

## Intisari

Jagung ketan (Waxy corn starch/WCS) memiliki pati yang didominasi oleh amilopektin, dengan sifat pati yang mudah mengembang namun mudah mengalami sineresis sehingga membatasi penggunaannya dalam industri pangan. Modifikasi menjadi langkah penting untuk meningkatkan sifat fungsionalnya. Salah satu karakter yang diinginkan adalah granular cold water *swelling* (GCWS), yaitu kemampuan pati untuk mengembang dalam air dingin dengan gel stabil. Sifat ini dapat dicapai melalui modifikasi alkali-alkohol, tetapi ini memerlukan pati dengan kadar amilosa tinggi dan kelarutan rendah. Oleh karena itu, pati WCS harus dimodifikasi terlebih dahulu. Metode modifikasi yang dipilih adalah metode fermentasi alami secara spontan dan modifikasi secara enzimatis.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengetahui pengaruh fermentasi alami secara spontan terhadap perubahan jumlah amilosa dan sifat fungsional pati WCS; (2) mengetahui pengaruh modifikasi enzimatis terhadap perubahan jumlah amilosa, sifat fisik dan struktur granula pati WCS; (3) mengidentifikasi karakteristik viskositas, morfologi, tipe pola difraksi, intensitas kristalinitas serta sifat pasta pati jagung ketan yang mengembang dalam air dingin (granular cold water *swelling*/GCWS) dari kombinasi modifikasi enzimatis dan alkali-alkohol; (4) mengetahui pengaruh penggunaan garam  $\text{CaCl}_2$  terhadap pati jagung ketan termodifikasi ganda terhadap ukuran granula, *wettability* dan freeze thaw stability .

Tahapan penelitian meliputi: (1) Modifikasi pati secara fermentasi spontan selama 21 hari dengan frekuensi pengamatan setiap 3 hari, dan modifikasi pati secara enzimatis pada konsentrasi enzim pululanase (1–3%) dan waktu inkubasi (6–18 jam). Tahapan (2) modifikasi ganda antara pati termodifikasi enzim dan metode modifikasi alkali-alkohol dengan variasi konsentrasi  $\text{CaCl}_2$  (100 dan 200 mM).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi spontan dan enzimatis mampu meningkatkan kadar amilosa pati *native* dari 11,36% menjadi 21,13–24,92% (fermentasi) dan 18,46–25,89% (enzimatis). Kelarutan dan *swelling* meningkat pada fermentasi 18 hari, sedangkan enzimatis hanya signifikan pada 3% enzim selama 18 jam. Sifat pasta pati yang dimodifikasi dengan metode fermentasi spontan secara alami menghasilkan viskositas lebih tinggi untuk parameter viskositas puncak, breakdown dan viskositas akhir sementara viskositas setback lebih rendah dari pati *native*. Berbeda dengan pati termodifikasi enzim sifat pasta yang dihasilkan lebih rendah dari pati *native* untuk semua parameter viskositas. Intensitas kristalin pati WCS yang dimodifikasi secara enzimatis menghasilkan pola difraksi tipe-B pada sudut  $2\theta$  sekitar  $11^\circ$  dan  $20^\circ$ . Sifat pasta WCS termodifikasi enzim suhu gelatinisasi tidak terdeteksi, viskositas lebih rendah, dan pembentukan pati resisten (RS) tidak signifikan dengan *native* kecuali pada perlakuan enzim 1%. Pati fermentasi memiliki sifat pasta dengan nilai viskositas lebih tinggi dari *native* dan nilai setback yang rendah. Perlakuan yang dipilih untuk dimodifikasi alkali alkohol adalah pati termodifikasi enzim 1% dengan masa inkubasi 6 jam. Modifikasi alkali-alkohol menghasilkan pati dengan viskositas tinggi, kelarutan pada suhu rendah ( $20^\circ\text{C}$ ), dan pola kristal tipe-V kompleks. Penambahan garam  $\text{CaCl}_2$  mempengaruhi kristalinitas (41,8–50,4%), *wettability*, dan stabilitas freeze-thaw. Pati GCWS dengan 100 mM  $\text{CaCl}_2$  memiliki *wettability* lebih dari 50% dalam



5 menit pada suhu 20°C dan sineresis 30% hingga siklus ketiga yang menunjukkan pati GCWS memiliki stabilitas baik pada suhu rendah.

Modifikasi ganda menghasilkan pati GCWS yang berpotensi untuk diaplikasikan pada produk pangan yang memerlukan kemampuan mengembang dalam air dingin secara cepat.

Kata Kunci: *Jagung ketan, fermentasi alami, enzim pululanase, alkali-alkohol, GCWS, instan*

## Abstract

Waxy corn starch (WCS) is predominantly composed of amylopectin, characterized by its ability to swell easily but with a tendency toward syneresis, which limits its application in the food industry. Modification serves as a crucial step to enhance its functional properties. One desired characteristic is granular cold water swelling (GCWS), which refers to the starch's ability to swell in cold water with a stable gel. This property can be achieved through alkali-alcohol modification; however, it requires starch with high amylose content and low solubility. Thus, WCS must undergo preliminary modification. The selected modification methods include spontaneous natural fermentation and enzymatic modification.

This study aims to: (1) evaluate the effect of spontaneous natural fermentation on changes in amylose content and the functional properties of WCS; (2) investigate the impact of enzymatic modification on amylose content, as well as the physical properties and granule structure of WCS; (3) characterize the viscosity profile, morphology, diffraction pattern type, crystallinity intensity, and pasting properties of granular cold water swelling (GCWS) WCS modified through a combination of enzymatic and alkali-alcohol methods; (4) assess the effect of CaCl<sub>2</sub> on granule size, wettability, and freeze-thaw stability of dual-modified WCS.

The study was conducted in two main stages: (1) spontaneous fermentation of starch for 21 days, with observations at three-day intervals, and enzymatic modification using pullulanase enzyme at varying concentrations (1–3%) and incubation times (6–18 hours). (2) Dual modification by combining enzymatically modified starch with alkali-alcohol modification, using different CaCl<sub>2</sub> concentrations (100 and 200 mM).

The results indicated that spontaneous and enzymatic modifications increased the amylose content of *native* starch from 11.36% to 21.13–24.92% (fermentation) and 18.46–25.89% (*enzymatic* modification). Solubility and swelling power increased after 18 days of fermentation, while enzymatic modification showed significant improvement only with 3% enzyme for 18 hours. Starch paste properties modified by spontaneous fermentation exhibited higher peak viscosity, breakdown, and final viscosity values, while setback viscosity was lower than *native* starch. In contrast, enzymatically modified starch showed lower paste viscosity for all parameters compared to *native* starch. Crystallinity analysis revealed that enzymatically modified WCS exhibited a B-type diffraction pattern at 2 $\theta$  angles of approximately 11° and 20°. Enzymatically modified WCS showed no detectable gelatinization temperature, reduced viscosity, and insignificant resistant starch (RS) formation compared to *native* starch, except in the case of 1% enzyme treatment. Fermented starch displayed higher paste viscosity values and lower setback viscosity than *native* starch. The chosen treatment for alkali-alcohol modification was starch-modified enzymatically with 1% enzyme and a 6-hour incubation period.

Alkali-alcohol modification produced starch with high viscosity, solubility at low temperatures (20°C), and a complex V-type crystallinity pattern. The addition of CaCl<sub>2</sub> affected crystallinity (41.8–50.4%), *wettability*, and freeze-thaw



stability. GCWS starch with 100 mM CaCl<sub>2</sub> exhibited *wettability* exceeding 50% within 5 minutes at 20°C and syneresis of 30% up to the third cycle, indicating good stability at low temperatures.

Dual modification successfully produced GCWS starch with potential applications in food products requiring rapid cold water *swelling* ability.

Keyword : *waxy corn, natural fermentation, pullulanase enzyme, alkali-alkohol, GCWS, Instant*