

KAJIAN DEGRADASI ASAM SIANIDA PADA BERBAGAI METODE PROSES PEMBUATAN TEPUNG MOKAL

Sri Budi Wahyuningsih dan Haslina
(Dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Semarang)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui degradasi HCN pada pembuatan tepung mokal dengan menggunakan berbagai metode proses menggunakan ubi kayu varietas pahit (daplang). Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) 1 faktor, yaitu U1 = tepung yang dibuat dengan penambahan enzim dengan fermentasi 3 jam, U2 = tepung yang dibuat dengan cara diiris dan fermentasi kering 3 hari, U3 = tepung yang dibuat dengan cara diparut dan fermentasi kering 3 hari, U4 = tepung yang dibuat tanpa fermentasi/tepung kasava dan U5 = tepung yang dibuat dengan cara diiris dan fermentasi basah 3 hari. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metoda pembuatan tepung mokal berpengaruh nyata terhadap pH dan kadar HCN (hasil fermentasi dan tepung). Hasil terbaik diperoleh dari tepung yang dibuat dengan cara fermentasi basah selama 3 hari (U5) menghasilkan HCN (hasil fermentasi yaitu 8,47 ppm dan tepung yaitu 4,94 ppm dan pH 5,63.

Kata kunci : degradasi, enzim, fermentasi, tepung mokal

ABSTRACT

This study aims to determine the degradation of HCN in the manufacture of flour mokal using various methods of using the process bitter cassava varieties (daplang). Experimental design used was Complete Randomized Design (CRD) 1 factors, ie U1 = flour is made with the addition of enzyme to the fermentation of 3 hours, U2 = flour which is made by fermenting sliced and dried 3 days, U3 = flour which is made by way of shredded and 3 days dry fermentation, U4 = flour which is made without fermentation / flour kasava and U5 = flour is made by fermenting sliced and soaked 3 days. Each treatment was repeated 4 times repeated. The results showed that the method of manufacture of flour mokal significantly affect the pH and the levels of HCN (and fermented flour). The best results were obtained from the flour that is made by fermenting wet for 3 days (U5) generates HCN (ie fermented flour is 8.47 ppm and 4.94 ppm and pH 5.63.

Keywords: degradation, enzymes, fermentation, flour mokal

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Untuk memenuhi ketersediaan pangan yang cukup dan merata di seluruh wilayah dalam rangka mewujudkan

ketahanan pangan nasional, sudah saatnya beralih pada keanekaragaman pangan yang bersumber pada tanaman pangan lokal, diantaranya umbi-umbian. Indonesia memiliki potensi umbi-umbian sebagai sumber karbohidrat sekaligus

bahan baku tepung lokal yang tidak kalah dengan terigu, yaitu ganyong, gembili, ubi jalar, garut, ubi kayu (singkong) dan lain sebagainya. Kelebihan ubi kayu (*Manihot utilissima* Crantz) dibandingkan dengan jenis umbi-umbian lain karena teknologi budidayanya sederhana, dapat tumbuh pada berbagai kondisi tanah dan relatif tidak banyak membutuhkan pemeliharaan, tahan terhadap penyakit dan ketersediaannya ada di seluruh wilayah. Total potensi produksi ubi kayu di Jawa Tengah mencapai 1.014.439 ton/tahun (Daryono, 2008). Salah satu kendala dalam pemanfaatan ubi kayu adalah adanya racun alami glukosida sianogenik yang dapat terhidrolisis menjadi asam sianida (HCN).

Sampai saat ini pemanfaatan ubi kayu di Indonesia masih sangat terbatas. Menurut data Badan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Tengah (2008), bahwa konsumsi energi beberapa kelompok pangan belum mencapai standar, termasuk konsumsi umbi-umbian baru mencapai 48,8%. Salah satu usaha diversifikasi dalam pengolahan ubi kayu adalah mokal atau tepung ubi kayu yang dibuat dengan cara fermentasi. Pengolahan dalam bentuk tepung memberikan banyak manfaat diantaranya dapat diperkaya dengan vitamin dan mineral, mudah dalam penyimpanan, awet, fleksibel dalam pengolahan, penyajian dapat disesuaikan dengan selera masyarakat, dan dari segi kuliner dapat ditingkatkan variasi cara mengolah untuk menghasilkan aneka ragam makanan sesuai selera modern. Dengan proses fermentasi, tepung yang dihasilkan diharapkan memiliki karakter yang berbeda dari tapioka dan tepung kasava dalam hal derajat viskositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi dan mudah larut serta berbau netral (tidak berbau apek khas ketela pohon).

Teknologi proses tepung ubi kayu

fermentasi pertama kali diperkenalkan di Afrika Barat, terutama di Nigeria, digunakan sebagai makanan pokok dan dikenal dengan nama tepung gari. Pembuatan mokal dengan penambahan enzim selulolitik sudah pernah dilakukan tetapi sulit diaplikasikan di tingkat petani karena kesulitan untuk mendapatkan enzimnya. Beberapa metoda proses lain untuk menghasilkan tepung ubi kayu fermentasi yaitu dengan cara kering (Wahjuningsih, 1990) dan basah (Wahjuningsih, dkk., 2009) tanpa penambahan enzim, sehingga proses fermentasi berlangsung secara alami.

Proses pembuatan tepung mokal dengan cara basah dan kering ini sudah banyak diaplikasikan di industri kecil. Selain kedua metode tersebut, belakangan ini di pasaran tersedia enzim untuk proses pembuatan tepung mokal yang digunakan untuk mempercepat proses fermentasi hanya dalam waktu 3 jam. Padahal ubi kayu yang digunakan untuk pembuatan tepung mokal di tingkat industri kecil kebanyakan menggunakan varietas ubi kayu jenis pahit, salah satunya varietas daplang dengan kandungan asam sianida (HCN) mencapai 167 ppm, sehingga dengan fermentasi 3 jam dimungkinkan masih tersisa kandungan HCN. Residu HCN pada olahan pangan yang dikonsumsi tubuh walaupun tidak mencapai dosis letal, dapat menyebabkan kekurangan kalori protein (KKP) dan gangguan penyerapan iodium. HCN (asam sianida) sebenarnya dapat dihilangkan selama proses pengolahan asalkan diketahui cara penanganan yang tepat.

Penelitian Wahjuningsih dkk. (2009) sebelumnya menggunakan varietas Adira IV yang kandungan HCN nya hanya sekitar 70 ppm, sehingga perlu dilihat degradasi HCN pada pembuatan tepung mokal dengan berbagai metoda yang sudah diaplikasikan di masyarakat

dengan menggunakan varietas daplang, agar tepung mokal yang dihasilkan bisa diketahui dan dijamin keamanannya, untuk menghindari terjadinya kekurangan kalori protein (KKP) dan gangguan absorpsi iodium yang berkelanjutan.

A. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui degradasi HCN pada pembuatan tepung mokal dengan menggunakan berbagai metode proses dengan menggunakan ubi kayu varietas pahit (daplang).

B. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi masyarakat, petani maupun industri pangan tentang degradasi HCN ubi kayu varietas pahit (daplang) pada tahapan proses pembuatan tepung mokal dengan menggunakan berbagai metode proses serta memudahkan pelaku usaha dalam memilih metode yang tepat dan aman dalam proses pembuatan tepung mokal agar industri dapat menjamin keamanan tepung mokal yang dihasilkan dan mencegah timbulnya gangguan kesehatan pada masyarakat.

METODE PENELITIAN

A. Bahan dan Peralatan

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah varietas daplang, umur panen 9-10 bulan yang diperoleh dari petani di daerah Boja, Kabupaten Kendal. Sedangkan bahan-bahan untuk analisis kimia, dan fisik diperoleh dari Laboratorium Rekayasa Pangan Universitas Semarang.

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan tepung mokal adalah pisau/perajang, tong-tong untuk fermentasi, penepung, pengayak 100 mesh dan pengering dan peralatan untuk analisis kimia.

B. Tahap Penelitian

Tahap penelitian meliputi pembuatan tepung mokal dari ubi kayu jenis yang pahit yaitu digunakan varietas daplang dilanjutkan dengan analisis asam sianida dan pH pada tahapan akhir fermentasi dan produk tepung mokal.

1. Tahap Penelitian

- a. Pembuatan Tepung Cassava (sebagai kontrol). Ubi kayu dikupas, dicuci bersih, selanjutnya dipotong-potong setebal 0,5 cm (dibuat chips). Setelah itu dikeringkan dalam oven pada suhu 50oC selama kurang lebih 12 jam. Setelah kering ditepungkan dengan alat penepung sampai ukuran 100 mesh.
- b. Pembuatan Tepung Mokal Cara Basah. Ubi kayu dikupas, kemudian dicuci bersih dan dipotong-potong setebal 0,5 cm. Selanjutnya diperlakukan dengan perendaman di dalam air selama 3 hari, dengan perbandingan ubi kayu dan air adalah 1:2, di mana setiap hari air perendam diganti. Setelah selesai fermentasi pada masing-masing perlakuan, kemudian dilakukan pencucian sampai bersih, kemudian ditiriskan. Setelah itu dikeringkan dalam oven pada suhu 60C selama kurang lebih 18 jam. Setelah kering kemudian ditepungkan dengan alat penepung dan digiling dengan ukuran 100 mesh.
- c. Pembuatan tepung mokal cara kering. Ubi kayu dikupas, kemudian dicuci bersih dan dipotong-potong setebal 0.5 cm, kemudian dimasukkan ke dalam tong fermentasi

selama 3 hari. Setelah itu dilakukan pencucian sampai bersih, kemudian ditiriskan. Setelah itu dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 18 jam, kemudian ditepungkan dengan alat penepung dan diayak dengan ukuran 100 mesh.

- d. Pembuatan tepung mokal dengan penambahan enzim. Ubi kayu dikupas, kemudian dicuci bersih dan dipotong-potong setebal 0.5 cm, kemudian direndam air dengan perbandingan 1:2, selanjutnya ditambahkan enzim sebanyak 5 gr/10 kg ubi kayu, dan dibiarkan selama 3 jam. Setelah itu dicuci bersih, ditiriskan, dikeringkan pada oven dengan suhu 60°C, kemudian digiling dan diayak dengan ukuran 100 mesh.

2. Analisis Kimia

Dilakukan analisis kimia meliputi analisis kadar HCN dan pH pada tahapan proses fermentasi dan produk akhir (AOAC, 1995).

C. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) 1 faktor, yaitu U1 = tepung yang dibuat dengan penambahan enzim dengan fermentasi 3 jam, U2 = tepung yang dibuat dengan cara diiris dan

fermentasi kering 3 hari, U3 = tepung yang dibuat dengan cara diparut dan fermentasi kering 3 hari, U4= tepung yang dibuat tanpa fermentasi/tepung kasava dan U5 = tepung yang dibuat dengan cara diiris dan fermentasi basah 3 hari. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali ulangan.

D. Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis ragam dan beda rerata perlakuan menggunakan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf nyata 1% (Gomez dan Gomez, 1995; Sudarmoyo, 1994).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar HCN Hasil Fermentasi dan Tepung

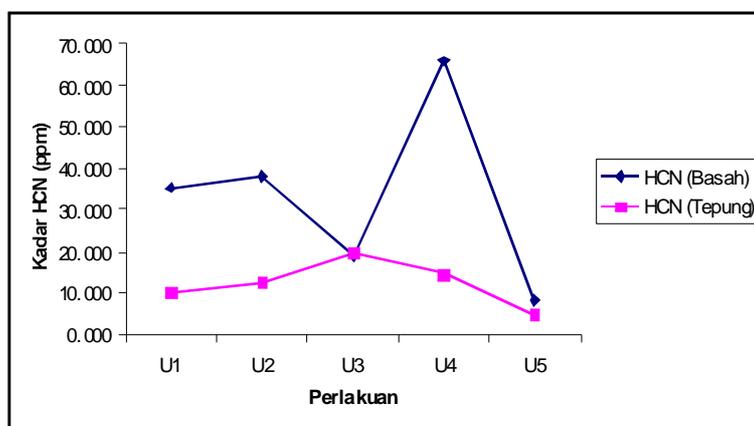
Pada Tabel 1 dan Ilustrasi 1 terlihat bahwa, kadar HCN tertinggi terdapat pada ubi kayu yang yang dibuat tanpa fermentasi/tepung kasava yaitu 65,64 ppm, dan terendah pada tepung yang dibuat dengan cara diiris dan fermentasi basah selama 3 hari dan airnya setiap hari diganti, yaitu 8,47 ppm. Pada analisis HCN tepung, diperoleh hasil yang sama bahwa, nilai tertinggi terdapat pada ubi kayu yang yang dibuat tanpa fermentasi/tepung kasava yaitu 14.82 ppm, dan terendah pada pada tepung yang dibuat dengan cara diiris dan fermentasi basah selama 3 hari dan airnya setiap hari diganti yaitu 4.94 ppm.

Tabel 1. Kadar HCN Hasil Fermentasi dan Tepung

Perlakuan	HCN (Setelah Fermentasi)	HCN (Tepung)
U ₁	35.293 ^{ab}	10.590 ^b
U ₂	38.120 ^b	12.708 ^{bc}
U ₃	19.058 ^c	12.068 ^{bc}
U ₄	65.645 ^{bc}	14.825 ^c
U ₅	8.471 ^a	4.940 ^a

Keterangan : Angka yang ditandai notasi huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05) antar perlakuan.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa metoda pembuatan tepung ubi kayu berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap HCN (setelah fermentasi dan tepung).



Ilustrasi 1. Grafik Kadar HCN (Setelah Fermentasi dan Tepung)

Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa, tepung yang dibuat dengan cara diiris dengan fermentasi basah selama 3 hari (U5) berbeda nyata dengan U2, U3 dan U4. Namun U2 berbeda nyata dengan U3.

Tinggi rendahnya kandungan HCN pada ubi kayu setelah fermentasi dan tepung dipengaruhi oleh cara pembuatan tepung mokal itu sendiri, mulai dari cara pengecilan ukuran, yaitu ada yang diparut dan diiris tipis, cara fermentasi yaitu basah, kering dan pemberian enzim, dan lama fermentasinya.

Menurut Pambayun (2008), di dalam ubi kayu terutama varietas yang pahit termasuk daplang yang digunakan dalam penelitian ini, terdapat senyawa glukosida sianogenik yaitu linamarin dan lotaustralin, yang dapat terurai menjadi asam hidrosianida (HCN) bila jaringan umbi mengalami kerusakan, termasuk pengupasan, pemotongan/pengirisan dan pamarutan. Pada saat pengupasan atau pengirisan umbi, jaringan umbi mengalami kerusakan dan sistem sel rusak, kedua senyawa yaitu glukosida sianogenik dan enzim glukosidase akan saling kontak dan

mengalami reaksi enzimatik membentuk glukosa dan senyawa aglikon. Senyawa aglikon selanjutnya dengan cepat akan mengalami pemecahan oleh enzim liase menjadi asam hidrosianida (HCN) dan senyawa aldehid atau keton (Nok dan Ikediobi, 1990). Bila HCN sudah terbentuk pada permukaan umbi, proses perendaman dalam air perlu dilakukan untuk melarutkan HCN yang sudah terbentuk pada tingkat yang lebih aman. Hasil analisis HCN pada umbi yang tidak dilakukan proses fermentasi menunjukkan nilai paling tinggi, karena setelah proses pengupasan dan HCN kemudian terbentuk, tidak dilakukan proses perendaman, sehingga hanya dengan pencucian dan pengirisan, masih menyisakan HCN pada level 65,64 ppm. Pada tepung mokal yang dibuat dengan cara fermentasi basah yaitu dengan perendaman air selama 3 hari dan diganti airnya setiap hari, menyisakan residu HCN yang paling rendah karena HCN yang sudah terbentuk langsung larut di dalam air sehingga pada akhir fermentasi pada hari ketiga hanya menyisakan residu HCN 8,471 ppm dari jumlah awal 177 ppm.

Perendaman irisan ubi kayu dalam air menyebabkan HCN akan keluar ke permukaan irisan dan larut dalam air perendam. Aliran air akan meningkatkan pelarutan, karena air di sekitar permukaan irisan ubi kayu sebagai pelarut tidak mengalami tingkat kejenuhan oleh alkaloid yang terlarut.

Menurut Kostinek et al (2005), bahwa pada saat proses pengecilan ukuran, linamarase endogenous di dalam umbi dibebaskan dan akan memecah linamarin. Linamarin adalah glukosida sianogenik pada ubi kayu yang dengan proses pengupasan dan pengecilan ukuran akan berubah menjadi HCN. Setelah itu pada saat fermentasi *Lactobacillus plantarum* yang merupakan bakteri dominan pada proses fermentasi (54.6%) akan menyebabkan suasana asam dan mempercepat produksi asam. Hal tersebut menyebabkan aktivitas enzim beta glukosidase terutama enzim linamarase meningkat tajam sehingga pemecahan linamarin semakin banyak. Dengan proses fermentasi perendaman air, menyebabkan jumlah HCN yang dibebaskan juga semakin banyak. Nilai HCN pada tepung juga menunjukkan penurunan, karena adanya proses pengeringan pada tahapan setelah fermentasi akan menginaktifkan enzim dan menguapkan HCN yang terbentuk karena senyawa ini sifatnya mudah menguap. Secara fisik HCN termasuk senyawa mudah menguap, tidak berwarna, berbau menyengat dan berasa pahit. Senyawa ini mempunyai titik didih 25,7°C, dan dalam jaringan, dan senyawa ini akan terakumulasi, tetapi apabila terdapat pada suatu permukaan, akan mudah menguap. Analisis hasil HCN pada perlakuan tepung mokal yang dibuat dengan cara fermentasi basah, menunjukkan nilai paling rendah yaitu 4,940 ppm, karena kadar HCN setelah proses fermentasi juga menunjukkan nilai

yang sangat rendah. Menurut Wahjuningsih (1990), pada pembuatan tepung gari penurunan kandungan HCN pada varietas manis cenderung lebih rendah (76.90%), dibanding dengan varietas yang pahit adira IV (86.76%). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian, bahwa dengan menggunakan varietas dapleng dengan kandungan HCN 177 ppm dapat menurunkan kadar HCN sampai 4.94 ppm atau sekitar 97%. Varietas ubi kayu sangat pahit termasuk dapleng mengandung racun glukosida sianogenik linamarin (97%) dan lotoustralin (3%) yang berakibat fatal jika dikonsumsi tanpa diproses. Fermentasi dengan cara perendaman merupakan salah satu cara untuk menurunkan HCN pada tingkat yang aman <10 ppm.

Nilai HCN pada perlakuan fermentasi kering baik yang diparut maupun diiris tidak menunjukkan perbedaan nyata dan lebih tinggi daripada fermentasi basah, disebabkan karena proses fermentasi dilakukan tanpa penambahan air (kering) sehingga HCN yang terbentuk tidak dapat larut dan masih menempel pada permukaan umbi, dan baru menguap setelah dilakukan proses pengeringan. Proses fermentasi dengan penambahan enzim, walaupun dilakukan secara basah dengan perendaman air, tetapi fermentasi hanya dilakukan selama 3 jam sehingga belum semua HCN larut pada air perendam.

Produk pangan yang berasal dari singkong termasuk tepung mokal, diharuskan mempunyai residu HCN serendah mungkin sampai di bawah 10 ppm. Menurut Pambayun (2008) akumulasi HCN dalam tubuh dapat menyebabkan kekurangan kalori protein, marasmus dan kuashiorkor (KKP) dan kekurangan yodium (KI) yang justru merupakan dua masalah gizi utama di Indonesia. HCN akan memberikan efek racun dalam dosis mematikan bila

dikonsumsi sampai 0.5-3.5 mg HCN/kg berat badan.

B. pH

Pada Tabel 2 dan Ilustrasi 2 terlihat bahwa, nilai pH tertinggi tepung hasil penelitian yaitu perlakuan U4 sebesar 6.91 untuk chip basah, dan 6.69 untuk tepungnya. Nilai pH terendah pada perlakuan U3 sejumlah 4.36 untuk chip

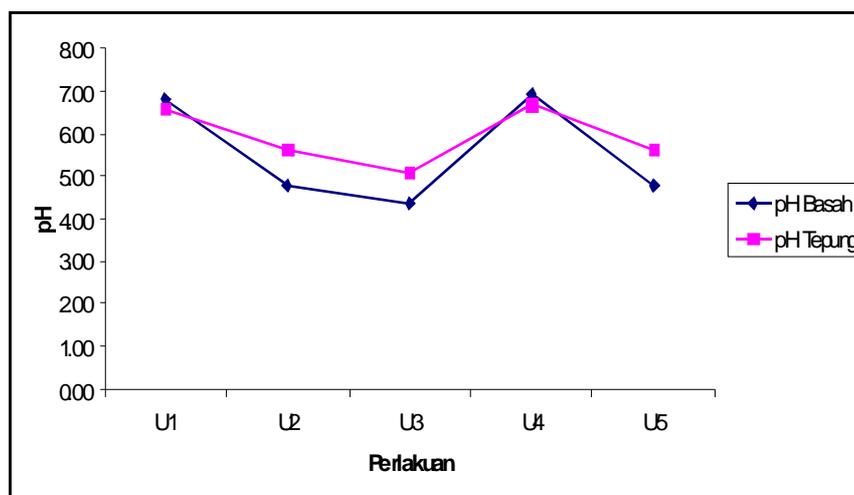
basah dan 5.08 untuk tepungnya. Tinggi rendahnya nilai pH, dipengaruhi oleh adanya proses fermentasi, yang dihasilkan sejumlah asam-asam organik (asam laktat, oksalat dan suksinat).

Hasil analisis ragam diketahui bahwa cara pembuatan tepung ubi kayu modifikasi (mokal) berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap nilai pH.

Tabel 2. pH Basah dan Tepung Mokal

Perlakuan	pH Basah	pH Tepung
U1	6.81 ^c	6.59 ^c
U2	4.77 ^b	5.63 ^b
U3	4.36 ^a	5.08 ^a
U4	6.91 ^c	6.69 ^c
U5	4.77 ^b	5.63 ^b

Keterangan : Angka yang ditandai notasi huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$) antar perlakuan.



Ilustrasi 2. Grafik pH Basah dan Tepung Mokal

Hasil Uji lanjut menunjukkan bahwa, perlakuan U4 (gaplek/tanpa fermentasi) tidak berbeda nyata dengan U1 (fermentasi 3 jam dengan penambahan enzim), tetapi berbeda nyata

dengan U2 (fermentasi kering 3 hari), U3 (fermentasi kering 3 hari, diparut) dan U5 (fermentasi basah 3 hari). Pada perlakuan U4 tidak dilakukan proses fermentasi, sehingga pH chip maupun tepungnya

masih tetap dan cenderung ke arah netral seperti ubi kayu segar. Pada perlakuan U1 walaupun sudah dilakukan proses fermentasi tetapi yang hanya berlangsung 3 jam, belum cukup waktu untuk mikrobial berkembang dan menghasilkan sejumlah asam. Perlakuan U5 dan U2 tidak berbeda nyata karena kedua proses dilakukan fermentasi selama 3 hari, sehingga selama waktu tersebut akan berkembang mikrobial yang dapat menurunkan pH dan menghasilkan sejumlah asam dan aroma tertentu.

Menurut Kusumanto (2009), mikrobial yang tumbuh selama fermentasi akan menghasilkan enzim-enzim yang menghidrolisis pati menjadi gula dan selanjutnya mengubahnya menjadi asam-asam organik terutama asam laktat. Menurut Akinrele (1964) bahwa dua asam organik telah dapat diidentifikasi dari proses fermentasi ubi kayu yaitu asam laktat dan asam format, tetapi hanya asam laktat yang dominan. Menurut Kostinek et.al (2005), produksi asam terutama asam laktat dihasilkan oleh bakteri *Lactobacillus plantarum* yang menjadi dominan setelah 48 jam fermentasi dan mengakibatkan penurunan pH. Bakteri tersebut juga menghasilkan enzim linamarase yang berperan dalam hidrolisis linamarin menjadi HCN. Degradasi linamarin secara nyata terjadi pada periode tersebut. Selanjutnya perendaman ubi kayu dalam air selama fermentasi (U5) akan menurunkan kandungan HCN nya sehingga tepung mokal yang dibuat dengan cara perendaman air dapat menurunkan kadar HCN lebih banyak dibandingkan dengan metode proses yang lain.

Nilai pH tertinggi adalah perlakuan

U3. Adanya pamarutan pada perlakuan U3 akan menyebabkan dinding sel ubi kayu mudah dipecah oleh enzim -enzim pektinolitik dan selulolitik sehingga terjadi liberasi granula pati dan akan lebih banyak asam laktat yang dihasilkan dari hidrolisa pati menjadi asam laktat. Jumlah bakteri yang tumbuh sedikit, enzim yang dihasilkan juga relatif sedikit sehingga asam laktat yang dihasilkan juga sedikit.

Tingkat keasaman akan berpengaruh terhadap kekentalan gel pada saat tepung mokal diolah menjadi adonan. Menurut Haryadi (1995), pemasakan pada keadaan asam cenderung merendahkan suhu gelatinisasi dan mempercepat tata cara pemasakan keseluruhannya. Pada pH yang asam, hidrolisis ikatan-ikatan glukosidik dapat terjadi dengan akibat menurunkan kekentalan gel. Pemecahan oleh pengaruh asam pada granula pati karena pelepasan hidrolitik molekul-molekul amilosa dan amilopektin, biasanya menghasilkan pasta dengan kekentalan rendah selama pemasakan, kemudian diikuti dengan pengurangan kekentalan dengan cepat. Keadaan ini menimbulkan masalah keawetan sifat fisiknya, yaitu karena gel tersebut kurang tahan terhadap hidrolisis yang menurunkan kekentalan gel berikutnya dan juga mendorong pengelompokan melalui ikatan hidrogen yang mengakibatkan retrogradasi, selanjutnya akan terjadi sineresis.

KESIMPULAN

Berdasar uraian di atas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode pembuatan tepung mokal

- berpengaruh nyata terhadap kadar HCN (hasil fermentasi dan tepung) dan pH.
2. Hasil terbaik diperoleh dari tepung yang dibuat dengan cara fermentasi basah selama 3 hari (U5) menghasilkan HCN (hasil fermentasi yaitu 8,47 ppm dan tepung 4.94 ppm) dan pH 5,63.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemist. Washington DC, 27 p.
- Akinrele, I.A. 1964. Fermentation of Cassava. *J.Sci.Fd Agric.* 15 : 589-594
- Arihantana, M.B. 1987. Detoxication and Stability of Indonesian Cassava Products. The University of New South Wales, Faculty of Applied Science, School of Biological, Department of Food Science and Technology, Sidney.
- Biro Pusat Statistik. 2000. Statistik Industri dan Perdagangan. Badan Pusat Statisti, Jakarta
- Ernie, A.B. 1989. Teknologi Pengolahan Singkong. Makalah pada Seminar Nasional Peningkatan Nilai Tambah Singkong, 10 Oktober 1989. Universitas Pajajaran, Bandung.
- Ezela, D.O. 1984. Changes In The Nutritional Quality of Fermented Cassava Tuber Meal. *J. Agric. Food Chem.* 32 : 467-469
- Gomez, K.A. dan A.A. Gomez. 1995. *Prosedur Statistik Untuk Penelitian Pertanian*. Edisi Kedua. UI-Press, Jakarta (Diterjemahkan oleh E. Syamsuddin dan J.S. Baharsjah).
- Haryadi. 2001. *Teknologi Tepung*. Prosiding Seminar Ketahanan Pangan, Yogyakarta, 6 Maret 2001. Kerjasama Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gajah Mada dengan PT. Indofood Sukses Makmur Tbk. Bogasari Flour Mills.
- Pambayun Rindit. 2008. *Kiat Sukses Teknologi Pengolahan Umbi Gadung*. Penerbit Ardana Media, Yogyakarta.
- Steinkraus, K.H. 1983. *Hand Book of Indigenous Fermented Foods*. Marcel Dekker, Inc., New York
- Subagyo.2006. Ubi Kayu Substitusi Berbagai Tepung-tepungan. *Food Review* 1 (3), Jakarta.
- Sudarmadji, S., B. Haryono, Suhardi. 1997. *Prosedur Analissa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty Yogyakarta.
- Tinay, A.H.E., P.L. Bureng and E.A.E. Yas. 1984. Hydrocyanic Acid Levels in Fermented Cassava. *J. Food Technology.* 19:197-202.
- Wahjuningsih, S. B. 1990. Pengaruh Lama Fermentasi dan Cara Pengeringan terhadap Mutu Gari yang

- Dihasilkan. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian IPB Bogor.
- Wahjuningsih, S.B.; Kunarto, B. Dan Sampurna, A. 2009. Kajian Berbagai Metode Proses Tepung Mokal, Aplikasinya Pada Mie Kering dan Analisis Ekonominya. Laporan Penelitian, Balitbang Provinsi Jawa Tengah.
- Tjiptadi, W. 1985. Umbi Ketela Pohon Sebagai Bahan Industri. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, FATETA-IPB, Bogor.
- Winarno, 1997. Kimia Pangan dan Gizi, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.