

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1. Energi Matahari

Penggunaan energi besar-besaran telah membuat manusia mengalami krisis energi, ini di sebabkan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil seperti minyak dan gas alam sangat tinggi. Sebagaimana yg kita ketahui, bahan bakar fosil merupakan sumber daya alam yang tidak dapat kita perbarui dan akan habis suatu saat. Untuk mengatasi krisis energi masa depan beberapa alternatif sumber energi mulai dikembangkan, salah satunya ialah energi matahari, energi matahari biasa digunakan sebagai penerang dan sumber panas bagi kehidupan sehari-hari namun ternyata energi matahari dapat dikembangkan menjadi sumber energi lainnya. Adapun faktor mengapa kita harus beralih ke energi alternatif ialah karena penggunaannya yang meningkat setiap tahunnya dan cadangan yang semakin menipis.

Matahari merupakan sumber energi terbesar bagi kehidupan di bumi, sumber energi yang dapat langsung dirasakan dan dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Energi matahari juga dapat disimpan dan dikonversi menjadi bentuk daya lain. Energi matahari merupakan salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan tidak menimbulkan polusi dan dapat diperbarui karena ketersediaannya yang terus menerus.

2.1.1. Manfaat Energi Matahari

Manusia telah memanfaatkan energi matahari sejak manusia hadir di muka bumi, sekitar 5000 tahun lalu hingga saat ini baik sebagai penerang dan sumber panas dalam berbagai kehidupan manusia, antara lain :

1. Sebagai sumber panas untuk mengeringkan cucian, pertanian laut dan industri
2. Fotosintesis

3. Proses fotosintesis menghasilkan oksigen yang diperlukan manusia dan makhluk lain untuk bernafas, dan fotosintesis juga menghasilkan sumber makanan bagi makhluk hidup.
4. Manfaat bagi kesehatan
Salah satu penelitian membuktikan sinar matahari pagi sangat baik bagi kesehatan yaitu matahari pagi antara pukul 09.00-10.00 dapat mengubah pro-vitamin D menjadi vitamin-D yang baik bagi kesehatan gigi dan tulang. Pada waktu berkas sinar ultraviolet di saring di kulit, ia mengubah simpanan kolestrol di kulit menjadi vitamin D. Berjemur di bawah sinar matahari selama 5 menit menghasilkan 400 unit vitamin D.
5. Sumber Energi Fosil
Energi fosil yang sangat populer penggunaannya saat ini merupakan energi matahari yg tersimpan pada fosil hewan dan tanaman yang telah membusuk jutaan tahun lalu. Pembusukan yang berlangsung jutaan tahun ini menghasilkan minyak, batubara dan gas alam yang kita gunakan saat ini.

2.1.2. Energi Matahari sebagai Energi Alternatif

Pemanfaatan energi matahari sebagai energi alternatif untuk mengatasi krisis energi khususnya kelangkaan akan minyak bumi sejak 1970-an mendapat perhatian yang cukup besar dari berbagai dunia. Cahaya dan sinar matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif melalui teknologi sel surya/fotovoltaik dan teknologi lainnya. Dan berikut beberapa contoh pengaplikasian energi matahari:

1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya
2. Kompor Matahari
3. Pendingin Ruangan Tenaga Surya
4. Pemurni/Penyuling Air Tenaga Surya

2.2. Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atas matahari atau “sol” karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaic, photovoltaic dapat diartikan sebagai “cahaya listrik”. Sel surya atau sel PV bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan.

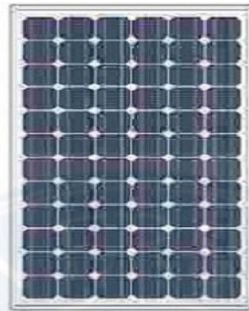
Photovoltaic adalah proses/metode sederhana dalam memanfaatkan energi matahari. Divais photovoltaic (*solar cell*) dapat mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik, dengan tanpa bising, polusi, kuat, handal dan tahan lama. Energi listrik yang dihasilkan tersebut dapat langsung digunakan, atau disimpan terlebih dahulu dalam sistem penyimpanan energi seperti baterai, untuk kemudian dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari. Hubungan antara modul dan baterai perlu diperhatikan, karena *output* dari modul berubah-ubah, sehingga arus dan tegangan yang dihasilkan tidak konstan, dan perlu diketahui bahwa karakteristik dari tegangan dan arus kerja modul tergantung pada tingkat intensitas radiasi dan suhu. (Rauschenbach, 1980)

Solar cell adalah divais yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Jadi secara langsung arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell* bergantung pada penyinaran matahari. Pada *solar cell* ini dibutuhkan material yang dapat menangkap matahari, dan energi tersebut digunakan untuk memberikan energi keelektron agar dapat berpindah melewati band gapnya ke pita konduksi, dan kemudian dapat berpindah kerangkaian luar. Melalui proses tersebutlah arus listrik dapat mengalir dari *solar cell*. Umumnya divais dari *solar cell* ini menggunakan prinsip *PN junction*. (Green, 1982)

Sel surya terbuat dari bahan yang mudah pecah dan berkarat jika terkena air. Karena itu sel ini dibuat dalam bentuk panel-panel ukuran tertentu yang dilapisi plastik atau kaca

bening yang kedap air. Panel ini dikenal sebagai panel surya. Ada beberapa jenis panel surya yang dijual dipasaran :

Jenis pertama, yaitu jenis yang terbaik dan yang terbanyak digunakan masyarakat saat ini, adalah jenis monokristalin. Panel ini memiliki tingkat efisiensi antara 12 sampai 14%.



Gambar 2.1: Panel solar cell monokristalin
(Sumber : http://rahmanhadid.blogspot.co.id/2013_11_01_archive.html)

Jenis kedua adalah jenis polikristalin atau multi kristalin, yang terbuat dari kristal silikon dengan tingkat efisiensi antara 10 sampai 12%.



Gambar 2.2 :Solar cell multi kristalin
(Sumber : http://rahmanhadid.blogspot.co.id/2013_11_01_archive.html)

Jenis ketiga adalah silikon jenis amorphous, yang berbentuk film tipis. Efisiensinya sekitar 4-6%. Panel surya jenis ini banyak dipakai di mainan anak-anak, jam dan kalkulator.



Gambar 2.3: Solar cell amorphous
(Sumber : http://rahmanhadid.blogspot.co.id/2013_11_01_archive.html)

Jenis keempat adalah panel surya yang terbuat dari GaAs (Gallium Arsenide) yang lebih efisien pada temperatur tinggi.



Gambar 2.4: Solar cell gallium arsenide
(Sumber : http://rahmanhadid.blogspot.co.id/2013_11_01_archive.html)

Listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat langsung digunakan atau disimpan lebih dahulu ke dalam baterai kering. Arus listrik yang dihasilkan adalah listrik dengan arus searah (DC) sebesar 3,5 A. Besar tegangan yang dihasilkan adalah 0,4 - 0,5V. Kita dapat mendesain rangkaian panel-panel surya, secara seri atau paralel, untuk memperoleh *output* tegangan dan arus yang diinginkan. Untuk memperoleh arus bolak balik (AC) diperlukan alat tambahan yang disebut *inverter*. (Adityawan, Eki. 2010).

Perhitungan Teknis :

Daya yang dihasilkan oleh panel surya maksimum diukur dengan besaran *Wattpeak*(Wp), yang konversinya terhadap *Watt hour* (Wh) tergantung intensitas cahaya

matahari yang mengenai permukaan panel. Selanjutnya daya yang dikeluarkan oleh panel surya adalah daya panel dikalikan lama penyinaran. Misalnya sebuah panel surya berkapasitas 50 Wp disinari matahari dengan intensitas maksimum selama 8 jam maka daya yang dihasilkan adalah 50 kali 8 Wh atau 400 Wh. Daya sebanyak ini dapat digunakan untuk menyalakan 4 buah lampu 25 watt selama 4 jam atau sebuah televisi hitam putih 40 watt selama 10 jam. Di Indonesia, daya (Wh) yang dihasilkan perhari biasanya sekitar 3-5 kali daya panel maksimum (Wp), 3 kali untuk cuaca mendung, dan 5 kali untuk kondisi panas terik. Misalnya untuk sebuah panel surya berdaya maksimum 50 Wp, daya yang dihasilkan pada cuaca mendung perhari adalah 3 kali 50 Wp atau 150 Wp, dan pada cuaca cerah adalah 5 kali 50 Wp atau 250 Wp. (Zeng, L, 2009)

Panel-panel surya dapat disusun secara seri atau paralel. Rangkaian paralel digunakan pada panel-panel dengan tegangan *output* yang sama untuk memperoleh penjumlahan arus keluaran. Tegangan yang lebih tinggi diperoleh dengan merangkai panel-panel dengan arus keluaran yang sama secara seri. Misalnya untuk memperoleh keluaran sebesar 12 volt dan arus 12 A, kita dapat merangkai 4 buah panel masing-masing dengan keluaran 12 volt dan 3 A secara paralel. Sementara kalau keempat panel tersebut dirangkai secara seri akan diperoleh keluaran tegangan sebesar 48 volt dan arus 3A. (O'regan, 1991)

2.2.1. Proses Pembangkitan Arus pada Solar Cell

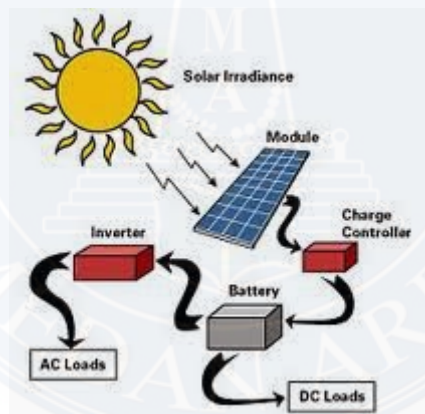
Pembangkitan arus pada *solar cell* melibatkan beberapa proses diantaranya yaitu:

1. Cahaya dalam bentuk foton jatuh pada permukaan *solar cell*, kemudian diserap dan menghasilkan pasangan elektron dan hole (apabila energi foton lebih besar dari energi band gapnya). Tetapi, electron (pada material tipe-p) dan *hole* (pada tipe-n) yang terbentuk bersifat tidak stabil dan hanya akan terjadi untuk jangka waktu yang sama dengan waktu

hidup pembawa minoritas (*minority carrier lifetime*), sebelum akhirnya terjadi rekombinasi

2. Untuk mencegah rekombinasi ini adalah dengan menggunakan *p-n junction* yang memisahkan electron dan hole. *Carrier* ini dipisahkan oleh aksi medan listrik yang terjadi di *p-n junction*. Jika *Minority carrier* (dalam hal ini *hole*) yang dihasilkan cahaya melewati *p-n junction*, maka akan didorong melewati *junction* oleh medan listrik pada *junction*, dan menjadi *majority carrier*. Sedangkan elektron mengalir kerangkaian luar setelah *emitter* dan *base* dihubungkan.
3. Setelah melewati rangkaian luar elektron tersebut akan bertemu dengan Hole.(Kenneth. 2007)

Berikut Gambar 2.5 yang menunjukkan prinsip kerja panel surya.



Gambar 2.5: Prinsip kerja panel surya

(Sumber : <http://rendydwisepitan.blogspot.co.id/2013/11/cara-membuat-panel-surya-dari-barang.html>)

2.3. Transistor 2N3055

Transistor ini disebut sebagai transistor jengkol karena bentuknya seperti buah jengkol dan transistor ini hanya memiliki dua kaki sementara untuk menentukan letak basis, *collector*, dan *emitor* adalah posisikan transistor jengkol dengan tulisan di belakang dan apabila kita cermati dengan teliti maka jarak ke dua kaki antara lubang baut jaraknya pun

tidak sama. Dari situ kita bisa tentukan kaki sebelah kiri adalah basis dan sebelah kanan emitor sementara collectornya adalah seluruh *body* logam transistor tersebut. Fungsi transistor ini adalah sebagai penguat arus karena isi dalamnya merupakan rangkaian op-amp, dan transistor ini sering digunakan pada rangkaian power supply. Berikut Gambar 2.6. yang menunjukkan transistor 2N3055 atau isi dalamnya :



Gambar 2.6 : Transistor 2N3055 (isi dalamnya)

(Sumber : <http://panelsuryaindonesia.com/eksperimen-panel-surya/31-panel-surya-transistor-jengkol>)

2.4. Bahan-bahan Elektrik

2.4.1. Bahan Konduktor

Konduktor adalah bahan yang menghantarkan listrik dengan mudah. Bahan ini mempunyai daya hantar listrik (*Electrical Conductivity*) yang besar dan tahanan listrik (*Electrical Resistance*) kecil. Bahan penghantar listrik berfungsi untuk mengalirkan arus listrik. Perhatikan fungsi kabel, kumparan/lilitan pada alat listrik yang anda jumpai. Juga pada saluran transmisi/distribusi. Dalam teknik listrik, bahan penghantar yang sering dijumpai adalah tembaga dan aluminium.

2.4.1.1. Tembaga

Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu dan nomor atom 29. Lambangnya berasal dari bahasa Latin Cuprum. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Selain itu unsur ini memiliki korosi yang cepat sekali. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Tembaga dicampurkan dengan timah untuk membuat perunggu.

Logam ini dan aloinya (campuran) telah digunakan selama empat hari. Di era Roma, tembaga umumnya ditambang di Siprus, yang juga asal dari nama logam ini (*cyprium*, logam Siprus), nantinya disingkat jadi *cuprum*). Ikatan dari logam ini biasanya dinamai dengan tembaga(II). Ion Tembaga(II) dapat berlarut ke dalam air, dimana fungsi mereka dalam konsentrasi tinggi adalah sebagai agen anti bakteri, fungisida, dan bahan tambahan kayu. Dalam konsentrasi tinggi maka tembaga akan bersifat racun, tapi dalam jumlah sedikit tembaga merupakan nutrisi yang penting bagi kehidupan manusia dan tanaman tingkat rendah. Di dalam tubuh, tembaga biasanya ditemukan di bagian hati, otak, usus, jantung, dan ginjal.

Teori lain menyatakan bahwa tembaga merupakan logam kemerahan dengan struktur kristal kubus. Tembaga memantulkan sinar merah dan oranye dan menyerap frekuensi lain dalam spektrum cahaya terlihat. Logam ini mudah ditempa, ulet, dan merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Tembaga lebih lunak dari seng, dapat dipoles, dan memiliki reaktivitas kimia rendah. Dalam udara lembab, tembaga perlahan-lahan membentuk selaput permukaan kehijauan yang disebut patina. Lapisan ini melindungi dari serangan korosi lebih lanjut. Tembaga merupakan unsur yang banyak terdapat di alam. Manusia tercatat juga banyak menggunakan tembaga.

Tembaga memasuki udara terutama melalui proses pembakaran bahan bakar fosil. Logam ini akan terus berada di udara hingga kemudian mengendap ke tanah melalui hujan.

Manusia juga turut menyebarkan tembaga ke lingkungan melalui aktivitas pertambangan, produksi logam, produksi kayu, dan produksi pupuk fosfat.

Selain karena aktivitas manusia, tembaga juga dilepaskan ke lingkungan akibat peristiwa alami, seperti akibat pelapukan tanaman dan kebakaran hutan.

2.4.1.2. Aluminium

Aluminium ialah unsur kimia. Lambang aluminium ialah *Al*, dan nomor atomnya 13. Aluminium ialah logam paling berlimpah. Aluminium bukan merupakan jenis logam berat, namun merupakan elemen yang berjumlah sekitar 8% dari permukaan bumi dan paling berlimpah ketiga. Aluminium terdapat dalam penggunaan aditif makanan, antasida, buffered aspirin, astringents, semprotan hidung, antiperspirant, air minum, knalpot mobil, asap tembakau, penggunaan aluminium foil, peralatan masak, kaleng, keramik, dan kembang api. Aluminium merupakan konduktor listrik yang baik.

Aluminium digunakan dalam banyak hal. Kebanyakan darinya digunakan dalam kabel bertegangan tinggi. Juga secara luas digunakan dalam bingkai jendela dan badan pesawat terbang. Ditemukan di rumah sebagai panci, botol minuman ringan, tutup botol susu dsb. Aluminium juga digunakan untuk melapisi lampu mobil dan compact disks.

2.4.2. Semikonduktor

Adalah bahan yang mempunyai daya hantar lebih kecil dibanding bahan konduktor, tetapi lebih besar dibanding bahan isolator. Dalam teknik elektronika banyak dipakai semikonduktor dari bahan germanium (Ge) dan silikon (Si). Dalam keadaan aslinya, Ge dan Si adalah bahan pelikan dan merupakan isolator. Di pabrik bahan-bahan tersebut diberi kotoran. Jika bahan tersebut dikotori dengan aluminium maka diperoleh bahan semikonduktor tipe P (bahan yang kekurangan elektron/mempunyai sifat positif). Jika dikotori dengan fosfor maka yang diperoleh adalah semikonduktor jenis N (bahan yang kelebihan elektron, sehingga

bersifat negative). Ge mempunyai daya hantar lebih tinggi dibandingkan Si, sedangkan Si lebih tahan panas dibanding Ge.

2.4.3. Isolator

Adalah bahan yang berfungsi untuk menyekat (misalnya antara 2 penghantar); agar tidak terjadi aliran listrik/kebocoran arus apabila kedua penghantar tersebut bertegangan. Jadi bahan penyekat harus mempunyai tahanan jenis besar dan tegangan tembus yang tinggi. Bahan penyekat yang sering ditemui dalam teknik listrik adalah : plastik, karet, dan sebagainya.

2.4.4. Bahan Magnetik

Bahan ini dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu ferro magnetic, para-magnetic dan dia-magnetic. Bahan ferro-magnetic adalah bahan yang mempunyai permeabilitas tinggi dan mudah sekali dialiri garis-garis gaya magnet. Contoh bahan yang mempunyai permeabilitas tinggi adalah besi, besi pasir, stalloy, dan sebagainya. Selain itu sering dijumpai magnet yang merupakan magnet permanen, misalnya alnico, cobalt, baja arang, dan sebagainya. Baja untuk magnet sering dijumpai pada pelat-pelat motor/generator, pelat-pelat transformator, dan sebagainya. Dalam bidang elektronika, digunakan bahan magnet misalnya pada speaker, alat-alat ukur elektronika, dan sebagainya.

2.4.5. Bahan Super Konduktor

Pada tahun 1911, Kamerligh Onnes mengukur perubahan tahanan listrik yang disebabkan oleh perubahan suhu Hg dalam helium cair. Dia menemukan bahwa tahanan listrik tiba-tiba hilang pada suhu $4,153^{\circ}\text{K}$. Sampai saat ini telah ditemukan sekitar 24 unsur hantaran super dan lebih banyak lagi paduan dan senyawa yang menunjukkan sifat-sifat

hantaran super. Temperaturnya berkisar antara 1 sampai 19° Kelvin. Bahan-bahan lead (timah), tin (timah patri), aluminium, dan mercury, pada suhu mendekati 0°K mempunyai resistivitas nol.

2.4.6. Bahan Germanium

Germanium adalah unsur kimia dengan simbol Ge dan nomor atom 32. Ciri-cirinya berkilau, rapuh, putih keabu-abuan (metalloid) dan termasuk dalam kelompok karbon, secara kimia mirip dengan timah dan silikon. Germanium memiliki lima isotop alami atom berkisar dalam nomor massa 70-76. Membentuk sejumlah besar organologam senyawa, termasuk tetraethylgermane dan isobutylgermane

Germanium ditemukan relatif terlambat karena sangat sedikit mengandung mineral dalam konsentrasi tinggi. Peringkat Germanium mendekati kelimpahan relatif dari unsur-unsur dalam kerak bumi. Pada tahun 1869, Dmitri Mendeleev memprediksi keberadaannya dan beberapa sifat berdasarkan posisinya tabel periodiknya dan disebut unsur eka-silikon . Hampir dua dekade kemudian, pada tahun 1886, Clemens Winkler menemukan bahwa pengamatan eksperimental setuju dengan prediksi Mendeleev dan nama elemen setelah negaranya, Jerman .

Germanium adalah bahan penting semikonduktor yang digunakan dalam transistor dan berbagai perangkat elektronik lainnya. Digunakan, tidak hanya sebagai serat optik dan sistem optik inframerah , tetapi juga digunakan untuk polimerisasi katalis, dan dalam elektronik dan aplikasi sel surya. Ini adalah cikal bakal baru penggunaan di kawat nano .

Germanium ditambang dari sfalerit , meskipun juga dipulih dari perak , timbal , dan bijih tembaga. Beberapa senyawa germanium, seperti germanium klorida dapat mengiritasi mata, kulit, paru-paru, dan tenggorokan.

2.4.6.1. Karakteristik Germanium

Dalam kondisi standar germanium adalah, rapuh putih keperakan, semi-logam elemen. Bentuk ini merupakan suatu alotrop teknis dikenal sebagai α -germanium, yang memiliki kilau metalik dan struktur kristal berlian kubik, sama seperti berlian. Pada tekanan diatas 120 kbar, sebuah alotrop berbeda yang dikenal sebagai β -germanium, bentuk yang memiliki struktur yang sama seperti β - timah. Seiring dengan silikon, galium, bismut, antimon, dan air ini adalah salah satu dari sedikit zat yang memuai saat membeku dari keadaan cair nya.

Germanium adalah semikonduktor. Zona penyulingan teknik telah menyebabkan produksi germanium kristal untuk semikonduktor yang memiliki ketidakmurnian hanya satu bagian dalam 10¹⁰, membuatnya menjadi salah satu bahan paling murni yang pernah diperoleh. Bahan logam pertama ditemukan (tahun 2005) untuk menjadi superkonduktor yang memiliki kuat medan elektromagnetik adalah paduan dari germanium dengan uranium dan rhodium .

Germanium murni dikenal sangat panjang dilokasi nuklir. Mereka adalah salah satu alasan utama kegagalan dioda dan transistor yang lebih tua yang terbuat dari germanium, tergantung pada apa yang menghubungkan mereka, mereka dapat mengakibatkan arus pendek .

2.4.6.1.1. Sifat kimia Germanium

Elemental germanium mengoksidasi perlahan ke GeO_2 pada 250°C . Germanium tidak larut dalam asam encer dan basa, tetapi larut lambat di konsentrasi asam sulfat dan bereaksi hebat dengan alkali cair untuk menghasilkan germanates ($[\text{GeO}_3]^{2-}$). Germanium terjadi terutama dalam keadaan oksidasi +4 meskipun banyak senyawa yang dikenal dengan keadaan oksidasi +2. oksidasi lainnya adalah langka, seperti ditemukan dalam senyawa +3

seperti Ge^{2+} dan Cl^{-6} , dan $+3$ dan $+1$ diamati pada permukaan oksida, atau oksidasi negatif dalam germanes, seperti -4 di GeH_4 . Germanium kluster anion (Zintl ion) seperti Ge_4^{2-} , Ge_9^{4-} , Ge_9^{2-} , $[(\text{Ge}_9)_2]^{6-}$ telah disusun oleh ekstraksi dari paduan mengandung logam alkali dan germanium di amonia cair dalam keberadaan etilendiamin atau cryptand menyatakan oksidasi unsur dalam ion-ionnya tidak integer-mirip dengan ozonides O_3^- .

Dua germanium oksida yang umum dikenal: germanium dioksida (GeO_2 , Germania) dan germanium monoksida (Ge_2O_3). Dioksida tersebut, GeO_2 dapat diperoleh dengan pemanggangan sulfida germanium (GeS_2), dan merupakan bubuk putih yang hanya sedikit larut dalam air tetapi bereaksi dengan alkali untuk membentuk germanates. Monoksida, oksida germanous, dapat diperoleh dengan reaksi suhu tinggi dari GeO_2 dengan Ge logam. Dioksida (dan oksida terkait dan germanates) pameran properti tidak biasa memiliki indeks bias tinggi untuk cahaya tampak, tetapi transparansi inframerah cahaya Bismuth germanate, $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$, (BGO) digunakan sebagai isolator.

Senyawa biner dengan chalcogens juga dikenal, seperti di sulfida (GeS_2), di selenide (GeSe_2), dan monosulfide yang (GeS), selenide (GeSe), dan telluride (GeTe). GeS_2 bentuk sebagai endapan putih bila hidrogen sulfida dilewatkan melalui solusi sangat asam yang mengandung Ge (IV). disulfida ini lumayan larut dalam air dan dalam larutan alkali kaustik atau alkali sulfida. Namun demikian, tidak larut dalam air asam, yang memungkinkan Winkler untuk menemukan elemen ini. Dengan memanaskan disulfida dalam arus hidrogen, yang monosulfide (GeS) terbentuk, yang menyublim dalam pelat tipis dari warna gelap dan metalik kilau, dan larut dalam solusi dari alkali kaustik. Setelah leleh dengan alkali karbonat dan belerang, senyawa germanium bentuk garam dikenal sebagai thiogermanates. Erat mirip dengan metana.

Empat tetra halida yang dikenal. Dalam kondisi normal GeI_4 adalah, padat GeF_4 gas dan cairan volatil yang lain. Sebagai contoh, germanium tetraklorida, GeCl_4 , diperoleh

sebagai cairan berwarna merah mendidih pada $83,1^{\circ}\text{C}$ dengan memanaskan logam dengan klorin. Semua tetrahalida yang mudah terhidrolisis germanium dioksida terhidrasi. GeCl_4 digunakan dalam produksi senyawa organogermanium. Semua empat dihalides diketahui dan kontras dengan tetrahalida adalah padatan polimer. Selain itu Ge_2Cl_6 dan beberapa senyawa yang lebih tinggi dari formula $\text{Ge}_n\text{Cl}_{2n+2}$ dikenal. Senyawa biasa $\text{Ge}_6\text{Cl}_{16}$ telah disiapkan yang berisi $\text{Ge}_5\text{Cl}_{12}$ unit dengan neopentane struktur.

Erat (GEH_4) adalah sebuah senyawa yang mirip dengan struktur metana . Polygermanes-senyawa yang mirip dengan alkana dengan formula $\text{Ge}_n\text{H}_{2n+2}$ yang mengandung sampai lima atom germanium dikenal. Para germanes kurang stabil dan kurang reaktif dibandingkan analog yang berhubungan silikon. GEH_4 bereaksi dengan logam alkali dalam amonia cair membentuk kristal putih MGeH_3 yang berisi GEH_3^- anion . Para hydrohalides germanium dengan satu, dua dan tiga atom halogen reaktif cairan tidak berwarna.

Nukleofilik selain itu dengan suatu senyawa organogermanium. Yang pertama Senyawa organogermanium disintesis oleh Winkler pada tahun 1887, reaksi germanium tetraklorida dengan diethylzinc menghasilkan tetraethylgermane ($\text{Ge}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$). Organogermanes dari tipe R_4Ge (di mana R adalah alkil) seperti tetramethylgermane ($\text{Ge}(\text{CH}_3)_4$) dan tetraethylgermane diakses melalui prekursor termurah yang tersedia germanium tetraklorida dan nukleofil alkil. Germanium organik hidrida seperti isobutylgermane ($(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{GEH}_3$) ditemukan menjadi kurang berbahaya dan dapat digunakan sebagai pengganti cairan untuk beracun erat gas di semikonduktor aplikasi. Banyak germanium intermediet reaktif yang dikenal: germyl radikal bebas, germynes (mirip dengan carbenes), dan germynes (mirip dengan carbynes.) Senyawa organogermanium 2-carboxyethylgermasquioxane pertama kali dilaporkan pada tahun 1970, dan untuk

sementara adalah digunakan sebagai suplemen diet dan berpikir untuk mungkin memiliki kualitas anti-tumor.

2.4.6.1.2. Sumber Daya Alam

Germanium diciptakan melalui sintesis-inti bintang, sebagian besar oleh proses s- di cabang raksasa asimtotik bintang. S-proses lambat neutron menangkap unsur yang lebih ringan dalam berdenyut raksasa merah bintang. Germanium telah terdeteksi di atmosfer Jupiter dan dalam beberapa bintang yang paling jauh. Sumber Daya alam di Kerak Bumi adalah sekitar 1,6 ppm. Hanya ada beberapa mineral seperti argyrodite , briartite , germanite , dan renierite yang mengandung jumlah yang cukup dari germanium, tetapi tidak ada deposito minable ada untuk setiap dari mereka.

Beberapa seng-tembaga-timbal biji mengandung cukup germanium yang dapat diekstraksi dari konsentrat biji akhir. Sebuah proses pengayaan yang tidak biasa menyebabkan tingginya kandungan germanium dalam beberapa lapisan batubara, yang ditemukan oleh Victor Goldschmidt Moritz selama survei yang luas untuk germanium deposito. Konsentrasi tertinggi yang pernah ditemukan adalah di Hartley abu batubara sampai dengan 1,6% dari germanium. deposit batubara dekat Xilinhaote , Mongolia , diperkirakan mengandung 1600 ton dari germanium.