

INTISARI

Kebutuhan akan energi terbarukan semakin meningkat seiring dengan menipisnya jumlah cadangan bahan bakar fosil sehingga perhatian terhadap alternatif yang lebih ramah lingkungan, seperti kendaraan listrik yang tidak menghasilkan emisi bahan bakar, menjadi lebih besar. Baterai konvensional yang digunakan pada kendaraan listrik memiliki keterbatasan yaitu tidak mampu menyuplai energi dalam jumlah yang banyak dalam waktu yang singkat sehingga penggunaan superkapasitor sebagai alternatif atau secara komplementer dengan baterai yang terdapat pada kendaraan listrik merupakan solusi menjanjikan. Superkapasitor merupakan komponen yang memiliki *power density* yang tinggi, tingkat *charge* dan *discharge* yang tinggi, serta memiliki siklus hidup yang lama. Perkembangan teknologi superkapasitor sebagai perangkat penyimpan energi membawa harapan signifikan untuk masa depan. *Hybrid supercapacitor* dapat menggabungkan dua elemen elektroda yang umumnya yang ditemukan dalam ELDC dan *pseudocapacitors*, yaitu karbon berpori dan *polyaniline*. Dengan metode *in-situ polymerization*, kedua elemen tersebut membentuk nanokomposit yang dapat digunakan sebagai bahan elektroda yang menggabungkan karakteristik konduktivitas tinggi dari *polyaniline* dengan karbon berpori yang mampu memberikan luas permukaan yang tinggi. Nanokomposit PANI/Karbon sebagai bahan elektroda untuk superkapasitor memberikan kemampuan untuk mengalirkan arus tinggi dan memiliki densitas energi yang cukup besar.

Proses produksi nanokomposit PANI/Karbon melibatkan dua tahapan utama, yaitu pembuatan karbon berpori dari biomassa dan sintesis nanokomposit PANI/Karbon. Karbon berpori diperoleh melalui karbonisasi cangkang kelapa, diikuti dengan aktivasi secara fisis menggunakan *steam*. Karbon berpori yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam reaktor di mana produksi nanokomposit PANI/karbon berlangsung melalui polimerisasi *in-situ*. Bahan baku yang diperlukan untuk produksi nanokomposit PANI/Karbon meliputi cangkang kelapa sebanyak 56.470 ton/tahun, anilin 99,9% sebanyak 294 ton/tahun, ammonium persulfat (APS) sebanyak 902 ton/tahun, dan hydrogen klorida (HCl) 32% sebanyak 361 ton/tahun. Pabrik ini dirancang untuk menghasilkan 4000 ton produk nanokomposit PANI/Karbon setiap tahun.

Pabrik nanokomposit PANI/Karbon direncanakan untuk didirikan di Indragiri Hilir, Riau, dengan luas total 4 ha. Pabrik diperkirakan mulai beroperasi pada tahun 2030 sehingga membutuhkan *total capital investment* sebesar \$33.130.940 dengan *total production cost* sebesar \$20.380.581. Harga jual yang ditetapkan untuk produk nanokomposit PANI/Karbon adalah \$9000 per ton. Dengan mempertimbangkan aplikasinya yang relatif baru pada skala industri, pabrik ini termasuk dalam kategori risiko tinggi. Nilai ROI sebelum pajak (ROI)_b terhitung sebesar 54,27% dan sesudah pajak (ROI)_a sebesar 40,70%. Nilai POT sebelum pajak (POT)_b diestimasikan selama 1,57 tahun dan sesudah pajak (POT)_a selama 1,97 tahun. Nilai DCFRR diproyeksikan sebesar 47,51% dengan titik impas (BEP) sebesar 63,73% dengan titik penutupan (SDP) sebesar 30,14%. Berdasarkan parameter – parameter tersebut, pabrik PANI/Karbon dinilai layak untuk dijalankan dan menarik untuk dianalisis lebih lanjut secara mendalam.

Kata kunci: karbon berpori, *polyaniline*, nanokomposit, superkapasitor, aktivasi fisika, *in-situ polymerization*

ABSTRACT

The escalating demand for renewable energy, fueled by the depleting reserves of fossil fuels, has brought electric vehicles (EVs) into sharper focus. As traditional batteries face limitations in supplying substantial energy rapidly, the use of supercapacitors, as an alternative or used complementary to the battery, emerges as a promising solution. These high-performance devices, notably in hybrid electric vehicles, exhibit superior power density, swift charge/discharge rates, and prolonged life cycles. The development of supercapacitor technology as an energy storage device holds significant promise for the future. Hybrid supercapacitors incorporate key electrode elements commonly found in EDLCs and pseudocapacitors, porous carbon and polyaniline. Through in-situ polymerization, these two elements form a nanocomposite that can be used as an electrode material that combines polyaniline's high conductivity with porous carbon that provides a high surface area. The PANI/Carbon nanocomposite used as electrode material provides a supercapacitor capable of high current flow and exceptional energy density.

The production of PANI/Carbon nanocomposites involves two primary steps, the creation of porous carbon from biomass and the synthesis of PANI/Carbon nanocomposites. Porous carbon is obtained through the carbonization of coconut shells, followed by physical activation with steam. The resulting porous carbon is then introduced into a reactor, where the production of PANI/Carbon nanocomposites takes place through in-situ polymerization. The raw materials needed for this process include 56.470 tons/year of coconut shells, 294 tons/year of aniline 99,9%, 902 tons/year of ammonium persulfate (APS), and 361 tons/year of hydrochloric acid (HCl) 32%. This plant is designed to produce approximately 4.000 tons of PANI/Carbon nanocomposite product annually.

The PANI/Carbon nanocomposite plant is planned for establishment in Indragiri Hilir, Riau, covering a total area of 4 ha. Expected to commence operations by 2030, the plant requires a total capital investment of \$33.130.940 with a total production cost of \$20.380.581. The anticipated selling price for the PANI/Carbon nanocomposite product is \$9.000 per ton. Considering its relatively new application at industrial scale, this plant falls under the high-risk category. The calculated return on investment before tax $(ROI)_b$ stands at 54,27% and after tax $(ROI)_a$ at 40,70%. The payback period before tax $(POT)_b$ is estimated at 1,57 years, and after-tax $(POT)_a$ at 1,97 years. The discounted cash flow rate of return (DCFRR) is projected at 47,51% with a break-even point (BEP) of 63,73% and a shutdown point at 30,14%. These parameters affirm the feasibility of investing in the PANI/Carbon nanocomposite plant, warranting further in-depth analysis.

Keywords: porous carbon, polyaniline, nanocomposite, supercapacitor, physical activation, in-situ polymerization