

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Energi adalah salah satu hal terpenting yang menjadi perhatian di seluruh dunia saat ini. Hal ini dikarenakan konsumsi energi yang terus meningkat sementara ketersediaan energi semakin menipis. Hal ini dikarenakan energi fosil yang digunakan lama kelamaan akan habis. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang tingkat konsumsi energinya cukup tinggi.

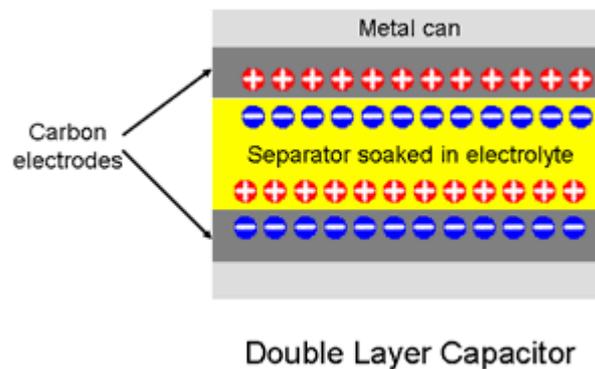
Sejauh ini sumber energi terbesar berasal dari minyak bumi. Keterseidaan minyak bumi di dunia semakin menipis, selain itu penggunaan minyak bumi sebagai sumber energi menimbulkan masalah yang cukup mengkhawatirkan yaitu polusi udara. Oleh sebab itu diperlukan energi alternatif terbarukan yang dapat menekan populasi udara. Salah satu alternatif tersebut adalah penggunaan alat penyimpanan energi seperti *fuel cells*, lithium-ion batteries, dan superkapasitor. Superkapasitor adalah teknologi yang menjanjikan di dunia karena memiliki banyak manfaat. Keunggulan superkapasitor adalah memiliki *energy density* yang besar jika dibandingkan dengan penyimpanan electrochemical lainnya. Selain itu, superkapasitor memiliki *lifetime* yang lebih lama dan waktu pengecasan yang lebih singkat (Riyanto, 2015). Bahan utama dalam pembuatan superkapasitor adalah material karbon seperti aktif karbon atau *carbon microsphere*. Bahan ini dipilih karena memiliki pori dan permukaan yang luas.

Eceng gondok adalah tumbuhan air yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan superkapasitor karena memiliki selulosa dan hemiselulosa yang tinggi sehingga berpotensi untuk pembuatan *carbon microsphere*. Eceng gondok tumbuh liar di ekosistem air dan hal ini merugikan karena dapat menghambat pertumbuhan ikan, masalah pada irigasi, dan menyebabkan ekosistem rusak. Selain itu pertumbuhan eceng gondok sangat cepat, setiap tahunnya pertumbuhan eceng gondok adalah 140 ton/hektar (Gunnarson, 2006). Hal ini menandakan ketersediaan eceng gondok yang sangat berlimpah sehingga eceng gondok merupakan bahan baku yang sangat potensial apabila diolah menjadi elektroda untuk superkapasitor.

I.2. Sifat-Sifat Bahan Baku dan Produk

I.2.1. Superkapasitor

Superkapasitor adalah salah satu perangkat penyimpanan energi elektrokimia yang memiliki kemampuan untuk menyimpan dan melepaskan energi dengan cepat. Superkapasitor biasa dikenal dengan sebutan ultrakapasitor atau *double layer capacitor*. Superkapasitor berbeda dengan kapasitor biasanya karena memiliki kapasitansi yang lebih tinggi (Riyanto, 2015). Hal ini menyebabkan superkapasitor menarik banyak perhatian karena memiliki potensi untuk diterapkan di kendaraan listrik dan juga beberapa perangkat elektronik. Superkapasitor terbuat dari dua elektroda dipisahkan oleh pemisah ion permeabel yang terkandung dalam larutan elektrolit. Di dalam superkapasitor terdapat dua elektroda yang bermuatan positif dan negatif (Siovi, 2009).



Gambar 1.1. Superkapasitor (Lawson, 2012)

1.2.2. Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) adalah tumbuhan air yang tumbuh pada rawa-rawa, waduk dan sungai yang alirannya tenang. Eceng gondok memiliki rate pertumbuhan yang sangat tinggi yaitu 100-140 ton kering/ha setiap tahunnya. Eceng gondok mampu tumbuh dengan baik pada berbagai kondisi air, ketersediaan nutrient, pH, suhu dan kandungan racun dalam air (Gunarsson, 2006). Pertumbuhan eceng gondok dapat merusak suatu ekosistem karena eceng gondok menyerap nutrient di dalam air dan juga menghalangi sinar matahari yang masuk ke dalam air sehingga mampu mengganggu pertumbuhan ikan yang tinggal di ekosistem yang sama. Selain itu eceng gondok mampu menyebabkan masalah pada irigasi dan juga

menyebabkan meningkatnya populasi nyamuk. Eceng gondok kering memiliki komposisi 50,43 % selulosa dan hemiselulosa, 29,43 % lignin dan 19,65 % abu.



Gambar 1.2. Eceng Gondok (Surya,2015)

1.2.3. Etil Asetat

Etil asetat adalah senyawa organik dengan rumus $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OC}(\text{O})\text{CH}_3$. Senyawa ini merupakan ester dari etanol dan asam asetat. Senyawa ini berwujud cairan tak berwarna, memiliki aroma khas. Etil asetat adalah pelarut polar menengah yang volatil (mudah menguap), tidak beracun, dan tidak higroskopis Etil asetat memiliki sifat-sifat sebagai berikut (sciencelab, 2011) ;

Table 1.1. Sifat Fisika Etil Asetat

| | |
|---------------|-------------------------|
| Berat molekul | 88,12g/gmol |
| Titik didih | 77,1°C |
| Melting Point | -83,6°C |
| densitas | 0,897 g/cm ³ |

1.2.4. Asam Sulfat

Asam Sulfat adalah asam mineral (anorganik) yang sangat kuat. Asam sulfat banyak diproduksi di industri karena memiliki banyak kegunaan Asam sulfat tidak memiliki warna, bau dan bersifat sangat korosif. Senyawa ini lebih baik disimpan pada kondisi tertutup dan pada suhu kamar. Asam sulfat sangat korosif terhadap beberapa bahan seperti alumunium, tembaga, dan *stainless steel* 316 dan 304 akan tetapi tidak korosif terhadap *glass* (Sciencelab, 2011).

Table 1.2. Sifat Fisika Asam Sulfat

| | |
|------------------|--------------|
| Berat molekul | 98,08 g/gmol |
| Titik didih | 270°C |
| Melting Point | -35°C |
| Spesifik Gravity | 1,84 |
| Vapor Density | 3,4 |

1.2.5. Nikel Foam

Nikel foam adalah bahan / material permiabel yang memiliki kepadatan yang rendah dan porositas yang tinggi. Porositas nikel foam adalah 95 %. Nikel memiliki kegunaan dalam berbagai aplikasi seperti penukar panas, aliran difusi, optic ringan dan sebagai filter untuk gas dan cairan.

Seperti logam pada umumnya, nikel juga akan bereaksi dengan asam dan dapat membentuk gas hidrogen yang dapat menyebabkan ledakan di udara. Nikel juga bersifat eksplosif terhadap bahan-bahan seperti ammonium nitrat dan fosfor. (MTI, 2012).

Table 1.3. Sifat Fisika Nikel Foam

| | |
|------------------|--------------|
| Berat molekul | 58,71 g/gmol |
| Titik didih | 2732°C |
| Melting Point | 1453°C |
| Spesifik Gravity | 8,9 |

1.2.6. Polypropylen

Polypropylen (PP) adalah material yang digolongkan menjadi salah satu kelompok material plastik. PP memiliki nilai fisik mekanikal, thermal dan electrical yang sangat baik jika dibandingkan dengan material plastik lainnya. PP memiliki ketahanan terhadap asam, basa maupun pelarut organik dan juga tahan terhadap temperatur yang tinggi. PP lebih baik disimpan di tempat kering, berventilasi dan jauhkan dari paparan sinar matahari. (Sasol, 2011).

1.2.7. Kalium Hidroksida

Kalium hidroksida adalah senyawa anorganik dengan rumus KOH. Kalium hidroksida dapat ditemukan dalam keadaan murni dengan mereaksikan natrium hidroksida dengan kalium. Kalium hidroksida dapat saling melekat jika berada di udara karena bersifat higroskopis. Dalam kelarutannya, kalium hidroksida dapat

terlarut di dalam air namun akan menghasilkan panas reaksi eksotermis (ScienceLab, 2011). Berikut ini adalah Tabel yang menunjukkan sifat fisika dan kimia dari kalium hidroksida.

Tabel 1.4. Sifat Kimia dan Fisika Kalium Hidrosida (ScienceLab, 2011)

| Sifat | Keterangan |
|----------------|-------------------------|
| Rumus molekul | KOH |
| Massa molar | 56,1056 g/mol |
| Warna | Putih |
| Densitas | 2,044 g/cm ³ |
| Keasaman (pKa) | 13.5 |
| Titik leleh | 406 °C |
| Titik didih | 1327 °C |
| Fase | Padat |

Larutan KOH digunakan sebagai larutan elektrolit dalam superkapasitor. Larutan elektrolit dalam superkapasitor berfungsi sebagai penghantar daya listrik. Listrik akan dihantarkan melalui ion-ion yang terurai dari larutan KOH (Jalil, 2013).

1.2.8. Carbon Black

Carbon black adalah powder hitam, amorphous, mempunyai perbandingan luas area dengan volum yang tinggi dan sangat halus yang terdiri dari elemen utama yaitu karbon, beberapa bahan volatile dan abu. Kualitas carbon black dipengaruhi oleh ukuran partikel, surface area dan pH. Carbon black biasa digunakan sebagai bahan penguat bahan karet dan digunakan sebagai pigmen hitam. Fungsi dari carbon black adalah menambah kekerasan suatu bahan, menambah daya tahan terhadap abrasi (*abrasion resistance*) dan juga sebagai filler atau penyambung rantai kimia karbon. (Mutari, 2012)

1.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk

Superkapasitor memiliki kegunaan yang sangat luas dalam berbagai bidang seperti elektronik, alat transportasi, system telekomunikasi digital, hybrid electrical vehicles dan lain-lain (Sharma, 2010). Superkapsitor memiliki fungsi sebagai alat penyimpanan energi yang dapat menggantikan peran lithium-ion batteries. Hal ini dikarenakan superkasitor memiliki kemampuan penyimpanan energi yang lebih baik, memiliki siklus pengisian yang lebih lama serta bebas biaya perawatan. Selain itu superkapasitor memiliki waktu pengisian yang sangat cepat sehingga menyebabkan waktu pengisian lebih efisien. Berikut adalah perbandingan karakteristik antara superkasitor dan lithium-ion batteries (Buchmann, 2010).

Tabel 1.4. Karakteristik Superkapasitor dan Lithium-ion

| Keterangan | Superkapasitor | Lithium-ion |
|-------------------------|-----------------------|--------------------|
| Waktu pengisian | 1 – 10 detik | 10 – 60 menit |
| Siklus pengisian | 1 juta – 300.000 | 500 |
| Voltasi sel | 2,3 – 2,75 V | 3,6 – 3,7 V |
| Spesifik energi (Wh/kg) | 5 | 100 – 200 |
| Spesifik power (W/kg) | Min 10.000 | 1.000 – 3.000 |
| Suhu pengisian | -40 - 65°C | 0 - 45°C |
| Suhu pengosongan | -40 - 65°C | -20 - 60°C |

Produk superkapasitor yang dihasilkan dari pabrik ini dibuat dari *Carbon Microsphere* (CMS) sementara superkapasitor yang ada di pasaran dibuat dari aktif karbon. Superkapasitor dari CMS memiliki keunggulan dalam menghantarkan dan menyimpan energi listrik. Energi yang dihantarkan dalam Superkapasitor dari CMS lebih stabil dibanding dengan superkapasitor dari aktif karbon karena CMS merupakan karbon murni, sedangkan dalam permukaan aktif karbon terdapat ikatan karboksil. Ikatan ini akan menghambat proses penyimpanan dan pelepasan energi dalam superkapasitor. Selain itu CMS memiliki kapasitansi yang besar yaitu 160-180 F/g, nilai ini lebih besar jika dibandingkan dengan kapasitansi dari aktif karbon yang bernilai 130-150 F/g (Kurniawan, 2014)

1.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisa Pasar

1.4.1. Bahan Baku

Eceng gondok merupakan tumbuhan liar yang banyak tumbuh di Indonesia. Indonesia adalah negara yang cukup banyak memiliki danau sehingga pertumbuhan eceng gondok di Indonesia cukuplah besar. Eceng gondok memiliki rate pertumbuhan 110-140 ton kering/ha. Di Indonesia terdapat beberapa wilayah yang cukup banyak ditumbuhi eceng gondok, hal ini dapat dilihat dalam Tabel 1.4 berikut (Bapedal,2009) :

Tabel 1.5. Penyebaran Pertumbuhan Eceng Gondok

| Wilayah | Pertumbuhan (ton/hari) |
|----------------|------------------------|
| Sumatera Utara | 180.000 |
| Kalimantan | 300.000 |
| Jawa Tengah | 330.000 |
| Sulawesi | 693.00 |
| Total | 1.503.000 |

Dapat dilihat pada Tabel 1.4 bahwa pertumbuhan eceng gondok mencapai 1.503.000 ton per hari di empat wilayah. Dalam setahun dapat disimpulkan dihasilkan 548.595.000 ton eceng gondok. Pabrik superkapasitor ini direncanakan akan didirikan di Jawa Tengah. Jika dilihat pada tabel 1.4, Jawa Tengah menghasilkan eceng gondok 330.000 ton per harinya sehingga dalam setahun pertumbuhan eceng gondok di Jawa Tengah dapat mencapai 120.450.000 ton.

Dalam pembuatan superkapasitor dibutuhkan eceng gondok sebesar 209.345,4 kg per tahunnya. Jika dilihat dari ketersediaan bahan baku maka dapat disimpulkan bahwa bahan baku eceng gondok mencukupi untuk pembuatan superkapasitor. Apalagi saat ini di Jawa Tengah pemanfaatan eceng gondok masih sangat minim. Pertumbuhan eceng gondok yang besar ini berpotensi untuk dimanfaatkan lebih lanjut.

1.4.2. Analisa Pasar

Superkapasitor yang dihasilkan dari pabrik ini nantinya akan digunakan sebagai alat penyimpanan energi pada transportasi listrik maupun pengganti baterai. Dengan semakin menipisnya bahan bakar minyak maka pengaplikasian superkapasitor akan semakin banyak diterapkan. Penyuplai superkapasitor terbesar di dunia saat ini berasal dari negara China. Saat ini di Indonesia belum ada pabrik superkapasitor dan di Indonesia sendiri superkapasitor masih belum populer dalam pengaplikasiannya, sehingga superkapasitor yang dihasilkan dari pabrik ini akan dijual ke negara-negara maju yang sudah mengaplikasikan penggunaan superkapasitor ini. Ada beberapa negara yang sudah mengaplikasikan superkapasitor diantaranya adalah China, India, Singapura, Inggris dan Amerika.

Pada tahun 2014 kebutuhan superkapasitor dunia adalah 44.760.490 buah superkapasitor per tahun. Pada tahun 2020 diperkirakan penggunaan superkapasitor akan meningkat sebesar 10% dari penggunaan sekarang, sehingga pada tahun 2020 nanti diperkirakan penggunaan superkapasitor adalah 49.236.540 superkapasitor per tahun.(CMRR, 2015). Hal ini berarti setiap tahunnya jika dirata-rata superkapasitor akan meningkat sebesar 1,67%.

Pabrik superkapasitor ini direncanakan akan berdiri pada tahun 2018 dan diharapkan mampu menyuplai superkapasitor ke negara-negara maju yang membutuhkan superkapasitor. Selain itu pada tahun-tahun mendatang Indonesia juga kemungkinan mulai menggunakan teknologi superkapasitor. Jika Indonesia mulai menggunakan teknologi superkapasitor, maka pabrik superkapasitor ini dapat menjadi penyuplai utama karena saat ini belum ada pabrik superkapasitor di Indonesia. Pada tahun 2018 diperkirakan penggunaan superkapasitor akan meningkat sebesar 6,68% dari penggunaan sekarang. Jumlah peningkatan superkapasitor pada tahun 2018 adalah sebesar 2.993.220 superkapasitor. Direncanakan pabrik ini akan memenuhi 10 % peningkatan penggunaan superkapasitor tersebut. Kapasitas produksi pabrik superkapasitor ini adalah

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Produksi} &= 10\% \times 2.993.220 \text{ superkapasitor/tahun} \\ &= 299.320 \text{ superkapsitor/tahun} \\ &\approx 300.000 \text{ superkapsitor/tahun}\end{aligned}$$