

Aktivitas Enzim β -Galaktosidase pada Kultur *Kluyveromyces marxianus* KFA9 dan *Lacticaseibacillus paracasei* M104 dalam Proses Fermentasi Kefir Susu Kambing

Dian Permana Putri Ambarsari

dianpermanaputriambarsari@mail.ugm.ac.id

Program Studi Magister Bioteknologi Universitas Gadjah Mada
Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

ABSTRAK

Intoleransi laktosa merupakan permasalahan kesehatan dengan angka kejadian yang relatif tinggi di Indonesia. Kemunculan gejala intoleransi laktosa dipicu oleh rendahnya kemampuan mencerna laktosa atau dikenal sebagai malabsorpsi laktosa. Kasus intoleransi laktosa dapat diminimalisir melalui konsumsi susu maupun produk olahannya yang bersifat rendah laktosa. Susu rendah laktosa dapat dihasilkan melalui pengaplikasian enzim β -galaktosidase yang berperan dalam memecah laktosa. β -galaktosidase dapat diproduksi oleh *Kluyveromyces marxianus* KFA9 yang diisolasi dari kefir susu kambing dan *Lacticaseibacillus paracasei* M104 dari susu kambing peranakan Etawah. Pada penelitian ini, dilakukan evaluasi efisiensi kemampuan degradasi laktosa kedua kultur. Secara umum, *K. marxianus* KFA9 diketahui menghasilkan kemampuan degradasi laktosa yang lebih baik dibanding *L. paracasei* M104. Kemampuannya optimum pada konsentrasi laktosa 3%. Kemampuan degradasi laktosa dikonfirmasi melalui identifikasi gen penyandi β -galaktosidase pada *yeast* dan bakteri asam laktat, yaitu *lac4* dan *lacZ*. Selaras dengan penemuan sebelumnya, tingkat ekspresi kedua gen target mencapai tingkat tertinggi ketika diinduksi dengan 3% laktosa dalam kondisi dikulturkan secara tunggal maupun dikombinasikan. Meskipun degradasi laktosa *K. marxianus* KFA9 lebih unggul, ekspresi *lac4* yang dihasilkan lebih rendah dibanding *lacZ*. Ekspresi gen target kedua kultur memiliki hubungan berkebalikan dengan aktivitas β -galaktosidase di mana *yeast* menunjukkan aktivitas enzim total maupun spesifik lebih tinggi. Pada tahap akhir, dilakukan pengaplikasian kedua kultur untuk memproduksi kefir rendah laktosa. Pengaruh perbedaan kultur yang digunakan sebagai starter fermentasi dievaluasi melalui analisis kualitas fisiko-kimia (pH, total asam, viskositas, kadar laktosa dan protein, kadar air, dan total padatan) serta mikrobiologi untuk mengetahui total *yeast* dan bakteri asam laktat dalam produk. Kefir dengan kualitas paling baik dihasilkan oleh *K. marxianus* KFA9 tunggal dan diikuti oleh kultur kombinasi, dan yang terakhir adalah *L. paracasei* M104 meskipun ketiganya belum memenuhi standard untuk dikategorikan sebagai produk rendah laktosa.

Kata kunci: β -galaktosidase, *Kluyveromyces marxianus* KFA9, *Lacticaseibacillus paracasei* M104, kefir, dan susu kambing

β -Galactosidase Enzyme Activity in *Kluyveromyces marxianus* KFA9 and *Lacticaseibacillus paracasei* M104 Cultures During Goat Milk Kefir Fermentation

Dian Permana Putri Ambarsari

dianpermanaputriambarsari@mail.ugm.ac.id

Master's Program in Biotechnology, Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta Special Region, Indonesia

ABSTRACT

Lactose intolerance is a common health concern in Indonesia, primarily resulting from inadequate endogenous lactase activity, leading to lactose malabsorption. This condition may be mitigated through the consumption of dairy products with reduced lactose content, which can be achieved through enzymatic hydrolysis using β -galactosidase. The enzyme is naturally produced by *Kluyveromyces marxianus* KFA9, isolated from goat milk kefir, and *Lacticaseibacillus paracasei* M104, isolated from Etawah crossbred goat milk. This study investigated the lactose-degrading efficiency of both cultures. *Kluyveromyces marxianus* KFA9 exhibited superior lactose hydrolysis compared to *L. paracasei* M104, with optimal activity observed at 3% lactose. These observations were supported by the identification of the β -galactosidase –encoding genes *lac4* and *lacZ* in yeast and lactic acid bacteria, respectively. Consistently, the highest expression levels of both target genes were observed under 3% lactose induction in both single and co-culture conditions. Despite the greater lactose degradation capacity of *K. marxianus* KFA9, *lac4* transcriptional levels were lower than those of *lacZ*. Notably, gene expression trends were inversely associated with β -galactosidase activity, as the yeast culture demonstrated higher total and specific enzymatic activities. In the final stage, both cultures were employed as starter cultures for kefir fermentation. The influence of different starter formulations was assessed through physicochemical parameters (pH, titratable acidity, viscosity, lactose and protein content, moisture, and total solids) and microbiological quality (yeast and lactic acid bacteria counts). Kefir produced using *K. marxianus* KFA9 alone exhibited the most favorable characteristics, followed by the mixed culture and *L. paracasei* M104, although none fulfilled the criteria for classification as low-lactose products.

Keywords: β -galactosidase, *Kluyveromyces marxianus* KFA9, *Lacticaseibacillus paracasei* M104, kefir, and goat milk