



---

## PEMANFAATAN TEPUNG GADUNG (*DIOSCOREA HISPIDA DENNST.*) PADA PRODUKSI AMILASE MENGGUNAKAN *BACILLUS SP.*

*Yam (Dioscorea Hispida Dennst.) Flour Application on  
Production of Amylase Using Bacillus Sp.*

Eha Julaeha<sup>1\*</sup>, Sarina Rustiyaty<sup>2</sup>, Novi Nurmaliah Fajri<sup>3</sup>, Fadhilah Ramdlani<sup>4</sup>, Reres Tantra G<sup>5</sup>  
<sup>1,2,4</sup> Program Studi Pendidikan Teknologi Agroindustri

Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Universitas Pendidikan Indonesia

<sup>3</sup> Departemen Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan MIPA Universitas Pendidikan Indonesia

<sup>5</sup> Departemen Pendidikan Kimia Fakultas Pendidikan MIPA Universitas Pendidikan Indonesia

\*Korespondensi: eha.j@student.upi.edu

### ABSTRAK

Gadung (*Dioscorea hispida Dennst.*) merupakan tanaman umbi yang mengandung dioskorin, senyawa alkaloid yang beracun bagi manusia tetapi berpotensi dalam peningkatan produksi amilase yang menggunakan bakteri. Amilase adalah salah satu enzim yang banyak digunakan dalam industri makanan minuman juga bidang bioteknologi. Produksi enzim amilase dapat menggunakan berbagai sumber karbon, salah satunya dari umbi gadung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat produksi enzim amilase yang menggunakan bakteri *Bacillus sp.* dengan substrat tepung gadung. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap 2 perlakuan yaitu penambahan substrat tepung gadung 5%, pati gadung 5% dan tapioka 5%. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh penggunaan tepung gadung yang tidak dilakukan perendam atau perlakuan dan banyak mengandung senyawa dioskorin menghasilkan kadar gula reduksi yang tinggi sehingga total aktivitas dan rendemen enzim amilase yang didapatkan juga tinggi dibandingkan dengan sampel yang lainnya yaitu dari tepung dan pati gadung yang lebih sedikit mengandung dioskorin.

Kata kunci: *gadung, amilase, bacillus sp.*

### ABSTRACT

Gadung (*Dioscorea hispida Dennst.*) is a tuber that has dioscorin, an alkaloid compound that poisonous for human but has a potency to increase the production of amylase that use bacterium. Amylase is one of the enzyme that mostly used in food and beverage industry and also in biotechnology. The amylase production processed by any carbon source, one of them is from gadung. This research aims to dicover the amylase production level that use *Bacillus sp.* by the gadung substrate flour. This research used experimental design by Random Complete 2 treatment by adding 5% of gadung substrate flour, 5 % of gadung extract, and 5% of tapioca. The research result shows how the effect from the use of unsoaked gadung flour with lots of diosclorin had producted a high value of sugar reduction, so the total of activity and amylase yield is higher than the other sampel that came from gadung flour and extract with less dioscorin.

**Keywords :** *yam, amylase, bacillus sp*

---

## PENDAHULUAN

Tanaman gadung adalah tanaman umbi-umbian yang termasuk kedalam golongan sumber pangan dan belum banyak dikenal oleh masyarakat luas. Gadung (*Dioscore hispida dennst*) mengandung karbohidrat yang cukup tinggi. Pemanfaatan umbi gadung terkendala akan kandungan senyawa toksik berupa senyawa alkaloid (*dioscorin*) yang dapat menimbulkan keracunan pada manusia (Hartati dkk, 2010).

Dioskorin tergolong senyawa alkaloid, yang ditunjukkan dengan sifatnya yang basa, mengandung satu atau lebih nitrogen heterosiklik, dan umumnya beracun bagi manusia. Namun dibalik kandungan senyawa dioskorin yang merupakan racun, senyawa tersebut bisa dimanfaatkan sebagai potensi sumber karbon bagi mikroba dalam menghasilkan amilase. Amilase merupakan enzim yang penting dalam bidang pangan dan bioteknologi. Amilase dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti tanaman, binatang dan mikroorganisme.

Sekitar 25-33% produk amilase di pasar dunia berasal dari mikroorganisme seperti *Bacillus* dan *Aspergillus* (Jensen dan Olgen, 1999). Jenis *Bacillus* secara luas digunakan untuk produksi komersial amilase termotabil, dimana karakteristik penting dari termotabil adalah mampu menghasilkan enzim termotabil dengan stabilitas operasional yang tinggi (Niehaus et al., 1999). Gadung juga memiliki potensi untuk digunakan sebagai substrat bagi *Aspergillus niger* dalam memproduksi amilase (Suraya, 2009). Tujuan dari penelitian ini untuk mengoptimalkan pemanfaatan gadung yang mengandung racun dioskorin sebagai sumber karbon bagi *Bacillus* dalam meningkatkan produksi amilase.

## METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tepung gadung, tapioka, maizena, ekstrak ragi, *bacto pepton*,  $K_2HPO_4$ ,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ , larutan DNS, NaOH 2M, Ka-Na tartrate, glukosa, aquades, alkohol, cling wrap, tisu, dan mikroba *Bacillus sp.* Sedangkan alat yang digunakan yaitu pisau, grinder, ayakan tyler, blender, baskom, labu enlenmeyer, *beaker glass*, inkubator, cawan petri, kertas pH, label, tabung reaksi, bunsen, ose, mikroskop, micro cup, sarung tangan, *water bath*, oven, timbangan, spatula, *autoclav*, laminar airflow, dan *counting chamber*.

Metode penelitian yang digunakan adalah desain eksperimen dengan dua kali ulangan. Penelitian ini terdiri atas beberapa tahap, yaitu :

### Pembuatan tepung dan pati gadung

Pembuatan tepung gadung dilakukan melalui pengecilan ukuran, perendaman dan tanpa perendaman, pengeringan dan pengayakan hingga 100 mesh. Sedangkan pembuatan pati gadung dilakukan dengan cara basah yaitu dengan merendam bubur umbi gadung hingga diperoleh endapan sari pati gadung yang kemudian dikeringkan.

### Pengujian HCN

Kandungan HCN pada gadung diuji dengan metode Argentometri Volhard menggunakan destilasi. Sampel tepung maupun pati gadung masing – masing ditimbang sebanyak 20 gram kemudian dimasukkan ke dalam labu destilasi, ditambah 10 ml larutan asam tartrat 5% dan 100 ml aquadest lalu didestilasi. Destilat ditampung dalam labu ukur 100 ml yang telah diisi dengan 20,0 ml  $AgNO_3$  0,02 N + 1 ml  $HNO_3$  encer. Disiapkan kertas saring yang berbentuk lingkaran kemudian dicelupkan dalam larutan asam pikrat jenuh. Setelah kering dibasahi dengan larutan  $Na_2CO_3$  8%. Kemudian tetesan destilat disentuhkan pada kertas saring tersebut. Apabila warna kuning dari

kertas pikrat berubah menjadi warna merah berarti HCN positif.

### Pembuatan Inokulum

Mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat bakteri termofil *Bacillus Stearothermophilus*. Media yang digunakan untuk regenerasi bakteri adalah media cair. Komposisi media yang digunakan adalah tepung gadung 1%, ekstrak ragi 0,5%, bacto pepton 0,5%, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,05%, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0,05%, dan CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 0,1%. Inkubasi regenerasi bakteri dilakukan di dalam inkubator pada suhu 60°C, selama 24 jam, dan biakan tersebut siap digunakan untuk produksi enzim amilase. Sebelum diinkubasi, semua peralatan yang digunakan disterilisasi terlebih dahulu.

### Fermentasi

Media fermentasi terdiri dari sampel yang akan diuji yaitu tepung gadung tanpa perendaman, tepung gadung yang sudah melalui perendaman, pati gadung, dan tapioka sebagai kontrol. Masing-masing bahan tersebut ditimbang sebanyak 5% dan dimasukkan ke dalam labu enlenmeyer 250 ml kemudian dilakukan pengaturan konsentrasi media hingga mencapai pH 7-7,5. Setelah itu dilakukan sterilisasi kemudian fermentasi dengan penambahan media enrichment 3 ml kedalam media fermentasi. Selanjutnya diinkubasi dalam inkubator shaker selama 42 jam, agitasi 120 rpm pada suhu 60°C. Setelah fermentasi dilakukan perhitungan sel bakteri yang tumbuh dengan cara pengenceran 10<sup>-1</sup>-10<sup>-4</sup> kemudian sel dihitung menggunakan mikroskop.

### Pembuatan larutan DNS dan larutan stock glukosa

Larutan DNS dibuat dengan cara melarutkan 1 gram DNS serbuk, 20 ml NaOH 2M, 30 gram Ka-Na tartrate sampai volume 100 ml. Kemudian larutan disimpan dalam lemari pendingin. Larutan stock glukosa untuk kurva standar dibuat dengan menggunakan larutan glukosa konsentrasi 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5 ppm. Pembuatan kurva standar diawali dari pembuatan larutan glukosa dengan melarutkan sebanyak 250 mg glukosa dengan aquades hingga volume 50 ml.

### Pengujian jumlah Gula Reduksi

Pengujian gula reduksi dilakukan dengan mengambil 1 ml sampel kedalam tabung, kemudian ditambahkan 1 ml reagen DNS dan 2 ml aquadest, ditambahkan pada tiap tabung reaksi menggunakan pipet. Tabung reaksi dipanaskan di dalam water bath selama 5 menit agar terjadi reaksi antara glukosa dengan DNS. Absorbansi tiap larutan diukur pada 540 nm (Ceirwyn, 1995). Nilai absorbansi yang diperoleh diplotkan pada kurva standar untuk mengetahui konsentrasi glukosa pada sampel.

### Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data untuk analisis produksi amilase dilakukan secara matematis menggunakan Microsoft Excel. Analisis data dilihat dari kandungan HCN dan gula reduksi yang terdapat di dalam sampel kemudian dilakukan analisis total aktivitas enzim dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Total Aktivitas Enzim Amilase} = \left[ \frac{Gh \times fp \times 1000 \frac{\mu\text{mol}}{\text{mmol}} \times V_{\text{Larutan}}}{t \text{ (menit)} \times V_{\text{enzim (ml)}} \times \text{BM Glukosa} \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}} \right] \times \frac{V_{\text{fermentasi (ml)}}}{B_{\text{gadung (gr)}}$$

Keterangan :

- Gh = Kadar gula reduksi hasil hidrolisis enzimatis
- Fp = Faktor pengenceran ekstrak enzim kasar
- V<sub>larutan</sub> = Volume larutan sampel (ml)
- V<sub>enzim</sub> = Volume enzim yang ditambahkan (ml)
- t = Waktu inkubasi (menit)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel gadung yang diuji kadar HCN terdiri dari tiga sampel yaitu pati gadung, tepung gadung yang direndam dan tepung gadung tanpa perendaman seperti tersaji pada tabel 1

Tabel 1. Hasil Analisis Kadar HCN

No.	Kode Sampel	Satuan	Hasil
1.	Pati Gadung	mg/Kg	26,11
2.	Tepung Gadung (Direndam)	mg/Kg	39,98
3.	Tepung Gadung (Tanpa Perendaman)	mg/Kg	66,94

Analisis kadar HCN ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pertumbuhan bakteri yang menghasilkan amilase menggunakan berbagai jenis perlakuan substrat gadung yaitu mulai dari pati gadung, tepung gadung yang direndam, dan tepung gadung tanpa perendaman. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar HCN tertinggi yaitu terdapat pada tepung gadung tanpa perendaman. Hal tersebut menunjukkan bahwa tepung gadung tanpa perlakuan (perendaman) masih banyak mengandung HCN yang berarti masih banyak mengandung racun yang lainnya salah satunya dioskorin.

Perhitungan jumlah sel bakteri yang tumbuh dilakukan pada pengenceran dari  $10^{-1}$ - $10^{-5}$  dan dengan menggunakan mikroskop. Namun untuk sampel yang diambil pada penelitian ini yaitu pada pengenceran  $10^{-3}$  yang tersaji pada tabel 2.

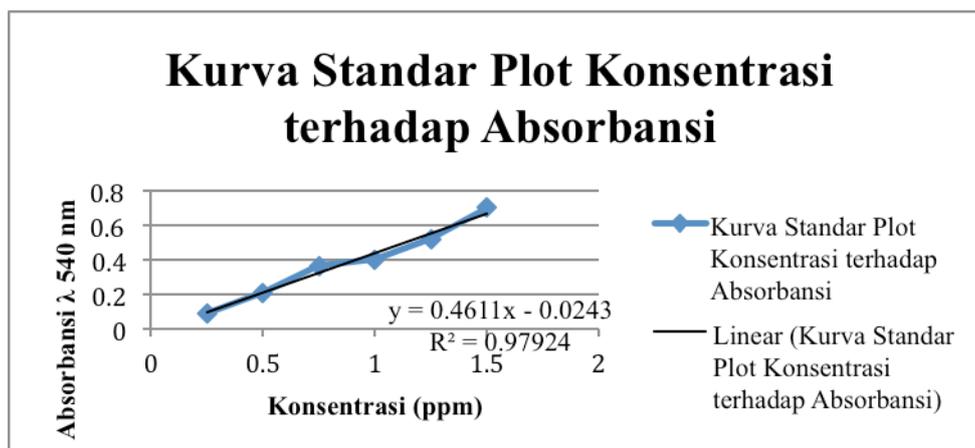
Tabel 2. Jumlah Sel Bakteri yang tumbuh (Penelitian Ulangan)

Sampel	Sel bakteri yang terhitung	Total sel bakteri
A1,1	202	202.000
A1,2	130	130.000
A2,1	131	131.000
A2,2	423	42.300
A3,1	109	10.900
A3,2	108	10.800
A4,1	114	11.400
A4,2	79	7.900

Dari tabel tersebut bisa dilihat bahwa jumlah sel bakteri yang paling banyak tumbuh yaitu pada media yang menggunakan substrat tepung gadung tanpa perendaman (banyak mengandung racun) karena gadung tidak mendapatkan perlakuan perendaman untuk menghilangkan racun. Selanjutnya, pada pemeriksaan aktivitas enzim dilakukan pengukuran kadar glukosa. Larutan stock glukosa untuk kurva standar dibuat dengan menggunakan larutan glukosa konsentrasi 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5 ppm. Dari pengukuran secara spektrofotometri diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 3. Kurva Standar

No.	Konsentrasi	Absorbansi
1.	0,25	0,09
2.	0,5	0,205
3.	0,75	0,36
4.	1	0,4
5.	1,25	0,52
6.	1,5	0,7



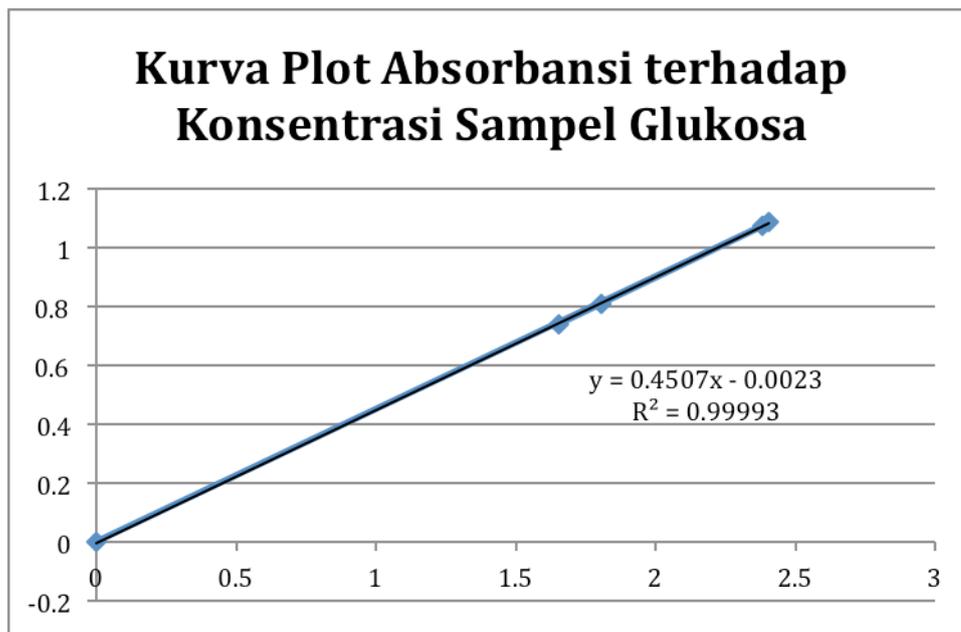
Gambar 1. Absorbansi Kurva Standar Glukosa

Dari gambar 1. diperoleh persamaan matematis  $x = (y + 0.0243)/0.4611$  dimana x adalah konsentrasi glukosa dan y merupakan nilai absorbansi dari glukosa pada panjang gelombang 540 nm. Kemudian dilakukan pengukuran kadar glukosa pada sampel penelitian yang terdiri dari empat sampel yang menggunakan jenis substrat yang berbeda-beda yaitu sampel A1 (tepung gadung tanpa perendaman), A2 (tepung gadung yang direndam), A3 (pati gadung), A4 (tapioka/sebagai kontrol). Dari pengukuran secara spektrofotometri diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Absorbansi Sampel Penelitian Ulangan

No.	Sampel	Absorbansi		Rata-rata
		Ulangan I	Ulangan II	
1.	A1	1,21	0,94	1,075
2.	A2	1,07	0,91	0,99
3.	A3	0,82	0,82	0,82
4.	A4	0,74	0,74	0,74

Berdasarkan gambar 2. diperoleh persamaan matematis  $x = (y + 0.0023)/0.4507$  dimana x adalah konsentrasi glukosa dan y merupakan nilai absorbansi dari glukosa pada panjang gelombang 540 nm. Setelah diketahui nilai absorbansinya, kemudian dilakukan analisis total aktivitas enzim. Total aktivitas enzim amilase ditentukan dengan mengacu pada Nandutu et al (2000) yakni dengan mengukur produk reaksi enzimatik berupa gula reduksi menggunakan metode *Dinitrosalicylic Acid* (DNSA) (Bernfeld, 1955) dalam Mudrikah (2014). Gula reduksi ini merupakan hasil aktivitas hidrolisis enzim amilase terhadap substrat yang ditambahkan.



Gambar 2. Absorbansi Sampel Ulangan

### Hasil Perhitungan Total Aktivitas Enzim Amilase

Jumlah gula reduksi hasil hidrolisis ditentukan berdasarkan absorbansi pada kontrol dan analisis sampel gula reduksi hasil hidrolisis menggunakan persamaan kurva standar glukosa yang telah diperoleh.

Persamaan kurva standar glukosa,  $y = 0,4507x - 0,0023$

Ak (Absorbansi Kontrol) 0 menit = 0,385; 0,15; 0; 0

As (Absorbansi Sampel) 5 menit = 1,075; 0,99; 0,82; 0,74

Kadar gula reduksi awal (mg/ml),  
atau kadar glukosa ( $G_k$ )

$$G_k = \frac{A_k - a}{b}$$

$$G_{k1} = \frac{0,385 + 0,0243}{0,4611} = 0,888 \text{ mg/ml}$$

$$G_{k2} = \frac{0,15 + 0,0243}{0,4611} = 0,378 \text{ mg/ml}$$

$$G_{k3} = \frac{0 + 0,0243}{0,4611} = 0,053 \text{ mg/ml}$$

$$G_{k2} = \frac{0 + 0,0243}{0,4611} = 0,053 \text{ mg/ml}$$

$$\text{Rata-rata } G_k = 0,343 \text{ mg/ml}$$

Kadar gula reduksi akhir (setelah hidrolisis enzimatis) (mg/ml), atau kadar glukosa 5' ( $G_s$ )

$$G_s = \frac{A_s - a}{b}$$

$$G_{s1} = \frac{1,075 + 0,0023}{0,4507} = 2,390 \text{ mg/ml}$$

$$G_{s2} = \frac{0,99 + 0,0023}{0,4507} = 2,202 \text{ mg/ml}$$

$$G_{s3} = \frac{0,82 + 0,0023}{0,4507} = 1,824 \text{ mg/ml}$$

$$G_{s4} = \frac{0,74 + 0,0023}{0,4507} = 1,647 \text{ mg/ml}$$

Kadar gula reduksi hasil hidrolisis enzimatis (mg/ml),

$G_h$  = Kadar gula reduksi akhir - Kadar gula reduksi awal

$$G_h = G_s - G_k$$

$$G_{h1} = G_{s1} - G_k = 2,390 - 0,343 = 2,047 \text{ mg/ml}$$

$$G_{h2} = G_{s2} - G_k = 2,202 - 0,343 = 1,859 \text{ mg/ml}$$

$$G_{h3} = G_{s3} - G_k = 1,824 - 0,343 = 1,481 \text{ mg/ml}$$

$$G_{h4} = G_{s4} - G_k = 1,647 - 0,343 = 1,304 \text{ mg/ml}$$

### Total Aktivitas Enzim Amilase

$$= \left[ \frac{Gh \times f p \times 1000 \frac{\mu\text{mol}}{\text{mmol}} V_{\text{Larutan}}}{t (\text{menit}) \times V_{\text{enzim}} (\text{ml}) \times \text{BM Glukosa} \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}} \right] \times \frac{V_{\text{fermentasi}} (\text{ml})}{B_{\text{gadung}} (\text{gr})}$$

$$A1 = \left[ \frac{2,047 \times 10 \times 1000 \frac{\mu\text{mol}}{\text{mmol}} \times 1}{5 \times 1 \times 180,18 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}} \right] \times \frac{25 \text{ ml}}{1,25 \text{ gr}} = 454,434 \text{ U/gr}$$

$$A2 = \left[ \frac{1,859 \times 10 \times 1000 \frac{\mu\text{mol}}{\text{mmol}} \times 1}{5 \times 1 \times 180,18 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}} \right] \times \frac{25 \text{ ml}}{1,25 \text{ gr}} = 412,698 \text{ U/gr}$$

$$A3 = \left[ \frac{1,481 \times 10 \times 1000 \frac{\mu\text{mol}}{\text{mmol}} \times 1}{5 \times 1 \times 180,18 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}} \right] \times \frac{25 \text{ ml}}{1,25 \text{ gr}} = 329,448 \text{ U/gr}$$

$$A4 = \left[ \frac{1,304 \times 10 \times 1000 \frac{\mu\text{mol}}{\text{mmol}} \times 1}{5 \times 1 \times 180,18 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}} \right] \times \frac{25 \text{ ml}}{1,25 \text{ gr}} = 289,488 \text{ U/gr}$$

Dari hasil analisis perhitungan total aktivitas enzim menunjukkan bahwa total aktivitas enzim sampel A1 (substrat tepung gadung tanpa perendaman) mendapatkan hasil yang paling tinggi yaitu sebesar 454,434 U/gr. Total aktivitas enzim amilase disajikan dalam satuan unit aktivitas per g gadung (U/g gadung). Satu unit aktivitas (U) ditentukan sebagai jumlah enzim yang diperlukan untuk menghasilkan 1  $\mu\text{mol}$  gula reduksi (setara dengan glukosa) yang dihasilkan selama reaksi enzim amilase per menit pada kondisi pengujian.

Enzim amilase dapat dihasilkan oleh berbagai mikroba dan salah satunya yaitu bakteri *Bacillus* (Khairul Anam, 2010). Pada penelitian ini, proses produksi enzim amilase menggunakan tepung dan pati gadung sebagai substratnya. Penggunaan substrat bertujuan untuk dapat menginduksi bakteri agar menghasilkan enzim amilase. Hasil yang didapatkan yaitu bahwa substrat yang masih banyak mengandung racun ternyata lebih berpotensi menghasilkan nilai total aktivitas enzim yang lebih tinggi dibandingkan dengan substrat lainnya. Jal tersebut menunjukkan bahwa umbi gadung yang banyak mengandung racun baik itu HCN dan dioskorin mempunyai potensi untuk digunakan sebagai sumber karbon atau substrat dalam proses produksi enzim amilase menggunakan bakteri *Bacillus sp.*

### KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan pengaruh penggunaan tepung gadung yang tidak dilakukan perendam dan banyak mengandung senyawa dioskorin menghasilkan kadar gula reduksi yang tinggi sehingga total aktivitas dan rendemen enzim amilase yang didapatkan juga tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya yaitu dari tepung dan pati gadung yang lebih sedikit mengandung racun. Penelitian yang dihasilkan ini mempunyai prospek yang baik untuk dikembangkan karena sampel gadung yang dijadikan media atau substrat pertumbuhan bakteri *Bacillus sp.* ternyata memiliki kadar gula reduksi yang tinggi sehingga aktivitas enzim yang dihasilkan cukup memuaskan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Pengembangan dan Penelitian RI (DIKTI) untuk dukungan dana dan kesempatan melakukan penelitian. Penelitian ini merupakan bagian dari Program Kreatifitas Mahasiswa. Juga kepada ibu Mustika N.H., S.T.P., M.Pd. atas bimbingan dan arahnya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Hartati, Indah (2010). Isolasi Alkaloid Dari Tepung Gadung (*Dioscorea Hispida* Dennst).
- Khairul Anam. (2010). Produksi Enzim Amilase. *Mikroba dan Potensinya*. Bioteknologi. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor
- Mudrikah. 2014. Aktivitas Enzim Amilase Ubi Jalar Putih (*Ipomoea batatas*) Varietas Sopynyono. *Skripsi*. Prog Studi Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Ndaru, Hasri (2011). Ubi Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.) Universitas Diponegoro.
- Ratna, Siwi dkk. (-). Ubi Gadung (*Dioscorea Hispida* Dennst) sebagai Bahan Pangan Mengandung Senyawa Bioaktif : Kajian Pustaka. Universitas Brawijaya Malang.
- Suraya. (2009). Prospek Ubi Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst.) sebagai sumber karbon bagi *Aspergillus niger* dalam produksi amilase. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Trismilah dan Budiasih Wahyuntari. 2009. Pemanfaatan berbagai Jenis Pati sebagai Sumber Karbon untuk Produksi  $\alpha$ -Amilase Ekstraseluler *Bacillus* Sp Sw. Jurnal Penelitian. Bidang Teknologi Biokatalis, Pusat Teknologi Bioindustri, BPPT. Serpong.