

DEVELOPMENT OF CHITOSAN-BASED THIN FILM MEMBRANES CONTAINING CALCIUM PHOSPHATE, AND UREA FOR CONTROLLED NUTRIENT RELEASE IN SLOW-RELEASE FERTILIZER APPLICATIONS

Naila Sakha Raihana
21/475170/PA/20543

ABSTRACT

This research focuses on the development of thin-film membranes intended for use as slow-release fertilizer coatings, utilizing chitosan as the base polymer in combination with citric acid, calcium phosphate, and urea. The main objective was to evaluate how variations in membrane composition influence physical, mechanical, and nutrient release properties. Membranes were synthesized using a sandwich casting method, where chitosan and citric acid served as the matrix, calcium phosphate acted as a reinforcing filler, and urea was incorporated as the target nutrient. A series of membranes were prepared with varying concentrations of calcium phosphate (0.01–0.04 g) and a fixed urea loading, with some higher-urea membranes tested for comparison. All membranes underwent structural, morphological, and compositional analysis using FTIR, SEM, and XRF. Key performance indicators included membrane uniformity, thickness, mechanical strength, swelling behavior, surface hydrophilicity, and the release profiles of both phosphate and urea when immersed in water over a 13-day period.

The results show that tensile strength improved with increasing CaP content, rising from 23.22 MPa in Cap 1 to 48.05 MPa in Cap 4, while swelling capacity stabilized around 150% in Cap 2–4 compared to 119.79% in Cap 1. Hydrophilicity was highest in Cap 2, which also exhibited the lowest contact angle (37.12°), while Cap 1 remained the most hydrophobic (72.84°). Phosphate release ranged from 19.97 ppm in Cap 1 to 141.22 ppm in Cap 4, with average daily release rates increasing from 1.53 to 10.86 ppm/day. Urea release was minimal, detected only on Day 1 in Cap 1 (0.653 ppm) and Cap 2 (1.153 ppm), and undetectable in Cap 3 and 4. These findings highlight the importance of balancing CaP loading to optimize both structural stability and nutrient release behavior for effective slow-release fertilizer applications.

Keyword: calcium phosphate, chitosan membrane, slow-release fertilizer, urea

**PENGEMBANGAN MEMBRAN FILM TIPIS BERBASIS KITOSAN YANG
MENGANDUNG KALSIUM FOSFAT, DAN UREA UNTUK PELEPASAN
UNSUR HARA TERKONTROL DALAM APLIKASI PUPUK LEPAS
LAMBAT**

Naila Sakha Raihana
21/475170/PA/20543

INTISARI

Penelitian ini berfokus pada pengembangan membran film tipis yang ditujukan sebagai pelapis pupuk lepas lambat, dengan menggunakan kitosan sebagai polimer dasar yang dikombinasikan dengan asam sitrat, kalsium fosfat, dan urea. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengevaluasi bagaimana variasi komposisi membran memengaruhi sifat fisik, mekanik, dan pelepasan nutrisinya. Membran disintesis menggunakan metode *sandwich casting*, di mana kitosan dan asam sitrat berperan sebagai matriks, kalsium fosfat sebagai bahan penguat, dan urea sebagai nutrisi utama yang diinkorporasikan. Beberapa variasi membran dibuat dengan konsentrasi kalsium fosfat yang berbeda (0,01–0,04 g) dan kadar urea yang tetap, serta beberapa membran dengan kadar urea lebih tinggi digunakan sebagai pembanding. Seluruh membran kemudian dianalisis secara struktural, morfologis, dan komposisi menggunakan FTIR, SEM, dan XRF. Indikator kinerja utama yang diamati meliputi keseragaman membran, ketebalan, kekuatan mekanik, daya *swelling*, sifat hidrofilik permukaan, serta profil pelepasan fosfat dan urea selama perendaman dalam air selama 13 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik meningkat seiring dengan bertambahnya kandungan CaP, dari 23,22 MPa pada Cap 1 hingga 48,05 MPa pada Cap 4, sementara kapasitas *swelling* setelah 24 jam stabil di sekitar 150% pada Cap 2 hingga 4 dibandingkan 119,79% pada Cap 1. Sifat hidrofilik tertinggi ditemukan pada Cap 2, yang juga menunjukkan sudut kontak terendah (37,12°), sedangkan Cap 1 merupakan yang paling hidrofobik (72,84°). Pelepasan fosfat meningkat dari 19,97 ppm pada Cap 1 hingga 141,22 ppm pada Cap 4, dengan laju pelepasan harian rata-rata naik dari 1,53 menjadi 10,86 ppm/hari. Pelepasan urea sangat minim, hanya terdeteksi pada Hari ke-1 pada Cap 1 (0,653 ppm) dan Cap 2 (1,153 ppm), serta tidak terdeteksi pada Cap 3 dan 4. Temuan ini menunjukkan pentingnya penyesuaian kadar CaP untuk mengoptimalkan stabilitas struktur dan perilaku pelepasan nutrisi dalam aplikasi pupuk lepas-tertunda.

Kata kunci: kalsium fosfat, membran kitosan, pupuk lepas lambat, urea