg.kg⁻¹ (BPOM RI, 2013). *Food and Drug Administration (FDA)* merekomendasikan bahwa natrium benzoat dengan batas maksimum 0,1% dianggap GRAS (*Generally Recognized A Safe*) (Khade & Mirgane, 2014). Penggunaan natrium benzoat dalam makanan atau minuman menghambat pertumbuhan mikroorganisme, seperti kapang dan khamir, yang dapat memperpanjang umur simpan produk (Azmi et al., 2020). Pada pH 2,5-4,0, natrium benzoat secara efisien menghambat pertumbuhan bakteri (Hilda, 1999).

Menurut Sangeetha.S, (2016) makanan atau minuman asam termasuk jus jeruk, minuman ringan, saus tomat, kecap, dan lainnya sering mengandung natrium benzoat. Jeruk BW (*Citrus sp. var. chokum BW*) merupakan salah satu produk hortikultura dari perkebunan yang banyak tumbuh di Indonesia. Jeruk ini banyak dibudidayakan karena merupakan produk unggulan daerah Lampung yang sangat potensial. Provinsi Lampung menghasilkan jeruk keprok BW sebesar 19.737 ton dengan luas 427 ha di tahun 2018 (Balittanah Litbang, 2018). Produksi jeruk nasional pada tahun 2014 sebesar 2.243.837 ton (Kementerian Pertanian, 2015). Jumlah produksi ini meningkat 4,13 % dibandingkan produksi tahun 2013. Produksi jeruk yang terus meningkat maka akan mempengaruhi harga jual dipasaran, oleh sebab itu diperlukan industri pengolahan yang efektif seperti minuman sari buah jeruk agar dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama. Untuk memenuhi standar tersebut maka diperlukan suatu bahan tambahan berupa pengawet makanan dan minuman serta dilakukan proses pasteurisasi agar sari jeruk keprok BW memiliki mutu dan daya tahan yang baik. Belum adanya penelitian yang mengkaji sari jeruk keprok BW terhadap daya simpan menggunakan pengawet natrium benzoat yang diproduksi dari natrium bikarbonat.

Berdasarkan Khurniyati & Estiasih, (2015) pada kualitas minuman sari apel, konsentrasi natrium benzoat dan keadaan pasteurisasi sangat mempengaruhi jumlah vitamin C, total padatan terlarut, total asam, viskositas, dan nilai organoleptik. Berdasarkan hal tersebut, belum adanya penelitian yang memproduksi natrium benzoat dari natrium bikarbonat yang diaplikasikan ke dalam sari jeruk keprok BW. Oleh sebab itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian berupa pembuatan natrium benzoat dari natrium bikarbonat yang akan

diaplikasikan ke dalam minuman sari jeruk keprok BW. Mutu minuman sari jeruk Keprok BW yang telah ditambahkan natrium benzoat ini selanjutnya akan diuji berdasarkan SNI 3719-2014 dengan parameter (1) keasaman, (2) padatan terlarut dan (3) angka lempeng total.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang diajukan dan dicari pemecahannya dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah proses pembuatan natrium benzoat dari natrium bikarbonat?
2. Bagaimanakah proses pembuatan natrium benzoat dari natrium bikarbonat dalam kondisi optimum dan kadar yang diperoleh?
3. Bagaimanakah pengaruh natrium benzoat hasil penelitian dengan natrium benzoat komersial dan suhu pasteurisasi terhadap kualitas sari jeruk keprok BW ?
4. Bagaimanakah kualitas sari jeruk keprok BW dalam kondisi optimum dengan penambahan natrium benzoat yang diperoleh?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah memanfaatkan natrium bikarbonat yang diproduksi dari air laut yang akan dijadikan pengawet makanan/minuman yang akan diaplikasikan di dalam minuman sari jeruk keprok BW untuk meningkatkan mutu dan daya tahan minuman tersebut dibandingkan dengan pengawet natrium benzoat komersial. Tujuan khusus yang ingin dicapai, antara lain:

1. Menganalisis proses pembuatan natrium benzoat dari natrium bikarbonat.
2. Menganalisis pembuatan natrium benzoat dari natrium bikarbonat dan memperoleh kadar natrium benzoat dalam kondisi optimum.
3. Menganalisis pengaruh natrium benzoat hasil penelitian dengan natrium benzoat komersial dan suhu pasteurisasi terhadap kualitas sari jeruk keprok BW.
4. Menganalisis kualitas sari jeruk keprok BW dalam kondisi optimum dengan penambahan natrium benzoat yang diperoleh.

1.4 Kerangka Pemikiran

Asam benzoat dan garamnya adalah bahan tambahan makanan yang aman. Natrium benzoat disetujui untuk digunakan sebagai bahan tambahan makanan dan pengawet sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 33 Tahun 2012 dan *European Food Safety Authority's* (EFSA). Dengan mencegah perkembangan mikroorganisme seperti jamur, ragi, dan bakteri, natrium benzoat juga membantu meningkatkan umur simpan produk (Azmi et al., 2020). Selain itu, lebih bermanfaat, terjangkau, dan mudah didapat, senyawa benzoat dapat dibuat melalui reaksi kimia untuk memenuhi kebutuhan sektor pangan. Natrium benzoat dapat diproduksi dengan natrium hidroksida. Akan tetapi dalam penambahan natrium hidroksida di dalam produk pengawet akan berbahaya karena memiliki toksisitas tinggi. Selain itu, natrium benzoat bisa diproduksi dengan natrium bikarbonat. Natrium bikarbonat ini diproduksi dari air laut dan dianggap aman apabila digunakan sebagai bahan baku produk pengawet yaitu natrium benzoat.

Jeruk keprok BW (*Citrus sp. var. chokum BW*) merupakan salah satu produk unggulan daerah Lampung yang sangat potensial untuk dikembangkan. Jeruk BW akan diolah menjadi jus jeruk untuk memenuhi standar ekspor karena jeruk BW memiliki rasa manis dan asam dan dapat diarahkan untuk tujuan ekspor, yang memerlukan standar tingkat kemanisan yang tinggi dan seragam, bertahan lama, dan tidak mudah hancur. Untuk memenuhi standar tersebut maka diperlukannya suatu bahan tambahan berupa pengawet makanan yang aman untuk dikonsumsi agar sari jeruk keprok BW memiliki mutu dan daya tahan yang baik yang baik. Fajarwati & Nita, (2012) menyatakan bahwa dalam peraturan harus dipatuhi ketika menambahkan bahan tambahan makanan, baik dari segi jenis dan dosis, karena hal itu dapat berdampak negatif bagi kesehatan individu yang mengkonsumsinya (Taib et al., 2014).

Selain ditambahkan bahan tambahan makanan, sari jeruk keprok BW ini dilakukan proses pasteurisasi yang bertujuan mengurangi populasi mikroorganisme pembusuk, sehingga umur simpannya berkisar dari beberapa hari (misalnya, dengan produk susu yang dipasteurisasi) hingga berbulan-bulan (seperti produk jus buah yang dipasteurisasi). Tingkat pH mempengaruhi seberapa tahan lama suatu produk sebagai hasil dari pasteurisasi. Suhu yang

digunakan dalam proses pasteurisasi harus baik dan sesuai dengan bahan yang akan dipanaskan. Kusuma et al., (2007) menyatakan bahwa apabila suhu pemanasan yang terlalu tinggi dan waktu pemanasan yang lama dapat menurunkan jumlah vitamin dan nutrisi dalam jus buah.

1.5 Hipotesis

Dari kerangka pemikiran, dapat diambil hipotesisnya sebagai berikut:

1. Natrium benzoat dapat diproduksi dengan mereaksikan asam benzoat dan natrium bikarbonat.
2. Mendapatkan kondisi operasi yang optimum dalam produksi natrium benzoat.
3. Konsentrasi natrium benzoat dapat mempengaruhi mutu dan daya tahan minuman sari jeruk keprok BW.
4. Suhu Pasteurisasi dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme di dalam minuman sari jeruk keprok BW.

1.6 Kontribusi Penelitian

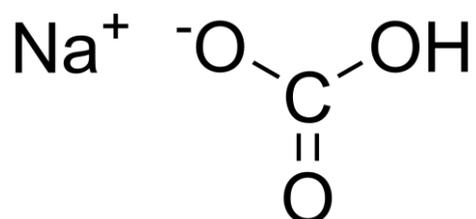
Dari serangkaian penelitian yang telah dilakukan maka dihasilkannya produk berupa natrium benzoat yang diproduksi dari natrium bikarbonat untuk digunakan sebagai pengawet minuman sari jeruk keprok BW dalam meningkatkan mutu minuman tersebut. Temuan ini, diharapkan berkontribusi dalam bidang teknik kimia dan teknologi pangan terutama industri chemical dan pangan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Natrium Bikarbonat (NaHCO₃)

2.1.1 Pengertian Natrium Bikarbonat

Kelompok garam termasuk natrium bikarbonat (NaHCO₃), yang telah digunakan untuk waktu yang sangat lama. Nama lain untuk zat ini termasuk natrium bikarbonat, natrium hidrogen karbonat, dan soda kue. Gambar 1 menggambarkan struktur kimia natrium bikarbonat.



Gambar 1. Struktur Kimia Natrium Bikarbonat

Zat ini dapat muncul sebagai kristal atau bubuk dan mudah larut dalam air, (Pambudi & Widjanarko, 2015). Kenampakan natrium bikarbonat seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Natrium Bikarbonat (NaHCO₃)

Karena dapat bereaksi dengan komponen lain untuk menghasilkan gas karbon dioksida, NaHCO_3 sering digunakan dalam industri makanan sebagai pengembang dalam produksi roti atau kue. Selain itu, karena merupakan alkaloid, zat ini juga dimanfaatkan sebagai obat antasida (tukak lambung atau tukak lambung) (Pambudi & Widjanarko, 2015). Sifat fisika natrium benzoat sebagai berikut:

- Massa molekul : 84,007 g/mol
- Bentuk : serbuk
- Warna : putih
- Kemurnian : 99%
- Titik leleh : 60°C
- pH : 8,3
- Kelarutan : 7,8 g/100 g air pada suhu 18°C
- Bau : tidak berbau

Berdasarkan IUPAC natrium bikarbonat memiliki nama lain yaitu natrium hidrogen karbonat ini dibuat dengan mencampur asam karbonat dan natrium hidroksida, dan ketika terkena bahan kimia lain, ia berperilaku seperti alkali lemah, memberikan rasa yang sedikit asin dan basa. Natrium bikarbonat terjadi secara alami dalam bentuk mineral Nahcolite. Ketika dipanaskan hingga suhu di atas 149°C , natrium bikarbonat (soda kue) terurai menjadi senyawa yang lebih stabil daripada natrium karbonat, air, dan karbon dioksida.

2.1.2 Proses Pembentukan Natrium Bikarbonat

a) Proses Solvay

Proses solvay merupakan suatu proses dalam pembuatan industri alkali natrium karbonat dan natrium bikarbonat. Proses solvay ini, reaksi yang terjadi antara amonia, karbon dioksida dan air akan menghasilkan natrium bikarbonat. Produksi natrium karbonat atau natrium bikarbonat masih menggunakan proses

ini, yang merupakan proses tertua yang ada. Dalam prosedur solvay, amonia dan karbon dioksida mengalir dari bagian bawah menara sementara air laut disemprotkan dari bagian atas menara. Pelat berlubang dan menara bilah putar adalah jenis menara yang paling sering digunakan. Produk akan mengalir ke sisi menara selama reaksi dan diangkut oleh konveyor sekrup (Asriyanto, 2012). Penggunaan bahan kimia dalam prosedur ini menghasilkan polusi, yang merupakan kelemahan dalam proses ini.

b) Proses Natrium Bikarbonat Murni

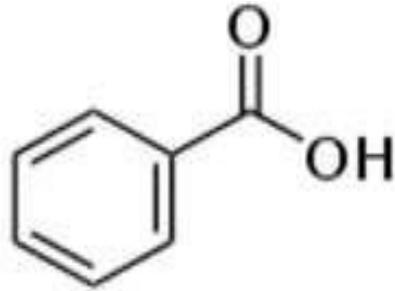
Dalam reaktor pada suhu 40 °C dengan konversi reaksi 98 %, proses natrium bikarbonat murni dilakukan dengan mereaksikan larutan jenuh natrium karbonat dengan karbon dioksida dengan arah yang berlawanan. Setelah diambil dari bagian bawah menara, produk natrium bikarbonat akan disaring menggunakan rotary filter dan dikeringkan dalam rotary dryer. Natrium bikarbonat yang dihasilkan memiliki kemurnian 99,9 % (Asriyanto, 2012). Berikut merupakan reaksi penguraian yang terjadi pada saat natrium bikarbonat dipanaskan seperti dibawah ini.



Proses ini lebih baik karena tidak ada hasil samping, tidak menghasilkan limbah dan memiliki nilai konversi yang tinggi.

2.2 Asam Benzoat (C₆H₅COOH)

Asam benzoat merupakan senyawa asam karboksilat aromatis yang berwarna putih dengan sedikit bau dan memiliki bentuk hablur berupa jarum atau sisik. Asam benzoat sukar larut di dalam air, akan tetapi mudah larut dalam pelarut non polar (Kemenkes, 2015). Asam benzoat berfungsi sebagai antibakteri pada pH 2,5 – 4,5 (Joye, 2018). Senyawa asam benzoat banyak ditemukan pada produk pangan seperti minuman ringan, susu, keju, saos, dan daging (Heydari & Mousavi, 2016). Gambar 3 menggambarkan struktur kimia asam benzoat.



Gambar 3. Struktur Kimia Asam Benzoat

Saat digunakan sebagai pengawet makanan, asam benzoat telah diberi persetujuan oleh BPOM RI. Zat ini dikenal sebagai senyawa antimikroba karena dapat ditambahkan ke makanan untuk menghentikan pertumbuhan kapang dan bakteri, terutama untuk makanan yang telah dikeluarkan dari kemasannya. Kenampakan asam benzoat seperti pada gambar 4.



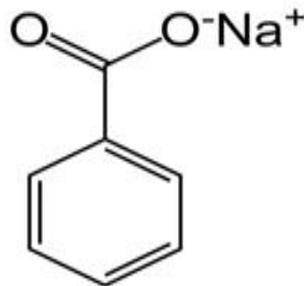
Gambar 4. Asam Benzoat

Jumlah maksimum asam benzoat yang boleh ditambahkan pada makanan atau minuman adalah 1000 ppm atau 1 gr.kg^{-1} , sebagaimana tercantum dalam PERMENKES No. 722/Menkes/per/1X/1988. Batas atas ini dimaksudkan untuk mencegah keracunan asam benzoat yang berlebihan pada tubuh manusia. Jumlah bahan pengawet yang masuk ke dalam tubuh dapat meningkat jika Anda sering mengonsumsi makanan yang menggunakan bahan pengawet, oleh karena itu asam benzoat yang berlebihan tidak disarankan.

2.3 Natrium Benzoat ($\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_2$)

2.3.1 Pengertian Natrium Benzoat

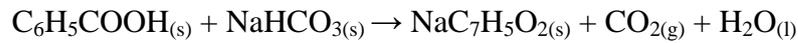
Natrium benzoat ($\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_2$) merupakan senyawa kimia yang berfungsi untuk mengawetkan makanan dan minuman. Natrium benzoat biasa dikenal dengan soda benzoat, sodium benzoat atau E211. Gambar 5 menggambarkan struktur kimia natrium benzoat.



Gambar 5. Struktur Kimia Natrium Benzoat

Natrium benzoat telah diizinkan oleh FDA untuk digunakan sebagai pengawet. Natrium benzoat ini termasuk ke dalam garam natrium dari asam benzoat. Natrium benzoat banyak digunakan untuk menekan pertumbuhan mikroorganisme pada makanan maupun minuman. Natrium Benzoat termasuk ke dalam pengawet fungistatik dan bakteriostatik dalam kondisi asam. Natrium benzoat bekerja efektif apabila digunakan pada makanan ataupun minuman yang bersifat asam dengan pH berkisar antara 2,5 sampai 4,0. Oleh sebab itu, banyak digunakan dalam sari buah-buahan karena dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Natrium benzoat yang ditambahkan ke dalam makanan ataupun minuman akan bersifat menghambat dan bukan mematikan organisme pencemar. Natrium benzoat diproduksi dengan mereaksikan asam benzoat dengan natrium hidroksida. Akan tetapi dalam penambahan natrium hidroksida dalam produk pengawet akan berbahaya karena memiliki toksisitas tinggi. Selain itu, natrium benzoat bisa diproduksi dengan mereaksikan antara asam benzoat dan natrium bikarbonat. Natrium bikarbonat ini diproduksi dari air laut dan dianggap aman apabila digunakan sebagai bahan baku produk pengawet yaitu natrium

benzoat. Reaksi yang terjadi dalam pembuatan natrium benzoat dari natrium bikarbonat sebagai berikut.



Natrium benzoat sering berbentuk butiran yang berwarna putih, tidak berbau, dan stabil dengan adanya udara. Meskipun mudah larut dalam air, natrium benzoat kurang larut dalam etanol. Menurut Cahyadi (2009) menyatakan pada suhu air 25°C, natrium benzoat memiliki kelarutan 660 gr.L⁻¹ dengan pH 4,8 dan kandungan pengawet 84,7 %. Akibatnya, natrium benzoat daripada asam benzoat lebih sering digunakan sebagai pengawet makanan atau minuman (Wijaya, 2013). Natrium benzoat dapat digunakan baik secara langsung maupun setelah dilarutkan dalam air. Kenampakan natrium benzoat seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Natrium Benzoat (NaC₇H₅O₂)

Penggunaan natrium benzoat dalam makanan harus tepat jika tidak akan memberikan rasa pedas pada makanan pada konsentrasi 0,1 % atau lebih tinggi, terutama pada jus buah yang asam (Desrosier, 2008). Menurut Buckle, (1987) makanan yang mengandung natrium benzoat sebagai pengawet memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Baunya seperti phenol (bau obat cair),
2. Mengandung bahan pewarna,
3. Rasanya payau (asin),
4. Cepat meleleh dan terbakar di bawah panas tinggi, dan
5. Menghasilkan asam.

2.3.2 Proses Pembuatan Natrium Benzoat

Secara umum natrium benzoat dapat diproduksi dengan mereaksikan asam benzoat dengan natrium hidroksida. Akan tetapi dalam penambahan natrium hidroksida di dalam produk pengawet akan berbahaya karena memiliki toksisitas tinggi. Selain itu, natrium benzoat bisa diproduksi dengan mereaksikan antara asam benzoat dan natrium bikarbonat. Natrium bikarbonat ini aman karena diproduksi dari air laut. Dalam memproduksi natrium benzoat dari natrium bikarbonat ini dengan cara natrium bikarbonat yang sudah ditambahkan air dimasukkan kedalam reaktor dan dipanaskan hingga mendidih diatas hotplate, setelah itu ditambahkan tetes demi tetes asam benzoat kedalam reaktor berpengaduk, setelah semuanya sudah bereaksi lalu ditambahkan larutan natrium hidroksida untuk mencapai pH 7 atau netral. Selanjutnya, rasio air, natrium bikarbonat dan mol benzoat yang dijelaskan adalah 1-3:1-3:1. Proses produksi Natrium Benzoat dari reaksi ini, memiliki keunggulan proses reaksi lebih lembut, bahan baku reaksi cukup bereaksi, produk mudah diekstraksi dengan dipisahkan, dan tingkat kemurnian produk tinggi mencapai 99,99%. (CN103613499A, 2014).

2.3.3 Batas Penggunaan Natrium Benzoat

Kesehatan masyarakat sangat dipengaruhi oleh bahan tambahan makanan yang ditambahkan. Oleh sebab itu, untuk menghindari bahaya atau risiko, jenis dan dosis bahan tambahan makanan harus digunakan dengan benar. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia diberi wewenang untuk mengawasi peredaran makanan dan minuman yang beredar. Menurut Cahyadi (2009) menyebutkan bahwa penunjukan langsung oleh Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan diperlukan untuk pelaksanaan tanggung jawab pengawasan. Tabel 1 menunjukkan jumlah maksimum natrium benzoat yang dapat digunakan dalam makanan atau minuman.

Tabel 1. Dosis Maksimum Bahan Pengawet Organik

Nama BTP	Jenis Bahan Pangan	Batas Maksimum Penggunaan
Natrium Benzoat	Jam dan Jeli	1 g.kg ⁻¹
	Kecap	600 mg.kg ⁻¹
	Minuman ringan	600 mg.kg ⁻¹
	Saus	1 g.kg ⁻¹
	Pangan lain	1 g.kg ⁻¹

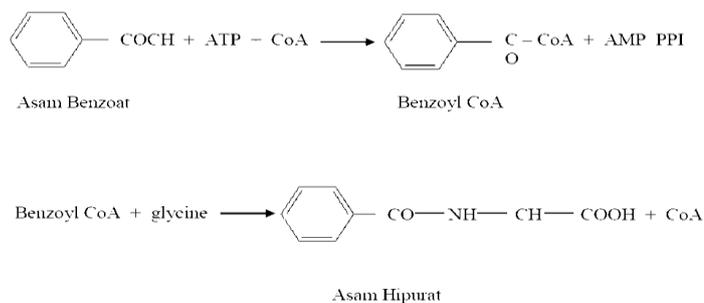
Sumber: (Badan Pengawas Obat dan Makanan, 2019)

Negara yang berbeda telah mengembangkan hukum dan aturan yang berbeda untuk mengelola bahan tambahan makanan. Misalnya, Amerika Serikat memiliki FDA (*Food and Drug Administration*), Australia memiliki NHMRC (*National Health and Medical Research Council*), dan Indonesia memiliki BPOM (Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan). Menurut Cahyadi (2009) hal ini wajar apabila ada perbedaan terkait pengawasan dan pemakaian bahan pengawet yang diizinkan di suatu negara.

Tingkat ADI (*Acceptable Daily Intake*) telah ditetapkan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) sebagai jumlah maksimum yang dapat dicerna setiap hari. Menurut (Badan Pengawas Obat dan Makanan, 2019) kisaran aman untuk natrium benzoat adalah 0-5 mg.kg⁻¹.

2.3.4 Metabolisme Natrium Benzoat Pada Tubuh

Natrium benzoat akan melewati membran dan memasuki aliran darah karena manusia tidak memiliki sistem yang dirancang khusus untuk menyerap bahan kimia. Berikut merupakan metabolisme asam benzoat dan garamnya dalam tubuh seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Metabolisme Asam Benzoat dan Garamnya di Dalam Tubuh

Penggunaan natrium benzoat yang melebihi dosis secara terus menerus akan menimbulkan penyakit kanker dan merusak sistem syaraf. Natrium benzoat akan menghasilkan benzoyl coenzyme A melalui absorpsi dari usus halus oleh enzim synthase dan diaktivasi melalui ikatan CoA oleh enzim acyltransferase, kemudian benzoyl coenzyme A akan berkonjugasi dengan glisin untuk membentuk asam hipurat di dalam hati dan dikeluarkan melalui urin. Mekanisme tersebut dapat mengeluarkan natrium benzoat antara 66–95 % dan sisanya yang tidak menghasilkan asam hipurat dapat dicerna dengan asam glukuronat dan dikeluarkan melalui urin. Selain itu, efek toksikologi natrium benzoat pada tubuh antara lain:

1. Apabila pemakaian pengawet, Pengawet yang bersifat karsinogenik tinggi akan terakumulasi dalam organ tubuh jika jenis dan dosisnya tidak terkontrol yang akan mengakibatkan keracunan (Cahyadi, 2009). Selain itu, penggunaan natrium benzoat dalam jumlah banyak pada minuman berisotonik akan berperan sebagai agen karsinogenik bereaksi dengan vitamin C dan menghasilkan benzena yang dikenal sebagai polutan udara dan menyebabkan kanker (Hilda, 1999),
2. Pada penderita asma dan urticarial akan mengiritasi lambung karena sangat sensitif terhadap asam benzoat dan garamnya (Yuliarti, 2007),
3. Dapat menyebabkan edema dari cairan penahan tubuh dan tekanan darah yang lebih tinggi dari peningkatan retensi air yang diinduksi natrium (Hilda, 1999),
4. Natrium benzoat yang ditambahkan diperkirakan dapat merusak DNA (Hilda, 1999), dan
5. Pemakaian benzoat sebagai pengawet dalam waktu yang lama akan memicu penyakit ginjal (Hilda, 1999).

2.4 Bahan Tambahan Pangan

Pengawet bekerja untuk mencegah mikroba menyebabkan fermentasi, keasaman, atau jenis kerusakan lainnya (Permenkes, 1988). Bahan pengawet ditambahkan ke dalam produk sari buah dan daging karena mudah dalam pertumbuhan bakteri atau jamur. Penyebab utama dalam kerusakan makanan

yaitu pertumbuhan mikroba dan proses kimiawi serta biokimia yang ada dalam makanan seperti adanya aktivitas enzim. Metode pengawetan makanan termasuk menghilangkan mikroorganisme, membatasi pertumbuhannya, dan mencegah perkembangbiakannya. Metode yang digunakan dalam pengawetan pangan adalah fisik dan kimiawi. Metode fisik digunakan untuk mengubah lingkungan sedemikian rupa sehingga bakteri tidak dapat hidup. Untuk perkembangan dan kelangsungan hidup, sebagian besar mikroorganisme membutuhkan oksigen, air, suhu yang sesuai, dan tingkat pH. Sementara metode kimia pengawetan makanan mengubah susunan biokimia sel mikroorganisme atau mengubah proses biokimia yang terlibat dalam metabolisme dan reproduksi.

2.4.1 Jenis Bahan Pengawet

Menurut Cahyadi (2009), jenis bahan pengawet dibagi menjadi dua antara lain:

a) Zat Pengawet Anorganik

Hidrogen peroksida, sulfit, nitrat, dan nitrit adalah pengawet anorganik yang sering digunakan. Selain sebagai pengawet keempat senyawa ini memiliki fungsi lain diantaranya:

1. Hidrogen peroksida berfungsi sebagai daya kembang terigu serta antioksidan,
2. Gugus sulfit dan karbonil dapat berinteraksi, mencegah warna coklat pada makanan dan minuman, dan
3. Untuk mendapatkan warna yang bagus dan menghentikan pertumbuhan kuman seperti *Clostridium botulinum*, bakteri yang dapat membuat racun mematikan, biasanya digunakan garam nitrat dan nitrit.

b) Zat Pengawet Organik

Dibandingkan dengan pengawet anorganik, pengawet organik lebih sederhana untuk diproduksi. Pengawet organik banyak digunakan dalam bentuk asam ataupun garamnya. Asam benzoat, asam asetat, asam sorbat, asam propionat, dan epoksida adalah contoh pengawet organik.

2.4.2 Kegunaan Bahan Pengawet

Pengawet dapat bertindak sebagai inhibitor, membasmi mikroorganisme, dan menghancurkan zat berbahaya. Pengawet yang berbeda memiliki berbagai tingkat kemampuan untuk mencegah kerusakan bakteri tergantung pada jenis dan jumlah pengawet yang digunakan. Secara umum bahan pengawet yang ditambahkan dalam pangan bertujuan untuk:

1. Menghambat mikroba patogen dan tidak patogen dalam pertumbuhan,
2. Meningkatkan umur simpan,
3. Tidak mempengaruhi kualitas gizi dan organoleptik bahan yang diawetkan, dan
4. Penggunaan pengawet berkualitas rendah tidak disembunyikan.

Menurut (Khurniyati & Estiasih, 2015) pengawet harus efisien, tidak beracun, tidak mengubah kualitas, tidak menyebabkan kanker, tidak melebihi ambang batas, bekerja dengan baik dengan pemrosesan, dan hemat biaya.

2.5 Tanaman Jeruk di Indonesia

Jeruk merupakan tanaman semusim dengan nama latin Citrus sp. yang berasal dari Asia. Berikut kenampakan jeruk yang ada di Indonesia seperti yang akan disajikan pada gambar 8.



Gambar 8. Buah Jeruk Kepron BW

Buah jeruk memiliki prospek cerah untuk terus dikembangkan. Menurut Rajagukguk et al., (2013) tanaman jeruk dapat tumbuh subur dalam berbagai situasi iklim dan dapat tumbuh baik di dataran rendah maupun dataran tinggi dan

jeruk dapat ditemukan sepanjang tahun. Klasifikasi botani tanaman jeruk sebagai berikut:

Divisi	: Spermatophyta
Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Rutales
Keluarga	: Rutaceae
Genus	: Citrus
Spesies	: Citrus sp.

Jeruk memiliki vitamin C sebesar 40-70 mg per 100 ml bergantung pada jenisnya dan vitamin C akan semakin berkurang ketika sudah tua (Pracaya, 2010). Zat besi non-organik yang terkandung dalam jus buah, daging, dan kulit lebih mudah diserap bila ada vitamin C. Mekanisme pertahanan yang ampuh melawan radikal bebas berbahaya adalah vitamin C, yang berfungsi sebagai antioksidan. Secara historis, vitamin C telah menjadi vitamin yang paling disukai di masyarakat karena kemampuannya untuk meningkatkan kekebalan (Aina & Suprayogi, 2012). Asam L-askorbat, juga dikenal sebagai vitamin C, adalah jenis antioksidan yang larut dalam air (aqueous antioxidant). Kristal putih vitamin C dengan massa molekul 176,13 dan rumus kimia $C_6H_8O_6$ adalah bentuk utamanya. Dengan kehilangan 2 atom hidrogen, vitamin C dapat dioksidasi dengan cepat dan tidak dapat diubah lagi untuk membuat asam dehidro asam L-askorbat. Salah satu vitamin yang diperlukan adalah vitamin C, yang tidak dapat diproduksi oleh manusia dan harus diterima dari luar tubuh (Sibagariang, 2010). Rasa asam yang terdapat pada buah disebabkan oleh vitamin C (Vitahelath, 2006). Buah jeruk sangat baik untuk pembentukan tulang anak-anak karena mengandung kapur dan fosfor selain kandungan vitamin C-nya yang tinggi. Kadar vitamin dan zat mineral buah jeruk tiap 100 gram dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Kadar Vitamin dan Zat Mineral Buah Jeruk Setiap 100 garam

Jenis Jeruk	Vit. A (LU)	Vit. B (gamma)	Vit. C (LU)	Protein (gram)	Besi (mgr)	Kapur (mgr)	Pospor (mgr)
Keprok	400	60	30	0,5	-	40	20
Manis	200	60	50	0,5	0,3	40	20
Nipis	-	60	40	0,3	0,1	10	10
Grape	-	60	50	0,3	0,1	20	20

Sumber: Kementan, 2015

Terdapat lima kelompok buah jeruk di dunia yaitu kelompok mandarin, orange, pomelo, citroen, dan lemon. Menurut Ichsan & Prayuginingsih, (2015) jenis jeruk lokal yang terdapat di Indonesia yaitu jeruk siam, keprok, nipis, purut, bali dan nambangan. Indonesia menempati urutan ke tiga di wilayah Asia-Pasifik dan menempati urutan pertama dalam produksi jeruk di wilayah ASEAN. Permintaan produk hortikultura yaitu buah akan terus mengalami peningkatan karena tanaman buah mempunyai persentase terbesar pada pengeluaran konsumsi makanan (Kementan, 2015).

Sementara itu, produksi jeruk nasional pada tahun 2014 diperkirakan sebesar 2.243.837 ton (Kementan, 2015). Jumlah produksi ini meningkat 4.13% dibandingkan produksi tahun 2013. Akan tetapi, jeruk termasuk komoditas yang memiliki laju pertumbuhannya di bawah 4.13% per tahun. Dalam hal ini memberi peluang bagi Indonesia untuk memimpin pasar jeruk di tingkat regional Asia-Pasifik bahkan ke tingkat ASEAN. Menurut Hanif & Zamzami, (2011) terjadi peningkatan impor jeruk setiap tahunnya sebesar 11% selama sepuluh tahun ini. Berdasarkan Kementerian Pertanian, (2015) total impor jeruk Indonesia mencapai pada tahun 2018 sebesar 377.670,736 ton. Negara importir terbesar jeruk ke Indonesia adalah Cina dengan total impor sebesar 137.841,851 US\$ pada tahun 2018 (Kementan, 2015).

2.6 Proses Pengolahan Sari Jeruk

Proses pengolahan sari jeruk diproduksi dengan ditambahkan gula dan bahan tambahan makanan yang diizinkan (BSN, 2014). Selain itu, konsistensi sari buah dalam bentuk cairan memungkinkan zat terlarut mudah diserap oleh tubuh karena pada proses pengolahan menyebabkan dinding sel selulosa hancur sehingga

lebih mudah dicerna oleh saluran pencernaan dan lambung. Memperhatikan jenis dan kualitas buah sangat penting karena sangat berpengaruh pada jus yang dihasilkan saat menggunakan buah matang untuk membuat jus. Sortasi, pencucian, pengupasan, pemotongan, penghancuran, ekstraksi, penyaringan, pengendapan, pemanasan, pengemasan, penyegelan, sterilisasi, pendinginan, dan penyimpanan adalah semua langkah dalam persiapan jus buah (Hartati, 2014).

Sari buah diproduksi dengan menghancurkan daging buah lalu diperas agar diperoleh sarinya dan ditambahkan gula dan pengawet. Selanjutnya sari buah disaring agar tidak terjadi endapan lalu dikemas dan di pasteurisasi agar dapat bertahan lama. Menurut (Novitasari, 2018) pengolahan 300 ml sari jeruk dengan penambahan CMC 1 % dan gula 526,15 gram akan menghasilkan sari jeruk dengan kadar gula 62,4 % yang diukur dengan hand refraktometer. Menurut Sinaga et al., (2012) perlakuan konsentrasi asam sitrat 2 % dari volume sari buah terung belanda dan gula 65 g dalam 45 ml sari buah menghasilkan jeli dengan karakteristik terbaik dengan kriteria: kadar air 65,60 % b/b, kadar antosianin 0,42 mg/100g, total gula 31,31 %, pH 2,75, total padatan terlarut 17,10 °Brix.

2.7 Proses Pasteurisasi

Pasteurisasi dilakukan pada suhu di bawah 100 °C yang bertujuan untuk mematikan sebagian mikroba terutama khamir, kapang dan beberapa bakteri yang tidak membentuk spora, sehingga bahan pangan akan mempunyai daya tahan beberapa hari (seperti produk susu pasteurisasi) dan beberapa bulan (seperti produk sari buah pasteurisasi). Pasteurisasi cukup efektif untuk dekontaminasi mikroba. Hal ini karena perlakuan dengan pemanasan pada 70-90 °C menyebabkan kerusakan bersifat permanen pada komponen sel mikroba (Mackey et al., 1991). Kusuma et al., (2007) menyatakan bahwa pemanasan dalam proses pasteurisasi dapat mengurangi jumlah mikroba pada jus jeruk mula-mula sebanyak $1,3 \times 10^6$ koloni.mL⁻¹, setelah pasteurisasi jumlah mikroba pada jus jeruk menjadi $5,5 \times 10^1$ koloni.mL⁻¹.

Tingkat keasaman berdampak pada peningkatan daya tahan (pH) yang diinduksi pasteurisasi. Jus buah harus dipasteurisasi pada suhu 65 °C selama 30

menit, 77 °C selama 1 menit, dan 88 °C selama 15 detik (Bejan & Kraus, 2003). Menurut Kusuma et al., (2007) apabila suhu pasteurisasi terlalu tinggi dan waktu lama maka akan menurunkan nutrisi dan vitamin. Pasteurisasi pada jus buah menyebabkan terjadinya tiga reaksi yaitu *maillard*, karamelisasi dan oksidasi askorbat. Reaksi *maillard* terjadi karena adanya gula reduksi dan protein (gugus amino) yang dapat bereaksi membentuk pigmen coklat (Murray et al. 2003), sedangkan oksidasi asam askorbat mengakibatkan terbentuknya *furfural* berwarna coklat (Kusuma et al., 2007).

2.8 Standar Mutu Sari Jeruk Berdasarkan SNI 3719-2014

SNI merupakan acuan yang digunakan untuk menilai mutu dari sari buah. SNI 3719:2014 mengenai syarat mutu sari buah dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. SNI 3719-2014 Syarat Mutu Sari Buah

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		
	• Bau	-	Normal
	• Rasa	-	Khas Buah
	• Warna	-	Khas Buah
2	Keasaman	%	Minimal 0,35
3	Padatan Terlarut	°Brix	Minimal 11,2
4	Cemaran Logam		
	• Timbal (Pb)	mg.kg ⁻¹	Maks. 0,2
	• Kadmium (Cd)	mg.kg ⁻¹	Maks. 0,2
	• Timah (Sn)	mg.kg ⁻¹	Maks. 40,0/ Maks. 250*
	• Merkuri (Hg)	mg.kg ⁻¹	Maks. 0,03
5	Cemaran arsen (As)	mg.kg ⁻¹	Maks 0,1
6	Cemaran mikroba		
	• Angka Lempeng total	Koloni.mL ⁻¹	Maks. 1 x 10 ⁴
	• <i>Staphylococcus aureus</i>	-	Negatif.mL ⁻¹
	• Kapang dan khamir	Koloni.mL ⁻¹	maks. 1 x 10 ²

CATATAN: *untuk produk pangan yang dikemas dalam kaleng

Sumber: BSN, 2014

2.9 Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FTIR)

Spektrofotometer FTIR adalah salah satu teknik analisis yang banyak dimanfaatkan pada produk pangan sebab hasil pengukuran yang akurat, proses analisisnya relatif cepat dan preparasi yang mudah (Hashim et al., 2010). Prinsip

kerja FTIR adalah bahwa serapan inframerah sampel dapat digunakan untuk menentukan gugus fungsi suatu bahan kimia. Pola absorbansi setiap sampel berbeda-beda, sehingga mudah untuk membedakan dan dikuantifikasikan (Sankari et al., 2010). Kegunaan spektrometri inframerah adalah untuk menentukan gugus fungsi (Ardiansyah, 2011). Spektroskopi inframerah sangat berguna dalam mengidentifikasi spektrum molekul organik memiliki banyak puncak dan Zat fungsional menyerap cahaya IR pada frekuensi tertentu (Silviah et al., 2019). Menurut Kumosinski & Farrell (1993) berdasarkan ciri khas struktur antar molekulnya, hasil dari spektroskopi FTIR dapat membedakan dua sampel. Setiap sampel berbeda dalam menyerap cahaya, bergantung pada ikatan antar atom, sifat fisikokimia dan karakteristik gugus fungsinya. Spektrum IR secara kompleks menyebabkan analisis data secara visual dan langsung menjadi sulit untuk dilakukan. Menurut Siregar (2014) kemampuan dalam mengaitkan profil spektrum menggunakan teknik kemometrika untuk membaca informasi tersembunyi yang terdapat dalam sampel.

Senyawa organik (sampel) ketika dilewatkan foton inframerah, menghasilkan frekuensi yang diserap dan ditransmisikan. Struktur listrik suatu molekul mempengaruhi seberapa banyak cahaya yang dapat diserapnya. Energi ini diserap oleh molekul, yang mengubah energi vibrasi dan rotasi yang ada. Senyawa organik memiliki frekuensi tertentu di mana getaran lentur dan getaran regangan terjadi saat molekul dalam keadaan diam pada suhu ruang. Dalam spektrum inframerah, serapan regangan ikatan yang sama lebih menonjol daripada serapan lenturnya. Kita dapat menyimpulkan bahwa dalam suatu ikatan, energi regangan lebih besar daripada energi lengkung. Persamaan hukum Hooke dapat digunakan untuk menentukan frekuensi getaran ikatan seperti berikut ini:

$$V = \frac{1}{2} \frac{f}{c m_1 m_2 (m_1 + m_2)}^{1/2}$$

Keterangan:

n = frekuensi spasial (cm^{-1})

c = kecepatan cahaya dalam ruang hampa

f = tetapan gaya ikatan

m_1 dan m_2 = massa atom 1 dan 2

Untuk setiap jumlah ikatan, konstanta f memiliki nilai yang berbeda yaitu kelipatan $5 \times 10^5 \text{ dyn.cm}^{-1}$ untuk setiap ikatan. Menurut Suseno & Firdausi (2008) frekuensi vibrasi suatu ikatan akan naik jika kekuatan ikatan naik.

2.10 Response Surface Method (RSM)

Dalam pemodelan dan analisis, Response Surface Methodology (RSM) adalah teknik matematika dan statistik yang digunakan untuk menentukan kondisi terbaik untuk variabel respons dan untuk menentukan dampak variabel independen terhadap respons. Bentuk persamaan, baik orde satu maupun orde dua, merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam melakukan analisis dengan metode ini (Montgomery, 2001). Jenis eksperimen, apakah *sequential* atau *non sequential*, adalah hal berikutnya yang perlu dipertimbangkan jika fungsi yang dibuat adalah orde dua. Kedua faktor ini memiliki dampak yang signifikan terhadap bagaimana proses desain dibuat. Apabila suatu fungsi berorde satu maka percobaannya menggunakan 2^k faktorial artinya hanya memiliki dua level setiap perlakuan. Desain permukaan respons orde satu memiliki unit percobaan yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan orde dua, sedangkan berorde dua rancangan percobaannya menggunakan *Central Composite Design* (CCD) atau *Box-Behnken Design* (BBD).

2.10.1 Rancangan Percobaan yang Sesuai untuk Permukaan Respon

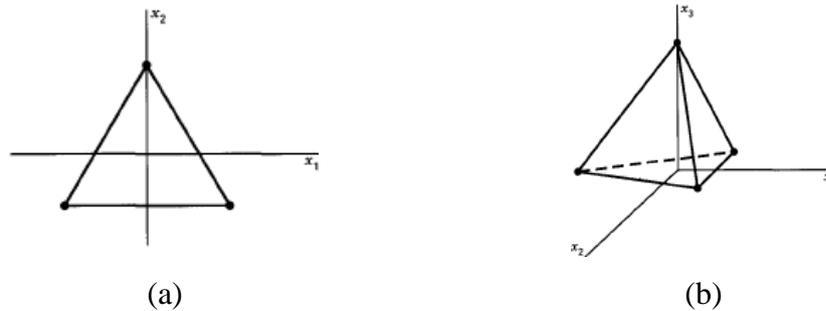
Syarat pemilihan rancangan percobaan yang sesuai untuk metode permukaan respon sebagai berikut:

1. Menyajikan informasi secara jelas
2. Pencarian model respon dapat dilakukan
3. Dapat membuat pola dengan urutan tertinggi
4. Menawarkan koefisien model yang akurat
5. Tidak memerlukan beberapa variabel bebas

1. Rancangan Model Orde Pertama

Desain eksperimental orde pertama digunakan yaitu *orthogonal first-order*. Rancangan faktorial ini saling independen dan dibuat kode untuk level-level rendah dan tinggi dalam k faktor, misalnya ± 1 . Selain itu, ada pula

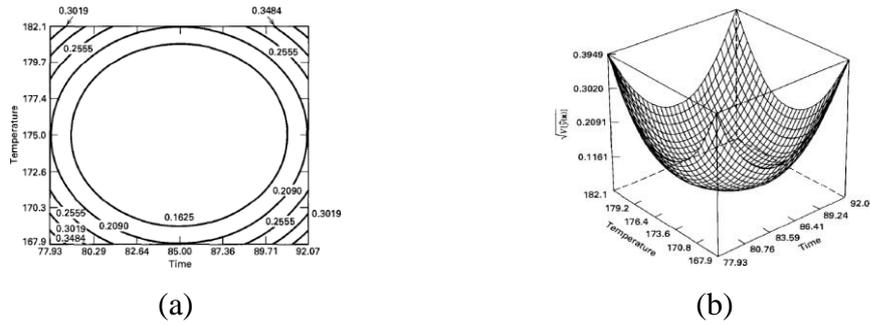
rancangan yang termasuk rancangan *orthogonal first-order*, yaitu rancangan *simplex*. Rancangan ini biasanya digambarkan dalam suatu bangun ruang dengan $k+1$ titik dalam dimensi k . Dengan demikian untuk $k = 2$ rancangan *simplex* menjadi segitiga sama sisi dan untuk $k = 3$ menjadi *tetrahedral* seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Rancangan orde satu untuk (a) 2 dimensi dan (b) 3 dimensi

2. Rancangan Model Orde Kedua

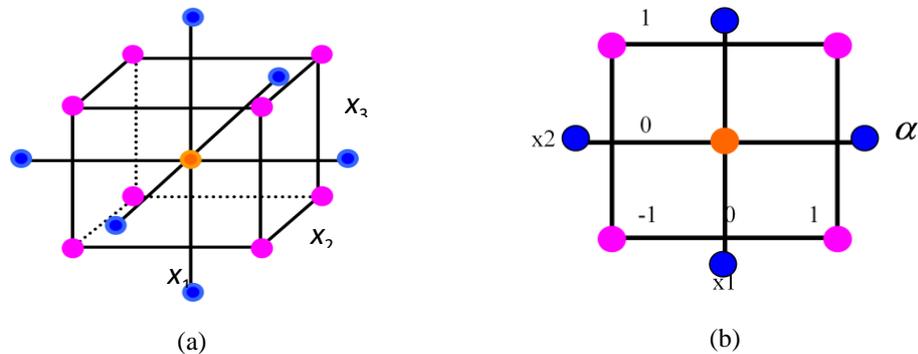
Rancangan yang paling banyak digunakan untuk model orde kedua ialah *Central Composite Design* (CCD) karena terdiri atas faktorial 2^k (atau fraksional faktorial dengan resolusi V). Secara praktis, CCD diterapkan melalui percobaan sekuensial. Percobaan tersebut merupakan faktorial 2^k yang telah melalui model orde pertama namun memperlihatkan ketidaksesuaian model (*lack of fit*), kemudian titik-titik aksial ditambahkan ke dalam percobaan untuk memenuhi titik-titik kuadratik. Peneliti perlu mengetahui dua faktor desain terlebih dahulu: (1) jarak titik aksial dari pusat desain, dan (2) jumlah titik pusat, nC . Model orde kedua yang dibangun harus dapat mencapai titik optimal, yang dapat dilakukan jika varians model untuk nilai respons yang diprediksi pada titik x tertentu konsisten dan konstan. Kontur melingkar yang tepat dibuat oleh deviasi standar konstan respons. Rancangan yang memiliki sifat ini tidak akan membuat varians berubah meskipun rancangannya dirotasi di sekitar pusatnya $(0, 0, \dots, 0)$, oleh karena itu disebut rancangan yang *rotatable*.



Gambar 10. Surface Plot untuk (a) 2 dimensi dan (b) 3 dimensi

a. Rancangan *Central Composite Design* (CCD)

Central composite design merupakan sebuah perancangan percobaan yang terdiri dari rancangan $2k$ faktorial dengan ditambah beberapa center run dan axial 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 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 run).

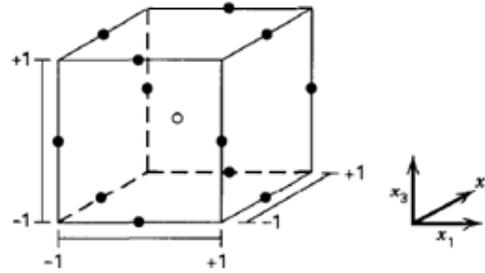


Gambar 11. CCD untuk (a) Geometrik CCD 3 faktor dengan 8 nf, 6 aksial dan center point dan (b) Geometrik CCD 2 faktor dengan 4 nf, 4 aksial dan center point

b. Rancangan *Box-Behnken Design* (BBD)

Pada tahun 1960, Box dan Behnken mempresentasikan metode tiga tahap untuk membuat permukaan respons. Faktorial $2k$ dan desain pemblokiran tidak lengkap digabungkan untuk membuat desain ini. Desain yang dihasilkan memenuhi protabilitas, atau setidaknya mendekati rotabilitas, dan biasanya

sangat efektif dalam menentukan jumlah respon yang akan dijalankan.



Gambar 12. Rancangan Box-Behnken untuk tiga faktor ($k=3$)

2.10.2 Analysis of Variance (ANOVA)

Analysis of Variance atau disingkat sebagai ANOVA adalah sebuah metode analisis yang digunakan untuk menguji hipotesis kesamaan rata-rata dari populasi yang berjumlah tiga atau lebih (Pritasari, et.al. 2013). Hasil akhir dari analisis ANOVA adalah nilai F test atau F hitung. Nilai F Hitung ini yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai pada f tabel. Jika nilai f hitung lebih dari f tabel, maka dapat disimpulkan bahwa menerima H_1 dan menolak H_0 atau yang berarti ada perbedaan bermakna rata-rata pada semua kelompok (Hidayat, 2017). *Analysis of Variance* (ANOVA) dibagi menjadi 3 bagian sebagai berikut:

a. *OneWayANOVA*

One Way ANOVA digunakan ketika variabel bebas berjumlah satu dan variabel terikat berjumlah satu atau lebih dari satu.

b. *Two Way ANOVA*

Two Way ANOVA digunakan ketika variabel bebas berjumlah dua dan variabel terikat berjumlah satu atau lebih dari satu.

c. *Mixed ANOVA*

Mixed ANOVA digunakan ketika variabel bebas berjumlah lebih dari dua dan variabel terikat berjumlah satu atau lebih dari satu.