

INTISARI

Para-Aminofenol (PAF) adalah senyawa aromatik yang umumnya tersedia dalam bentuk bubuk kristal berwarna putih kekuningan, serta mudah teroksidasi bila terpapar oksigen, kelembapan, maupun sinar matahari. Terdapat dua grade PAF di pasaran, yaitu *technical grade* untuk kemurnian 98% dan 99% wt. dan *pharmaceutical grade* untuk kemurnian 99,5% wt. dengan fungsi utama sebagai prekursor bahan aktif acetaminophen (paracetamol).

Pabrik PAF dari nitrobenzena ini dirancang dengan kapasitas 9.000 ton/tahun dan beroperasi secara kontinyu selama 24 jam sehari dan 330 hari setahun. Jalur proses yang dipilih adalah reduksi nitrobenzena dengan bahan baku nitrobenzena dan gas hidrogen. Reaksi berjalan pada suhu operasi 80°C dengan tekanan 27,2 bar pada sebuah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan sparger dan coil pendingin. Reduksi atau juga hidrogenasi nitrobenzena merupakan reaksi katalitik eksotermis yang menggunakan katalis padat logam berat 5% Pt/C serta memerlukan adisi asam sulfat (H₂SO₄) untuk mencapai kondisi asam. Kondisi reaksi memungkinkan konversi terhadap reaksi pembatas, hidrogen mencapai 99% serta selektivitas yang tinggi (86,96%) terhadap produk samping yaitu anilin. Proses purifikasi dilakukan dengan sejumlah rangkaian menara distilasi serta ekstraksi menggunakan solven senyawa organik seperti toluena dan dietil ether. Produk akhir kemudian dikeringkan dengan *cooling crystallizer* serta *rotary dryer* sehingga menghasilkan produk PAF bubuk dengan kemurnian 99,89% wt.

Pabrik akan didirikan di Kecamatan Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah dengan luas 2,3 hektar dan memiliki karyawan sebanyak 183 orang. Kebutuhan energi untuk menjalankan pabrik diantaranya air sebesar 124218,12 kg/jam, udara untuk boiler serta udara instrumen sebesar 19059,35 kg/jam, gas nitrogen untuk keperluan pengeringan sebesar 3196,368 kg/jam, bahan bakar minyak no. 2 sebesar 1079,05 kg/jam, serta listrik sebesar 964,54 HP atau setara 0,72 MW.

Untuk mendirikan pabrik yang siap beroperasi, dibutuhkan modal tetap (FCI) sebesar \$32.331.098,39 atau Rp510.831.354.509,84 dengan modal kerja (WCI) sebesar \$24.944.844,98 atau Rp394.128.550.709,90. Berdasarkan *hazard* proses dan bahan baku serta teknologi yang sudah luas dipakai, pabrik tergolong resiko rendah dengan nilai ROI sebelum pajak 22,92 % dan setelah pajak 16,04 %. Kemudian untuk POT sebelum pajak adalah 3,038 tahun dan setelah pajak 3,84 tahun. Analisis ekonomi lainnya yaitu BEP dan SDP terdapat pada 52,09 % dan 24,92 % berturut-turut. Kemudian DCFRR pabrik mencapai 18,8 %. Berdasarkan nilai parameter evaluasi ekonomi di atas, pabrik ini menarik dari segi ekonomi dan layak dikaji lebih lanjut.

Kata Kunci: para-aminofenol *pharmaceutical grade*, reduksi nitrobenzena, *Bamberger Rearrangement*

ABSTRACT

Para-Aminophenol (PAF) is an aromatic compound that is generally available in the form of yellowish-white crystalline powder and is easily oxidized when exposed to oxygen, moisture, or sunlight. There are two grades of PAF on the market, namely technical grade for 98% and 99% wt. purity and pharmaceutical grade for 99.5% wt. purity, with the main function as a precursor for the active ingredient acetaminophen. (paracetamol).

The PAF plant from nitrobenzene is designed with a capacity of 9,000 tons/year and operates continuously for 24 hours a day and 330 days a year. The chosen process route is the reduction of nitrobenzene using nitrobenzene and hydrogen gas as raw materials. The reaction proceeds at an operating temperature of 80°C with a pressure of 27.2 bar in a stirred tank reactor (STR) with a sparger and cooling coil. Reduction or hydrogenation of nitrobenzene is an exothermic catalytic reaction that uses a 5% Pt/C heavy metal solid catalyst and requires the addition of sulfuric acid (H₂SO₄) to achieve acidic conditions. The reaction conditions allow for the conversion of the limiting reactant, with hydrogen reaching 99% and high selectivity (86.96%) towards the byproduct, aniline. The purification process is carried out with a series of distillation towers and extraction using organic solvent compounds such as toluene and diethyl ether. The final product is then dried using a cooling crystallizer and a rotary dryer, resulting in PAF powder with a purity of 99.89% wt.

The factory will be established in Cilacap Tengah District, Cilacap Regency, Central Java Province, covering an area of 2.3 hectares and employing 183 people. The energy requirements to operate the factory include water at 124,218.12 kg/hour, air for the boiler and instrument air at 19,059.35 kg/hour, nitrogen gas for drying purposes at 3,196.368 kg/hour, No. 2 fuel oil at 1,079.05 kg/hour, and electricity at 964.54 HP or equivalent to 0.72 MW.

To establish a factory ready for operation, a fixed capital investment (FCI) of \$32.331.098,39 or Rp510.831.354.509,84 is needed, with a working capital investment (WCI) of \$24.944.844,98 or Rp394.128.550.709,90. Based on the process hazards, raw materials, and widely used technology, the factory is classified as low risk with a pre-tax ROI of 22,92% and a post-tax ROI of 16,04%. The pre-tax payback period (POT) is 3,038 years and the post-tax POT is 3,84 years. Other economic analyses, namely BEP and SDP, are at 52,09 % and 24,92 % respectively. Then the DCFRR of the plant reaches 18,8%. Based on the above economic evaluation parameters, this plant is economically attractive and worth further study.

Keywords: pharmaceutical grade para-aminophenol, nitrobenzene reduction, Bamberger Rearrangement