

INTISARI

Perkembangan industri amonia di Indonesia sangat pesat, di mana Indonesia menempati urutan kelima sebagai produsen amonia terbesar di dunia. Sebagian besar amonia diproduksi untuk pembuatan pupuk, peledak amonium nitrit, bahan bakar roket atau kapal, dan sistem refrigerasi. Berdasarkan proses produksinya, amonia terbagi menjadi grey ammonia, blue ammonia, dan green ammonia, di mana green ammonia dihasilkan dari energi terbarukan melalui elektrolisis air dan pemisahan nitrogen dari udara sehingga tidak menghasilkan emisi CO₂ sehingga turut mendukung target *net zero emission* pada tahun 2050.

Pabrik *green ammonia* ini dirancang dengan kapasitas 50.000 ton/tahun dengan waktu operasi kontinyu 330 hari/tahun dengan 24 jam/hari. Pabrik ini direncanakan dibangun pada tahun 2029 dan mulai beroperasi pada tahun 2031. Bahan baku utama yang digunakan pada proses produksi adalah air sebesar 81405054,1753 ton/tahun dan udara sebesar 64834566,3372 ton/tahun. Proses dimulai dari hidrogen yang diproduksi melalui elektrolisis air menggunakan listrik panas bumi pada suhu 70°C dan tekanan 8 atm, gas hidrogen yang terbentuk dipisahkan dari uap air dan dikeringkan. Nitrogen diperoleh dari udara melalui pemisahan menggunakan *Pressure Swing Adsorption* (PSA) yang sebelumnya sudah melalui *pre-treatment* dan dikompresi hingga 8 atm. Hidrogen dan nitrogen dicampur dan dikompresi bertahap hingga 140 atm dan dicampur dengan *recycle* gas dari unit separasi sebelum masuk ke reaktor amonia. Sintesis amonia berlangsung pada *multi bed* reaktor dengan konfigurasi pendinginan antar *bed* menggunakan aliran amonia yang dibagi menjadi tiga sehingga menghasilkan gas produk dengan kandungan amonia sekitar 24,93%. Gas keluaran reaktor didinginkan bertahap hingga -15°C dan dipisahkan fase gas dan cairnya, dimana amonia cair di *flash* menggunakan refrigerasi tiga tahap dimana amonia cair digunakan sebagai *refrigerant* dan amonia cair hasil *flash* terakhir akan disimpan di tangki amonia sebagai produk pada suhu -33,43°C dan tekanan 1,05 atm sedangkan fase uapnya *direct cycle* sebagai *refrigerant*.

Pabrik ini dibangun dengan luas tanah 118.980,02 m² dengan luas bangunan 15.805 m² dan memiliki sebanyak 284 karyawan. Pabrik direncanakan berdiri di kawasan industri Indotaisei, Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat. Dalam menunjang proses produksi diperlukan utilitas berupa air sebanyak 601.552,13 ton/tahun yang diambil dari sungai Citarum, listrik sebanyak 780.957.661,4652 kW/tahun yang disuplai dari *Star Energi Geothermal* Salak, dan udara kering sebanyak 7838642,4622 m³/tahun.

Untuk mendirikan pabrik *green ammonia*, dibutuhkan *fixed capital* sebesar \$92.196.155,37 dengan modal kerja sebesar \$24.411.811,87. Berdasarkan analisis risiko, pabrik ini tergolong *high risk*. Pabrik mengalami kerugian saat harga jual \$1059,81/ton (S&P Global) sehingga dilakukan penyesuaian harga berdasarkan nilai MARR minimum kategori *high risk* yaitu 25% agar pabrik dikatakan layak secara ekonomi dan layak dikaji lebih lanjut. Sehingga berdasarkan penyesuaian tersebut, didapatkan harga jual yang layak sebesar \$2.509,63/ton dengan nilai DCFRR 27,83%, ROI 24,00%, POT 3,03 tahun, BEP 45,60%, SDP 24,18%, dan faktor lang 5,81.

Kata kunci : *green ammonia*, elektrolisis air, *pressure swing adsorption*, *multi bed reaktor*, refrigerasi 3 tingkat, listrik panas bumi

ABSTRACT

The ammonia industry in Indonesia has experienced rapid growth, placing the country as the fifth-largest ammonia producer in the world. Most of the ammonia produced is used for the manufacture of fertilizers, ammonium nitrate explosives, rocket or marine fuel, and refrigeration systems. Based on its production method, ammonia is classified into grey, blue, and green ammonia. Green ammonia is produced using renewable energy through water electrolysis and nitrogen separation from air, resulting in zero CO₂ emissions and contributing to the net zero emission target by 2050.

This green ammonia plant is designed with a production capacity of 50,000 tons per year, operating continuously for 330 days per year, 24 hours per day. The plant is planned to be constructed in 2029 and to begin operations in 2031. The main raw materials used are water (81,405,054.1753 tons/year) and air (64,834,566.3372 tons/year). The process starts with hydrogen production via water electrolysis using geothermal electricity at 70°C and 8 atm. The generated hydrogen gas is then separated from steam and dried. Nitrogen is obtained from air through a Pressure Swing Adsorption (PSA) process after pre-treatment and compression up to 8 atm. Hydrogen and nitrogen are mixed and gradually compressed up to 140 atm, then combined with recycle gas from the separation unit before entering the ammonia reactor.

Ammonia synthesis takes place in a multi-bed reactor with inter-bed cooling using ammonia streams split into three stages, resulting in a product gas with an ammonia content of approximately 24.93%. The reactor outlet gas is gradually cooled to -15°C and separated into gas and liquid phases. The liquid ammonia is then flashed using a three-stage refrigeration system, where liquid ammonia acts as the refrigerant. The final flashed liquid ammonia is stored in an ammonia tank at -33.43°C and 1.05 atm, while the vapor phase is recycled as a refrigerant.

The plant occupies a land area of 118,980.02 m² with a building area of 15,805 m² and employs 284 personnel. It is planned to be located in the Indotaisei Industrial Area, Karawang Regency, West Java Province. To support the production process, the required utilities include water (601,552.13 tons/year) sourced from the Citarum River, electricity (780,957,661.4652 kWh/year) supplied by Star Energy Geothermal Salak, and dry air (7,838,642.4622 m³/year).

The construction of this green ammonia plant requires a fixed capital investment of \$92,196,155.37 and working capital of \$24,411,811.87. Based on risk analysis, the plant falls into the high-risk category. At a selling price of \$1,059.81/ton (S&P Global), the plant is economically unfeasible, prompting a price adjustment based on the minimum MARR for high-risk investments (25%) to achieve economic feasibility. Following this adjustment, a feasible selling price of \$2,509.63/ton was obtained, resulting in a DCFRR of 27.83%, ROI of 24.00%, POT of 3.03 years, BEP of 45.60%, SDP of 24.18%, and a Lang factor of 5.81.

Keywords: green ammonia, water electrolysis, pressure swing adsorption, multi-bed reactor, three-stage refrigeration, geothermal electricity