

11

PENYIMPANAN ENERGI

- **PENDAHULUAN**
- **PENYIMPANAN ENERGI MEKANIS**
- **PENYIMPANAN ENERGI LISTRIK**
- **PENYIMPANAN ENERGI KIMIA**
- **PENYIMPANAN ENERGI NUKLIR**

11.1. PENDAHULUAN

Energi mekanis dapat disimpan dalam bentuk energi kinetis dan potensial. Energi listrik dapat disimpan sebagai energi medan induksi atau energi medan elektrostatik. Energi kimia dan nuklir merupakan bentuk murni dari simpanan energi.

Penyimpanan energi sangat penting dan merupakan hal yang perlu bagi beberapa sistem pembangkit daya. Sistem daya energi matahari bumi membutuhkan baik sistem penyimpanan energi atau sumber energi pengganti untuk menyediakan daya jika sinar matahari tidak cukup. Sistem penyimpanan energi juga juga sangat berguna bagi perusahaan yang membangkitkan energi listrik, penyediaan energi yang disimpan dapat dengan mudah dan efisien diubah kembali menjadi listrik. Dengan suatu sistem penyimpanan , energi listrik akan mungkin diproduksi pada waktu kebutuhan rendah. Energi yang disimpan ini bisa digunakan pada waktu terjadi beban puncak.

Beberapa hal harus dipertimbangkan pada waktu memilih , merencanakan dan mengoperasikan setiap sistem penyimpan energi. Pertama berapakah efisiensi total sistem ? Ini termasuk proses pengisian , kerugian penyimpanan dan proses pengambilan kembali.

Kedua , berapakah kerapatan, penyimpanan energi dalam Kilojoule per meter kubik.

Ketiga , berapakah harga maksimum yang diijinkan untuk pemuatan dan kecepatan pengeluarannya ?

Keempat , apakah sistem penyimpanan energi tersebut ekonomis ? Ini termasuk biaya modal dan biaya operasi.

Kelima , bagaimana pengaruhnya terhadap lingkungan. Akhirnya , berapa kali sistem ini bisa dipakai ulang dan tahan berapa lama ?.

11.2. PENYIMPANAN ENERGI MEKANIS

11.2.1. PENYIMPANAN ENERGI KINETIS

Energi mekanis dapat disimpan baik sebagai energi kinetis maupun energi potensial. Energi kinetis adalah energi mekanis yang berkaitan dengan gerakan suatu massa relatif terhadap yang lain. Untuk kecepatan linier, energi kinetis suatu benda, dalam joule, adalah :

$$KE = 0,5 mV^2 \dots\dots\dots(11.1)$$

dimana m adalah massa dalam kilogram dan V adalah kecepatan linier, dalam meter per detik.

Energi kinetis dapat disimpan dalam suatu roda yang berputar, biasa disebut dengan roda gila (Flywheel). Energi kinetis pada suatu lingkaran roda dengan massa m kilogram, yang berputar dengan kecepatan sudut ω rad/detik pada radius R adalah :

$$KE = 0,5 mR^2\omega^2 = 2\pi^2 mR^2n^2 \dots\dots\dots(11.2)$$

dimana n adalah kecepatan sudut dalam putaran per detik. Untuk suatu roda gila, $\int_0^R r^2 dm$ disebut momen inersia I dan persamaan (11.2) berubah menjadi bentuk yang lebih umum :

$$KE = 0,5 I\omega^2 = 2\pi^2 n^2 I \dots\dots\dots(11.3)$$

Untuk suatu roda gila dengan lingkaran roda yang tipis dan semua massa berada pada lingkaran roda, hubungan antara tegangan tangensial σ dalam roda, kecepatan sudut ω dan radius R adalah

$$\sigma = R^2\omega^2\rho \dots\dots\dots(11.4)$$

dimana ρ adalah kerapatan material dalam kilogram per meter kubik.

Pemasukan persamaan ini kedalam persamaan (11.2) memberikan :

$$KE = m\sigma/2 \rho \dots\dots\dots(11.5)$$

Penyimpanan energi spesifik didalam roda gila adalah energi per satuan massa . Untuk suatu roda gila dengan lingkar roda tipis, energi spesifik adalah :

$$\text{Energi spesifik} = KE/m = \sigma/2 \rho \dots\dots\dots(11.6)$$

Persamaan ini bisa ditulis sebagai berikut :

$$\text{Energi spesifik} = Kw \sigma/\rho \dots\dots\dots(11.7)$$

Dimana Kw adalah faktor berat roda gila dan berkisar kira-kira 1,0 untuk piringan tegangan konstan sampai 0,5 untuk roda gila berlingkar roda tipis.

11.2.2. PENYIMPANAN ENERGI POTENSIAL

Sistem penyimpanan energi potensial termasuk diantara bentuk penyimpanan energi kuno. Termasuk dalam hal ini pegas, batang torsi, sistem pemberat dan fluida termampat. Kebanyakan sistem ini punya kemampuan penyimpanan energi yang kecil dan digunakan untuk menggerakkan jam tangan, mainan dan sistem lain.

Suatu jenis umum penyimpanan energi potensial meliputi sistem dimana energi disimpan dalam bentuk energi regangan elastis, misalnya pegas , batang torsi. Energi yang disimpan didalam pegas adalah sama dengan $\int_{x_0}^x Kx' dx'$, dimana K adalah konstanta pegas . Jika pegas tersebut suatu pegas linier , konstanta pegas memang merupakan konstanta dan energi potensial yang disimpan dalam joule adalah :

$$PE = Kx^2 / 2 \dots\dots\dots(11.9)$$

Pegas juga dapat digulung dalam bentuk spiral dan diberi beban gaya

torsi.

Untuk suatu batang yang dibebani tarikan, tekanan dan atau beban lengkung, energi yang disimpan didalam batang adalah

$$PE = \sigma Ax / a \dots\dots\dots(11.9)$$

Dimana σ adalah tegangan aktual dalam pascal, A adalah luas potongan melintang, dalam meter persegi, dan x adalah deformasi dalam meter. Penyebut a, mempunyai harga 2 untuk tarikan murni atau tekanan, tetapi mempunyai harga yang lebih besar dari 2 untuk beban lengkung.

11.3. PENYIMPANAN ENERGI LISTRIK

Energi listrik dapat disimpan dalam bentuk medan elektrostatika atau dalam bentuk energi medan induktif. Batere biasa dianggap sebagai alat untuk menyimpan energi listrik.

11.3.1. PENYIMPANAN MEDAN ELEKTROSTATIK DAN MEDAN INDUKTIF

Penyimpanan energi listrik dalam bentuk energi listrik dapat dilakukan didalam kapasitor, dimana energi berbentuk medan elektrostatik atau didalam medan magnet yang dibentuk oleh aliran elektron melalui induktor besar seperti elektromagnet. Kapasitor bisa digunakan sebagai alat penyimpanan pada rangkaian listrik DC dan sejumlah besar kapasitor juga dipakai untuk menyimpan daya untuk memperbaiki ketinggalan faktor daya dari suatu sistem AC. Juga digunakan jika dikehendaki aliran tiba-tiba arus dc dalam jumlah besar, misalnya pada beberapa eksperimen fusi. Energi listrik yang disimpan dalam kapasitor adalah sebesar :

$$E = 0,5 CV^2 \dots\dots\dots(11.13)$$

Dimana C adalah kapasitansi unit , dalam farad dan V adalah voltase akhir yang melewati kapasitor. Sistem penyimpanan kapasitor mempunyai keuntungan , cepat dalam pengisian dan pengambilan tanpa banyak mempengaruhi efisiensi sistem.

Elektromagnetik pada dasarnya menyimpan energi didalam medan magnet yang dibentuk oleh aliran elektron atau arus melalui koil. Jumlah energi yang disimpan didalam medan magnet adalah :

$$E = 0,5 LI^2 \dots\dots\dots(11.14)$$

Dimana L adalah induktansi koil dalam henry dan I adalah arus didalam koil dalam ampere. Sistem ini tidak biasa digunakan sebagai alat penyimpan energi karena memerlukan aliran arus melalui koil untuk menjaga medan magnet induksi. Meskipun demikian , penggunaan elektromagnetik super konduksi sebagai alat yang mungkin untuk menyimpan energi, ternyata cukup diminati. Pada sistem ini, medan magnet dibentuk dengan melewati arus yang tepat pada suatu koil superkonduktor dan koil ini kemudian dihubung-singkat, sehingga terjadi sirkuit dalam semikonduktor. Karena superkonduktor sama sekali tidak mempunyai tahanan listrik , arus akan terus mengalir sampai energinya diperlukan.

11.3.2. BATERE

Batere elektrokimia biasa digunakan untuk menyimpan energi listrik, meskipun pada kenyataanya energi disimpan dalam bentuk energi kimia . Batere primer tidak bisa diisi ulang dan akibatnya , hanya batere sekunder yang bisa digunakan untuk menyimpan energi listrik secara berulang. Unjuk kerja kebanyakan sel sekunder sangat tergantung dari jumlah pengisian dan pengeluaran energi dari batere.

Batere biasanya terdiri dua elektroda yang dipisahkan oleh larutan elektrolit yang sama seperti pada sel bahan bakar. Berbeda dengan sel

bahan bakar, semua pereaksi kimia diisikan didalam batere. Selama proses pengisian , suatu reaksi kimia endotermis mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Selama pengeluaran kembali , suatu reaksi kimia eksotermis mengubah energi kimia menjadi energi listrik.

Batere sekunder biasanya menggunakan elektrolit cair. Batere asam timah biasa digunakan didalam mobil. Batere ini tahan terhadap siklus pengisian - pengeluaran yang dangkal, dan tidak bisa digunakan untuk pengeluaran yang dalam. Batere besi nikel dapat menahan pembuangan yang dalam dan digunakan dalam forklift bertenaga batere dan kendaraan berdaya rendah. Sejumlah sistem elektrolit cair yang bermassa depan cerah adalah batere nikel-seng, batere seng-bromina, batere nikel-kadnium, batere nikel-hidrogen dan batere seng-chlorina.

Batere elektrolit organik, seperti sodium-bromina, lithium-sulfur dioksida dan batere lithium-bromina sedang dalam penelitian karena merupakan sistem dengan biaya relatif rendah. Sistem-sistem ini mempunyai energi spesifik yang tinggi , tetapi mempunyai daya spesifik yang rendah, karena elektrolit organik mempunyai konduktivitas rendah, seperti propilena - karbonat. Konduktivitas elektrolit yang rendah menyebabkan sistem ini mempunyai efisiensi pengisian - pengeluaran yang rendah.

Batere logam-udara terdiri dari seng-udara , aluminium -udara dan besi-udara, meskipun sebenarnya hampir semua logam bisa dipakai. Dalam sistem ini , logam digunakan sebagai elektroda negatif, sedang elektroda gas yang menggunakan udara sebagai oksidator, membentuk elektroda positif.

Akhir-akhir ini batere temperatur tinggi yang menggunakan garam campuran atau elektrolit padat banyak menarik perhatian peneliti. Elektrolit garam campur mempunyai konduktivitas listrik yang tinggi sehingga mempunyai kemampuan daya yang tinggi. Batere lithium sulfur menggunakan garam euteknik dari lithium chlōrida potasium chlorida sebagai elektrolitnya.

11.4. PENYIMPANAN ENERGI KIMIA

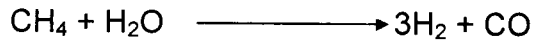
Energi kimia sebenarnya merupakan energi yang tersimpan dan merupakan bentuk yang kompak dari energi tersimpan. Selain baterai, bentuk energi kimia tersimpan yang bisa diharapkan terutama hanyalah produksi elemen atau molekul hidrogen. Banyak orang percaya sesudah bahan bakar minyak habis, umat manusia akan memakai hidrogen. Hidrogen merupakan bahan bakar yang sangat baik karena hasil pembakaran utamanya berbentuk air dan hidrogen yang dapat diambil lagi dari air dengan menggunakan sumber energi lain.

Hidrogen dapat disimpan dengan beberapa cara, dan sistem untuk memproduksi dan menyimpannya telah dikembangkan dengan baik. Hidrogen dapat disimpan sebagai gas tekanan tinggi, sebagai cairan pada temperatur cryogenic, atau dapat disimpan dalam bentuk metal hidrida. Gas hidrogen mempunyai kerapatan yang sangat rendah sehingga untuk mawadahi energi yang memadai diperlukan volume yang sangat besar dengan tekanan yang sangat tinggi. Pencairan hidrogen memerlukan lebih banyak energi dan menambah biaya produksi sekitar 30%.

Hidrogen dapat diproduksi dari bermacam-macam reaksi kimia yang berbeda. Reaksi yang mungkin paling dikenal ialah elektrolisa, dimana suatu arus searah dialirkan melalui konduktor air yang menghasilkan hidrogen disatu elektroda dan oksigen di elektroda yang lain. Proses elektrolisa mempunyai efisiensi konversi aktual sekitar 85%. Tetapi karena proses ini menggunakan listrik, total efisiensi mulai dari energi panas, energi listrik sampai energi kimia maksimum hanya sekitar 35%. Karena hidrogen dapat diproduksi jauh lebih mudah dan lebih efisien dari bahan bakar fosil, produksi elektrolisa hanya digunakan jika dibutuhkan hidrogen yang sangat murni.

Kebanyakan hidrogen yang diproduksi pada waktu ini dibuat dari

metana di dalam proses reformasi-uap pada suhu 900° C. Sistem ini menggunakan gas metana dalam reaksi berikut :

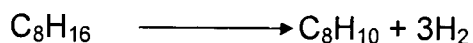


Reaksi ini merupakan reaksi endotermis. Karbon monoksida yang terbentuk dalam reaksi diatas kemudian digunakan untuk membentuk hidrogen tambahan dalam reaksi berikut pada suhu 400° C:

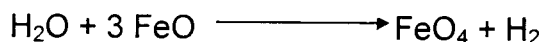


Karbon dioksida kemudian dikeluarkan dari gas bakar dengan menggunakan alkali atau amina dan kemudian dibuang.

Cara lain untuk memproduksi hidrogen adalah mereaksikan uap air dengan naptha, minyak berat atau bahkan kokas, batubara. Dalam suatu kilang minyak , sejumlah besar hidrogen dihasilkan dari perubahan naptha (C₈H₁₆) menjadi senyawa aromatik. Hidrogen terbentuk ketika terjadi pembentukan xylene (C₈H₁₀):



Hidrogen dapat dibentuk dalam proses uap air besi., dimana uap air direaksikan dengan FeO panas. dari reaksi ini dihasilkan besi oksida magnetik dan hidrogen beserta panas :



Banyak penelitian telah dilaksanakan terhadap kemungkinan pembuatan hidrogen dengan apa yang disebut proses pemisahan air termokimia. Dalam proses ini air dipisah menjadi hidrogen dan oksigen dalam siklus reaksi kimia tertutup yang beroperasi pada temperatur yang berbeda.

Air dipecah menjadi hidrogen dan oksigen dengan radiasi ionisasi seperti didapatkan dalam inti reaktor nuklir. Cara ini tidak dipakai dalam pembuatan hidrogen karena sangat tidak efisien. Reaksi ini juga menimbulkan banyak masalah dalam operasi reaktor air ringan.

11.5. PENYIMPANAN ENERGI NUKLIR

Energi nuklir hanya terdapat dalam bentuk energi yang tersimpan. Energi nuklir mempunyai harga energi spesifik tersimpan yang terbesar dibanding dengan bentuk energi tersimpan yang lain.

Energi nuklir tersimpan dapat diproduksi dengan membangkitkan radioisotop seperti polonium-210 atau kobalt-60 dari isotop stabil, bismuth-209 dan kobalt-59 dalam reaktor nuklir atau akselator partikel. Pembuatan isotop yang bisa berfisi, uranium-233 dan plutonium-239 juga dibuat dalam reaktor nuklir dari isotop kaya, thorium-232 dan uranium-239. Jika isotop-isotop dibangkitkan dalam reaktor pembiak, suatu kelebihan bahan bakar akan terbentuk karena reaktor ini memproduksi bahan bakar lebih banyak dari pada yang dibutuhkan.

Sistem penyimpanan energi nuklir yang lain adalah suatu sistem yang sebetulnya menyimpan energi panas, tetapi menggunakan energi nuklir sebagai sumber energinya. Dalam sistem ini, suatu bom termonuklir diledakkan didalam endapan garam yang besar didalam tanah. Energi panas yang dihasilkan digunakan untuk memproduksi uap tekanan tinggi yang digunakan menjalankan sistem turbin generator konvensional.