

Peningkatan Daya Simpan Temperatur Ruang *Microneedle Patch Pneumococcal Conjugated Vaccine* dengan Coating *Silk Fibroin Bombyx mori* dan Silika Aerogel dari Lumpur Lapindo

Raeshaa Ishashanah, Nafila Dini Aulia
SMA Negeri 3 Malang

ABSTRAK

Pneumonia merupakan penyebab utama kematian anak, dengan PCV-13 sebagai vaksin pencegahan yang membutuhkan penyimpanan 2–8°C, menjadi tantangan dalam distribusinya. Microneedle patch menawarkan alternatif penghantaran vaksin yang lebih nyaman dan stabil. Penelitian ini mengembangkan coating berbasis silk fibroin *Bombyx mori* dan silika aerogel dari lumpur Lapindo untuk meningkatkan stabilitas PCV-13 pada suhu ruang. Silk fibroin melindungi protein vaksin dari degradasi, sementara silika aerogel dengan struktur nanopori memperpanjang masa simpan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi aerogel silika serta silk fibroin, merancang formulasi microneedle patch, serta mengevaluasi stabilitasnya terhadap suhu dan waktu penyimpanan berdasarkan uji penetrasi. Metode penelitian terdiri dari tiga tahap utama, yaitu pembuatan aerogel silika menggunakan metode sol-gel, pemurnian silk fibroin melalui proses degumming dan dialisis, serta formulasi microneedle patch dengan variasi coating SF-AS (1:1, 1:2, 2:1). Karakterisasi material meliputi analisis morfologi dan komposisi unsur dengan SEM serta evaluasi kestabilan vaksin melalui uji penetrasi menggunakan Franz Diffusion Test dan Bradford Assay. Sampel uji diinkubasi pada suhu 37°C, dan penetrasi PCV-13 diukur dalam 60 menit waktu penetrasi pada waktu penyimpanan selama 0, 7, 14 dan 21 hari menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Penelitian ini menunjukkan bahwa lumpur Lapindo berpotensi sebagai sumber silika aerogel dengan kemurnian 90,66% dan sifat hidrofobik, sementara silk fibroin *Bombyx mori* yang dimurnikan dengan dialisis menghasilkan struktur jaring rapat dengan konsentrasi 0,4 g/mL. Microneedle patch dengan variasi coating SF-AS (1:1, 1:2, 2:1) menggunakan metode drip-coat hingga $\frac{3}{4}$ tinggi jarum menciptakan efek hollow microneedle untuk penghantaran vaksin. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa suhu penyimpanan dan coating berpengaruh pada stabilitas PCV-13, dengan SF-SA 2:1 mempertahankan penetrasi tertinggi (19,24 µg/mL pada 5°C dan 10,85 µg/mL pada 40°C). Suhu tinggi (40°C) mempercepat degradasi hingga 45%, sedangkan suhu rendah (5°C) mempertahankan kestabilan lebih baik. Kombinasi silk fibroin dan silika aerogel dalam microneedle patch berpotensi meningkatkan daya simpan dan efektivitas vaksin PCV-13 pada suhu ruang.

Kata kunci : *silk fibroin, silika aerogel, microneedle patch, PCV-13, uji penetrasi*

ABSTRACT

Pneumonia is the leading cause of child mortality, with PCV-13 as a preventive vaccine requiring storage of 2–8°C, being a challenge in its distribution. Microneedle patches offer a more convenient and stable alternative to vaccine delivery. This research developed a coating based on silk fibroin *Bombyx mori* and silica aerogel from Lapindo mud to improve the stability of PCV-13 at room temperature. Silk fibroin protects vaccine proteins from degradation, while silica aerogel with a nanoporous structure extends shelf life. This study aims to synthesize and characterize silica aerogels and silk fibroin, design microneedle patch formulations, and evaluate their stability to temperature and storage time based on penetration tests. The research method consists of three main stages, namely the manufacture of silica aerogel using the sol-gel method, silk fibroin purification through the degumming and dialysis process, and the formulation of microneedle patches with variations of SF-AS coating (1:1, 1:2, 2:1). Material characterization includes morphological analysis and elemental composition with SEM as well as evaluation of vaccine stability through penetration tests using Franz Diffusion Test and Bradford Assay. The test sample was incubated at 37°C, and the penetration of PCV-13 was measured within 60 minutes of penetration time at 0, 7, 14 and 21 days of storage using a UV-Vis spectrophotometer. This study shows that Lapindo sludge has the potential to be a source of silica aerogel with 90.66% purity and hydrophobic properties, while silk fibroin *Bombyx mori* purified by dialysis produces a tight mesh structure with a concentration of 0.4 g/mL. Microneedle patches with SF-AS coating variations (1:1, 1:2, 2:1) using the drip-coat method up to 3/4 of the needle height create a hollow microneedle effect for vaccine delivery. The evaluation results showed that storage and coating temperatures had an effect on the stability of PCV-13, with SF-SA 2:1 maintaining the highest penetration (19.24 µg/mL at 5°C and 10.85 µg/mL at 40°C). High temperatures (40°C) accelerate degradation by up to 45%, while low temperatures (5°C) maintain better stability. The combination of silk fibroin and silica aerogel in microneedle patches has the potential to increase the shelf life and effectiveness of the PCV-13 vaccine at room temperature.

Keywords: silk fibroin, silica aerogel, microneedle patch, PCV-13, penetration test