

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Garam

Garam diartikan sebagai benda padat berwarna putih berbentuk kristal yang merupakan kumpulan senyawa dengan bagian terbesar NaCl (>80%) serta senyawa lainnya, seperti magnesium klorida, magnesium sulfat, dan kalsium klorida (Kirabira, Kasedde, dan Lwanyaga, 2017). Garam merupakan senyawa yang terbentuk dari reaksi asam dan basa. Garam adalah senyawa tanpa muatan yang terdiri atas kation (ion positif) dan anion (ion negatif). Selain itu, garam bersifat elektrolit (dapat menghantarkan aliran listrik) ketika dilarutkan di dalam air. Oleh karena itu, garam menjadi salah satu sumber elektrolit yang penting bagi tubuh manusia. Voet, Voet, & Pratt (2016) menjelaskan bahwa garam dapat dikelompokkan dalam beberapa klasifikasi berdasarkan sifat kelarutannya, yaitu:

1. Garam alkali, yaitu garam yang menghasilkan ion hidroksida ketika dilarutkan dalam air;
2. Garam asam, adalah garam yang menghasilkan ion hidrogen ketika dilarutkan dalam air;

3. Garam netral, merupakan garam yang tidak bersifat asam maupun basa;
4. *Zwitterion* tidak dikelompokkan sebagai garam, tetapi mengandung pusat anionik dan kationik dalam molekul yang sama. Beberapa yang termasuk ke dalam *zwitterion* antara lain asam amino, banyak metabolit, peptida, dan protein.

2. Fungsi, Manfaat, dan Kebutuhan

Garam merupakan salah satu dari sembilan kebutuhan pokok yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam berbagai industri. Menperin (Kementerian Perindustrian, 2022) menyebutkan bahwa kebutuhan garam nasional tahun 2022 berdasarkan neraca garam sebesar 4,5 juta ton garam yang terdiri dari kebutuhan garam industri sebesar 3,7 juta ton dan 800 ribu ton konsumsi rumah tangga maupun komersial.

Menurut SNI (Kementerian Perindustrian, 2010), fungsi garam dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Garam konsumsi, merupakan garam yang dimanfaatkan dalam konsumsi rumah tangga, industri pengawetan ikan, dan industri makanan. Garam konsumsi memiliki kadar NaCl sebesar 87%.
2. Garam industri, merupakan garam yang digunakan dalam industri penyamakan kulit dan tekstil, industri perminyakan, hingga industri *pharmaceutical salt*. Garam industri memiliki

kadar NaCl lebih besar dari garam konsumsi yaitu sebesar 97,5%.

Garam merupakan salah satu sumber iodium yang familiar di kalangan masyarakat. *World Health Organization* (WHO) menjelaskan bahwa kekurangan konsumsi iodium dapat mengakibatkan kondisi gangguan pertumbuhan seperti keterbelakangan mental pada anak dan pembesaran kelenjar tiroid yang disebut dengan Gangguan Akibat Kekurangan Iodium (GAKI). Ajinata dkk (2016) mengemukakan bahwa GAKI dapat dicegah dengan dengan pemberian iodium yang cukup. Oleh karena itu, penggunaan garam beriodium dalam rumah tangga harus tercukupi dengan baik sesuai dengan angka kecukupan gizi. Berdasarkan AngkaKecukupan Gizi Permenkes RI No.28 Tahun 2019, kebutuhan iodium digolongkan dalam rentang usia sebagai berikut:

Tabel 1. Kebutuhan iodium berdasarkan rentang usia

Kategori	Kebutuhan mcg/hari
Usia 0-9 tahun	90-120
Pria usia 10-80 tahun dan >80 tahun	120-150
Wanita usia 10-80 tahun dan >80 tahun	120-150
Wanita hamil	>70
Wanita menyusui	>140

3. Produksi Garam (Tradisional dan Teknologi)

Kebutuhan garam nasional pada tahun 2016 terbilang cukup banyak yaitu sebanyak 3 juta ton, tetapi produksi garam hanya

mencapai 118 ribu ton. Produksi garam nasional tersebut hanya dapat memenuhi kebutuhan garam konsumsi dan mengalami defisit dalam produksi garam industri. Keterbatasan produksi garam tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu: 1) Terbatasnya teknologi produksi garam di Indonesia yang secara umum masih dilakukan secara tradisional dan 2) Lokasi produksi yang tidak tepat. Menyikapi hal tersebut, pemerintah melalui Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) mencanangkan program integrasi lahan produksi garam dalam satu kawasan sebesar 15 ha. Dengan adanya program yang dinamakan sebagai Pengembangan Usaha Garam Rakyat (PUGaR) tersebut, diharapkan produktivitas industri produksi garam dapat semakin meningkat.

Pada prinsip dasarnya, pembuatan garam dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan melakukan kristalisasi (teknik pemisahangaram) dan pemekatan (teknik penguapan air). Proses pembuatan garam di Indonesia secara umum dilakukan dengan penguapan air laut dengan bantuan panas matahari maupun sumber panas lainnya. Ihsanuddin dkk (2016) menjelaskan bahwa produksi garam yang dilakukan di Indonesia dibagi menjadi tiga tahap, yaitu dimulai dari kolam penampungan air (bozem), peminihan, dan meja kristalisasi. Produksi garam yang dilakukan secara konvensional umumnya dilakukan di lokasi yang berada di sekitar sumber air bahan baku garam. Kelemahan produksi garam secara konvensional yaitu

prosesnya yang sangat bergantung dengan kondisi alam, terutama besarnya curah hujan di lokasi produksi garam. Sebagai salah satu negara tropis yang dilewati oleh garis ekuator, rata-rata curah hujan di Indonesia tergolong cukup tinggi berkisar antara 2.000-3.000 mm per tahun. Hal tersebut sangat mempengaruhi proses penguapan air bahan baku garam. Selain itu, produksi garam secara konvensional juga cenderung memiliki *quality control* yang terbatas, sehingga mutu garam yang dihasilkan tidak konsisten. Salah satu perhatian utama dalam proses produksi garam secara konvensional yaitu besarnya kemungkinan kontaminasi tanah terhadap garam yang diproduksi.

Menyikapi hal tersebut, teknologi produksi garam pun kini berkembang secara masif dan progresif. Teknologi pembuatan garam terus berkembang di Indonesia, salah satunya adalah teknologi *salt tunnel* yang memanfaatkan plastik geomembran. Berkebalikan dengan produksi garam konvensional, produksi garam dengan teknologi *tunnel* dilakukan secara tertutup sehingga proses produksi tidak terganggu apabila hujan turun. Penelitian yang dilakukan oleh Arawiyah dkk (2015) telah menguji keefektifitasan penggunaan media plastik geomembran sebagai media yang dalam mempercepat proses kristalisasi garam. Selain itu, mutu garam yang dihasilkan dari teknologi ini juga lebih unggul dibandingkan dengan cara produksi tradisional.

Listanti & Mustafa (2020) mengemukakan bahwa metode *Greenhouse Salt Tunnel* dalam membuat suhu air bertahan walaupun suhu di sekitar *tunnel* mengalami perubahan. Metode *Greenhouse Salt Tunnel* membantu mempercepat proses produksi garam dengan adanya *tunnel* yang mempercepat proses kristalisasi. *Tunnel* yang digunakan dalam metode ini merupakan desain kerangka bambu yang dipasang secara melengkung menyerupai terowongan. Plastik UV digunakan sebagai penutup kerangka tersebut. Selain itu, plastik geomembran dipasang pada bagian dalam masing-masing *tunnel*. Metode ini menghasilkan mutu garam dengan kadar NaCl yang cukup tinggi, yaitu sebesar 96,07% dan 94,17% yang berasal dari dua wilayah yang berbeda.

Penelitian yang dilakukan oleh Syafii dkk (2018) juga menemukan hasil yang serupa, dimana produktivitas *tunnel* sebesar 80-100 ton/ha dengan kandungan NaCl sekitar 93%, dan kandungan magnesium (Mg) sekitar 2,46 mg/liter. Hal tersebut membuktikan bahwa garam yang dihasilkan dari metode *tunnel* merupakan garam berkualitas tinggi. Selain itu, produksi garam dengan metode *tunnel* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode tradisional, seperti waktu panen yang lebih cepat, tahan cuaca, prosesnya mudah, dan keuntungan yang lebih tinggi.

4. Teknologi *Tunnel* Garam

Teknologi *tunnel* garam merupakan salah satu teknologi pembuatan garam yang telah banyak diuji keefektifitasannya. Di Indonesia, penelitian mengenai *tunnel* garam dilaksanakan di tempat yang berbeda (Listanti & Mustafa, 2020; Syafii, 2018; Arawiyah dkk., 2015; Rusiyanto dkk., 2013) dan menghasilkan temuan serupa dimana garam yang dihasilkan memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan proses pembuatan garam yang dilakukan secara tradisional. Rusiyanto dkk (2013), dalam penelitiannya, menemukan bahwa garam yang diperoleh dari tambak yang menggunakan membran HDPE mempunyai keunggulan dalam hal kualitas, yaitu kadar NaCl, penampilan fisik yang lebih putih dan bersih, lebih higienis daripada produksi garam konvensional. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Dwiwitno dkk (2021) menemukan hasil bahwa kontaminasi mikroplastik secara signifikan lebih tinggi pada garam laut yang diproduksi secara tradisional dibandingkan dengan metode geomembran dan *tunnel*.

Kelebihan yang didapat ketika menerapkan teknologi *tunnel* garam adalah kontrol suhu yang lebih mudah dilakukan. Beberapa faktor yang memengaruhi penguapan air dalam proses pembuatan garam antara lain kecepatan angin, suhu, dan kelembaban udara. Semakin tinggi suhu udara maka semakin cepat pula proses penguapan air yang dapat mempercepat proses pembuatan garam.

Sedangkan beberapa kelemahan yang ditemukan dalam teknologi *tunnel* garam ini antara lain sifat geomembran yang digunakan dalam metode *tunnel* cenderung rentan mengalami kerusakan fisik yang disebabkan oleh lingkungan sekitar seperti batu kerikil, api, dan kesalahan dalam pemasangan (Hoiriyah, 2019). Oleh karena itu, proses pembuatan *tunnel* dan pemasangan geomembran harus sesuai dengan standar sehingga dapat memperkecil kemungkinan kerusakan fisik yang terjadi.

Gambar 1. Teknologi Tunnel Garam Desa Tlogopragoto
(Dokumentasi Pribadi)



5. Analisa Garam

a. Pengujian Organoleptik

Pengujian organoleptik merupakan cara uji dengan menggunakan indra manusia sebagai alat utama untuk mengukur daya penerimaan. Pengujian organoleptik yang dilakukan

meliputi bau, rasa, dan warna (Puni dkk., 2020). Pengujian organoleptik mutu garam menurut SNI (01-3556-2000) terdiri atas uji perbedaan segitiga dan uji perbedaan duo trio. Uji perbedaan segitiga merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui tingkat perbedaan jenis garam berdasarkan aspek bau, rasa, dan warna yang kemudian diinterpretasikan dalam tiga tingkat atau taraf yaitu, berbeda sangat nyata (taraf 1%), berbeda nyata (taraf 5%), dan berbeda tidak nyata (taraf 5%).

Uji perbedaan duo trio merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui jenis garam yang sama atau hampir sama yang beredar di pasaran berdasarkan aspek bau, rasa, dan warna yang kemudian diinterpretasikan dalam tiga tingkat atau taraf yaitu, berbeda sangat nyata (taraf 1%), berbeda nyata (taraf 5%), dan berbeda tidak nyata (taraf 5%).

b. Uji Kadar Air

Kadar air adalah jumlah kandungan air dalam suatu bahan yang ditentukan dengan apabila suatu bahan dipanaskan pada suhu pengujian, akan terjadi pengurangan berat suhu bahan. Kehilangan berat tersebut terjadi karena ketika bahan dipanaskan hingga suhu antara 100–150 °C air dan volatil lainnya akan menguap, sehingga berat yang berkurang dianggap sebagai berat air (Deglas dan Yosefa, 2020). Menurut SNI 8207 : 2016

persyaratan mutu garam konsumsi beryodium harus memiliki nilai maksimal kadar air yaitu 7%.

Prinsip analisa kadar air menurut SNI (3556: 2016) adalah kadar air dihitung dengan menghitung jumlah kandungan air pada garam yang hilang selama proses pemanasan oven pada suhu $(110 \pm 2) ^\circ\text{C}$ yang kemudian dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

W0 = bobot cawan kosong dan tutupnya (gram)

W1= bobot cawan, tutupnya dan sampel sebelum dikeringkan (gram)

W2= bobot cawan, tutupnya dan sampel sesudah dikeringkan (gram)

(BSN 3556 : 2016)

c. Uji Kadar Logam Berat

Logam berat dapat diartikan sebagai beberapa kelompok logam yang memiliki kerapatan atau massa jenis besar hingga melebihi 5g/cm^3 dengan nomor atom 22 sampai dengan 92. Logam berat bersifat racun dan dianggap berbahaya bagi kesehatan bila terakumulasi berlebihan dalam tubuh. Bahan makanan atau produk olahan yang tercemar logam berat seperti Besi (Fe), Mangan (Mn), timbal (Pb), dan lain sebagainya sangat

berbahaya dan dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti gangguan sirkulasi, gangguan syaraf, dan gangguan fungsi ginjal. Beberapa cara untuk mengatasi pencemaran logam berat dalam garam salah satunya adalah dengan uji kadar logam berat metode adsorpsi. (Adhani dan Husaini, 2017)

Beberapa jenis logam yang termasuk kategori logam berat sebagai berikut: Aluminium (Al), Antimony (Sb), Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Cobalt(Co), Merkuri (Hg), Cuprum (Cu), Ferrum (Fe), Manganese(Mn), Molybdenum(Mo), Selenium (Se), Silver(Ag), Tin(Sn), Plumbum(Pb), Vanadium(V) dan Zinc (Zn). Logam berat seperti; Merkuri (Hg), Cadmium (Cd), Plumbum(Pb), Chromium (Cr), Cuprum (Cu), Cobalt (Co) sangat berbahaya bila kadar yang terlarut dalam tubuh manusia cukup tinggi atau melebihi ambang batas baku. Logam-logam berat tersebut bersifat sangat toksik yang dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui beberapa cara yaitu makanan, pernafasan dan penetrasi kulit (Sutamihardja, 2006).

Logam berat dibagi ke dalam dua jenis, yaitu logam berat esensial dan logam berat tidak esensial. Logam berat esensial adalah logam dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme, dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan efek toksik. Logam yang termasuk dalam logam esensial contohnya adalah Zn, Cu, Fe, Co, dan Mn. Logam non esensial adalah logam

yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya. Yang termasuk dalam logam ini contohnya adalah Pb, Hg, Cd, dan Cr. Besi (Fe) merupakan salah satu logam berat yang bersifat esensial bagi manusia, yaitu logam yang dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek toksik (Hasni dan Ulfa, 2016).

Persyaratan mutu cemaran logam berat untuk garam konsumsi beryodium sesuai dengan BSN (3556 : 2016) disajikan dalam Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Persyaratan mutu cemaran logam berat garam konsumsi beryodium

Parameter Uji	Persyaratan (mg/Kg)
Timbal (Pb)	Maks. 10,0
Kadmium (Cd)	Maks. 0,5
Raksa (Hg)	Maks. 0,1
Arsen (As)	Maks. 0,1

Menurut Permenkes (2017), Kadar besi maksimum yang diperbolehkan ada di dalam tubuh sebesar 1 mg/liter. Angka kecukupan gizi (AKG) tembaga berdasarkan WHO (1973) mengenai Trace Elements in Human Nutrition menjelaskan bahwa batas toleransi tertinggi yang dapat dikonsumsi adalah 0,5 mg Cu / kg berat badan per hari.

d. Timbal (Pb)

Timbal adalah logam berkilau berwarna putih kebiruan atau kelabu keperakan. Logam ini memiliki nomor atom 82, bobot atom 207,20 g/mol, titik leleh 327°C, dan titik didih 1755°C (BSN, 2009). Timbal dapat dikenal dengan Pb atau timah hitam termasuk dalam golongan logam berat yang penguraiannya tidak dapat dilakukan oleh proses alam. Kandungan timbal yang tinggi di lingkungan dapat membahayakan terutama di wilayah pesisir karena banyak ditemukan beberapa biota yang dapat dikonsumsi. Keberadaan timbal di pesisir dapat diserap oleh mangrove melalui akar (Jupriyati dkk., 2013).

Timbal sebenarnya terbentuk secara alami di alam, namun kebanyakan dari konsentrasi timbal di lingkungan berasal dari hasil aktivitas manusia. Akibat penggunaan timbal pada bahan bakar, siklus timbal buatan telah terbentuk. Pada mesin kendaraan, timbal dibakar sehingga garam timbal (klorin, bromin dan oksida) akan terbentuk. Garam timbal ini masuk ke dalam lingkungan melalui buangan gas kendaraan. Partikel berukuran lebih besar akan segera jatuh ke tanah kemudian mencemari tanah atau permukaan air. Sementara itu, partikel berukuran lebih kecil akan bergerak pada jarak yang jauh melalui udara dan menetap di atmosfer. Timbal ini akan jatuh kembali ke tanah ketika hujan. Siklus timbal akibat aktivitas manusia ini jauh lebih luas dari

siklus timbal alami. Hal tersebut menyebabkan polusi timbal menjadi masalah dunia (Lenntech, 2016).

Prinsip uji timbal (Pb) menurut BSN (3556:2016) yaitu contoh uji dilarutkan dengan air suling dan dianalisis menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang maksimal 283,3 nm dengan rumus perhitungan:

$$\text{Kadar logam Cd (mg/kg)} = \frac{C}{W} \times V \times fp \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

C = konsentrasi logam dari kurva kalibrasi ($\mu\text{g/mL}$);

V = volume larutan akhir (mL)

W = bobot contoh (g)

Fp = faktor pengenceran.

e. Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) adalah logam berat yang memiliki nomor atom 48, berat atom 112,41 g, berat jenis 8,642 g/cm³ pada 20⁰C, titik leleh 320,9⁰C, titik didih 767⁰C, tekanan uap 0,013 Pa pada 180⁰C. Kadmium merupakan logam alami di dalam kerak bumi. Kadmium murni berbentuk logam lunak berwarna putih perak. Namun, kadmium murni belum pernah ditemukan hingga saat ini. Kadmium biasa ditemukan sebagai mineral terikat dengan unsur lain seperti oksigen, klorin atau sulfur. Kadmium tidak berasa

maupun beraroma spesifik. Kadmium merupakan logam berat tertoksik nomor 7 berdasarkan peringkat Agency for Toxic Substances and Disease Registry atau biasa disingkat ATSDR (Jaishankar dkk, 2014).

Kadmium adalah produk sampingan dari produksi seng. Tanah dan batuan, termasuk batu bara dan mineral pupuk, mengandung beberapa jumlah kadmium. Kadmium memiliki banyak aplikasi, misalnya dalam baterai, pigmen, plastik dan coating logam dan secara luas digunakan dalam elektroplating (Martin & Griswold, 2009). Kadmium dan senyawanya diklasifikasikan sebagai karsinogen bagi manusia oleh Badan Internasional untuk Penelitian Kanker (Henson & Chedrese, 2004).

Secara umum, sumber utama kadmium adalah dari deposisi atmosferik, proses smelting dan refining dari logam non ferrous, proses industri terkait produksi bahan kimia dan metalurgi, serta air buangan limbah domestik. Diperkirakan 1.000 ton kadmium dilepaskan per tahun ke atmosfer dari smelters dan pabrik-pabrik pengolah Cd. Pelepasan kadmium ke dalam perairan alamiah sebagian besar berasal dari industri galvanik. Sumber lain polusi kadmium adalah industri baterai, pupuk dan fungisida dengan kandungan Cd dan Zn (Allen dkk., 1998)

Prinsip uji kadium (Cd) menurut BSN (3556:2016) yaitu contoh uji dilarutkan dengan air suling dan dianalisis menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang maksimal 228,8 nm dengan rumus perhitungan:

$$\text{Kadar logam Cd (mg/kg)} = \frac{C}{W} \times V \times fp \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

C = konsentrasi logam dari kurva kalibrasi ($\mu\text{g/mL}$);

V = volume larutan akhir (mL)

W = bobot contoh (g)

Fp = faktor pengenceran.

f. Arsen (As)

Arsenik atau arsen memiliki nomor atom 33, bobot atom 74,92 dan bobot jenis 5,72 g/cm^3 , titik leleh 817 $^{\circ}\text{C}$, titik didih 613 $^{\circ}\text{C}$, dan tekanan uap 0 Pa. Arsenik merupakan logam anorganik berwarna abu-abu dengan kelarutan dalam air sangat rendah. Arsenik pada konsentrasi rendah terdapat pada tanah, air, makanan dan udara (BSN, 2009).

Arsen merupakan satu unsur paling beracun dan dijumpai dalam tanah, air dan udara. Secara alami arsen dihasilkan dari letusan gunung vulkanik yang dapat melepaskan sekitar 3000 ton setiap tahun. Meskipun demikian aktivitas manusia adalah yang

diduga bertanggung jawab atas pelepasan arsen lebih dari 80.000 ton tiap tahun karena pembakaran bahan bakar dari fosil dan berbagai kegiatan industri. Arsen banyak ditemukan di dalam air tanah, terbagi dalam dua bentuk, yaitu bentuk tereduksi, terbentuk dalam kondisi anaerobik, sering disebut arsenit. Arsenat adalah bentuk teroksidasi yang terjadi pada kondisi aerobik (Titin, 2010).

Prinsip kerja dari aju Arsen adalah contoh didestruksikan dengan asam menjadi larutan arsen. Larutan As^{5+} direduksi dengan KI menjadi As^{3+} dan direaksikan dengan $NaBH_4$ atau $SnCl_2$, sehingga terbentuk AsH_3 dibaca dengan SSA pada panjang gelombang 193,7 nm yang kemudian dihitung dengan rumus :

Perhitungan:

$$\text{Kadar logam As (mg/kg)} = \frac{C}{W} \times V \times f \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

C = konsentrasi logam dari kurva kalibrasi ($\mu\text{g/mL}$);

V = volume larutan akhir (mL)

W = bobot contoh (g)

Fp = faktor pengenceran.

g. Raksa (Hg)

Raksa adalah unsur kimia, yang mempunyai nomor atom 80, berat atom 200,61 dan jari-jari atom 1,48 Å. Merupakan satu-satunya unsur logam yang berbentuk cair pada suhu kamar (25°C) dan sangat mudah menguap. Membeku pada suhu — 38,87°C dan mendidih pada suhu 356,9°C. Warnanya tergantung pada bentuk fasanya. Fasa cair berwarna putih perak, sedangkan fasa padat berwarna abu-abu. Densitas raksa yaitu 13,55 merupakan densitas yang tertinggi dari semua benda cair. Tegangan permukaannya juga sangat tinggi yaitu 547 dine, dibandingkan dengan air (73 dine) atau alkohol (22 dine) (Oseanografi LIPI, 2022).

Food and Drug Administration menetapkan kandungan merkuri maksimum adalah 0,005 ppm untuk air dan 0,5 ppm untuk makanan. Sedangkan *World Health Organization* (WHO) menetapkan batasan maksimum yang lebih rendah yaitu 0,0001 ppm untuk air. Sedangkan menurut BPOM tentang batasan maksimum cemaran logam berat dalam makanan untuk Hg adalah 0,5 ppm.

h. *Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry* (ICP-MS)

Prinsip umum analisis logam berat dan Sn dalam matriks pangan adalah sampel didestruksi untuk menghilangkan komponen organik yang terdapat dalam matriks sampel. Proses destruksi sampel ini merupakan tahapan kritis dalam analisis

logam berat karena dapat menyebabkan kontaminasi maupun kehilangan analit yang berkontribusi terhadap terjadinya kesalahan sistematis (Kira dan Maihara 2005). Larutan hasil destruksi yang bebas dari komponen organik ditandai dengan terbentuknya larutan bening. Larutan tersebut kemudian diencerkan dan selanjutnya siap untuk diinjeksikan ke dalam instrumen ICP-MS.

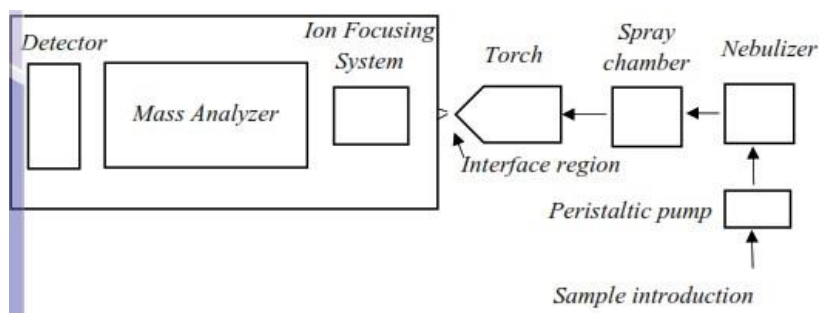
ICP-MS merupakan instrumen terkini untuk menentukan unsur dan isotop yang terkandung dalam suatu matriks sampel secara simultan. Alat ini merupakan gabungan antara *inductively coupled plasma* (ICP) yang merupakan sumber ionisasi dan *mass spectrometry* (MS) sebagai mass analyzer. Ada beberapa tipe mass analyzer, namun yang umum digunakan adalah magnetic analyzer dan quadropole analyzer (Syarbaini 2015). Prinsip kerja ICP-MS adalah mengubah atom dari unsur yang ada dalam sampel menjadi bentuk ion, selanjutnya ion ditransmisikan ke dalam mass analyzer untuk dipisahkan berdasarkan massa terhadap rasio muatan (m/z). Beberapa keuntungan penggunaan ICP-MS adalah limit deteksi yang sangat rendah seperti yang tertera pada tabel di bawah, mampu menganalisis multielemen secara dalam waktu yang cepat serta dapat digunakan untuk mengukur isotop.

Logam pada umumnya memiliki jumlah isotop lebih darisatu, kecuali As yang hanya memiliki satu isotop. Dalam menentukan kadar suatu unsur dalam produk pangan diperlukan pemilihan isotop untuk proses kuantifikasinya. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam memilih isotop diantaranya adalah konsentrasi analit, konsentrasi pengganggu/interference, abundance/kelimpahannya di alam pada massa yang dipilih, serta memilih isotop yang bebas dari gangguan atau tanpa overlap dengan isotop atau poliatomik dari unsur lain (Thomas 2013).

Tabel. Limit Deketksi Berbagai Elemen dengan ICP-MS

Elemen	Limit Deteksi (ppt)
U, Cs, Bi	<10
Ag, Be, Cd, Rb, Sn, Sb, Au	10-50
Ba, Pb, Se, Sr, Co, W, Mo, Mg	50-100
Cr, Cu, Mn	100-200
Zn, As, Ti	400-500
Li, P	1-3 ppb
Ca	<20 ppb

Terdapat beberapa desain ICP-MS yang ada saat ini, namun secara umum mempunyai komponen dasar dan fungsi yang sama. Komponen dasar tersebut adalah sample introduction system yang terdiri dari pompa peristaltik, nebulizer dan spray chamber; plasma source yang terdiri dari *torch*, *coil*, *RF power supply*; *Interface region* yang terdiri dari skimmer cone, sample cone dan pompa vakum; Ion focusing system; mass analyzer dan detektor (Thomas 2013).



Gambar. Komponen dasar yang membentuk sistem ICP-MS

Adapun fungsi dari masing-masing bagian tersebut disajikan dalam tabel berikut.

Tabel. Fungsi Komponen Utama ICP-MS

Komponen	Fungsi
Peristaltic pump	Mengalirkan sampel secara konstan dengan kecepatan 1 mL/menit ke dalam sistem ICP-MS
Nebulizer	Mengubah sampel yang berbentuk cair menjadi aerosol/kabut
Spray chamber	Menyeleksi aerosol yang masuk ke dalam sistem plasma (aerosol yang berukuran besar akan dikeluarkan), membantu menstabilkan aliran dan suhu sampel yang keluar dari nebulizer, meminimalkan jumlah pelarut yang masuk ke dalam plasma
Plasma source	Pada bagian plasma ini, sampel akan mengamali desolvasi, vaporasi, atomisasi, dan ionisasi dengan temperatur yang sangat tinggi hingga 10000K
Interface region	Memindahkan ion secara efisien dan konsisten dari plasma yang bertekanan udara biasa (760 Torr) ke mass spectrometer yang bertekanan vakum, menghubungkan plasma yang bersuhu tinggi dengan ion focusing yang bekerja pada suhu kamar
Ion focusing system	Memfokuskan aliran ion dan memindahkan sebanyak mungkin ion analit dari interface ke mass separator, membuang ion dari matriks yang bukan analit target, menghentikan semua spesi netral dan foton karena dapat meningkatkan noise background yang mampu menurunkan kemampuan deteksi, membuang semua partikulat yang mungkin terbentuk selama proses di dalam plasma karena dapat menyebabkan signal menjadi tidak stabil dan bahkan dapat mengendap pada lensa
Mass analyzer	Memisahkan ion berdasarkan massa per muatan (m/z), memisahkan ion analit dari non analit, matriks, pelarut dan ion-ion argon.
Detector	Mendeteksi ion analit

i. Uji Kadar NaCl

Natrium klorida (NaCl), alias garam atau garam meja adalah senyawa ionik dengan rumus NaCl. Tinggi rendahnya kandungan NaCl pada garam berpengaruh pada kualitas garam yang dihasilkan. Kandungan NaCl dipengaruhi oleh kepekatan air laut saat proses pengkristalan. Menurut SNI 8207 : 2016 persyaratan mutu garam konsumsi beryodium memiliki nilai minimal kadar NaCl yaitu 94% atas dasar bahan kering.. Garam dapat dikategorikan berdasar kualitasnya, terdapat tiga kategori pada garam yaitu garam dengan kandungan NaCl >95% memiliki kualitas baik, garam dengan kandungan NaCl 90-95% tergolong kualitas sedang, dan garam yang kandungan NaCl nya 80-90% memiliki kualitas yang sedang (Guntur dkk, 2017).

Prinsip uji Kadar NaCl menurut BSN (3556 : 2016) adalah pembentukan endapan AgCl menggunakan AgNO₃ dengan petunjuk kalium kromat dalam larutan netral atau sedikit basa yang kemudian dihitung menggunakan rumus:

Perhitungan kadar NaCl bahan asal

$$\text{Kadar NaCl bahan asal (\%)} = \frac{V \times N \times fp \times 58,5}{w} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

V = volume AgNO₃ yang diperlukan pada penitiran (ml);

N = normalitas AgNO₃

Fp = faktor pengenceran;

58,5 = bobot molekul NaCl;

W = bobot contoh uji (mg)

Perhitungan NaCl atas dasar bahan kering

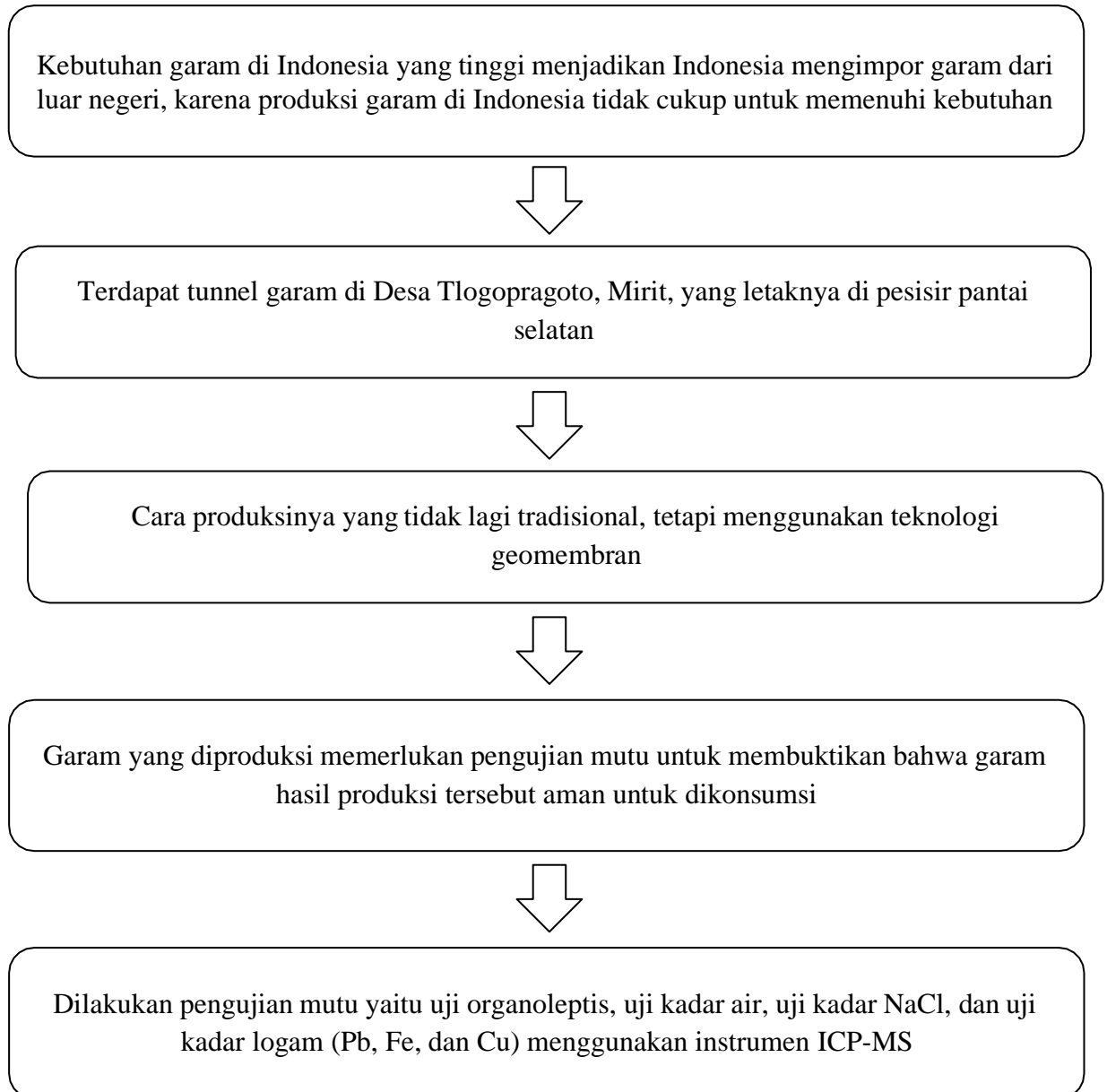
Kadar NaCl (adbk) (%) =

$$\frac{100 \times K}{100 - kadar \dot{a}} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

X = kadar NaCl bahan asal yang dinyatakan dalam persen (%)

B. Kerangka Pemikiran



C. Hipotesis

- H1. Kualitas produk garam tunnel Desa Tlogopragoto Kecamatan Mirit Kabupaten Kebumen melalui pengujian organoleptik, kadar air, dan kadar NaCl berkualitas baik
- H2. Kadar logam dalam produk garam tunnel Desa Tlogopragoto Kecamatan Mirit Kabupaten Kebumen meliputi Pb, As, Hg, dan Cd sesuai standar dalam batas aman