

Studi Karakteristik Fisik Isolat Asam Glutamat Melalui Proses Asidifikasi dengan Variasi Suhu dan Waktu

Putri Kirana Maharani^{1*}, Vritta Amroini Wahyudi¹, Warkoyo¹

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian-Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang, Indonesia

*Corresponding author email: kiranarani89@gmail.com

Abstract. *Acidification are needed in producing glutamic acid isolate crystals to comply with the Aji Co Standard. Acidification is decreasing the pH by adding sulfuric acid (H₂SO₄) to fermented molasses (Hakko Broth) until it reaches an isoelectric pH. Controlling Hakko Broth temperature and acidification time until the seeding process has not been carried out in several industries that produce MSG. The purpose of this study was to produce glutamic acid isolate in accordance with the Aji Co Standard by providing control over the Hakko Broth temperature and the time from the acidification process to the seeding process. This research was conducted at PT Ajinomoto Indonesia by following PT Ajinomoto Indonesia's SOP and according to Aji Co Standards. The design of this research is descriptive experimental. The sample of this research is Hakko Broth which is the result of the molasses fermenting process. There were 3 sample treatments, namely A1, A2 and, A3. The analytical parameters of this study were adjusted to the Aji Co Standard, including the levels of glutamic acid which would be wasted with impurities, the solubility of glutamic acid isolate crystals at isoelectric pH, the shape and size of glutamic acid. The results of this study are presented in Microsoft Excel and are written descriptively. The results of the study showed that treatment A1 was the best treatment because it produced the least amount of wasted glutamic acid and comply the Aji Co Standard, namely 1.97 g/dL. The lowest solubility of glutamic acid isolate crystals at Isoelectric pH was owned by treatment A1. Crystals of isolate glutamic acid resulting from this acidification process have an α -glutamic acid structure with heterogeneous sizes in all treatments, but treatment A1 has the most homogeneous crystal size among other treatments.*

Keywords: *Aji Co Standard, isoelectric pH, Hakko Broth*

Abstrak. Asidifikasi dibutuhkan dalam menghasilkan isolat asam glutamat agar sesuai dengan Standar Aji Co. Asidifikasi adalah penurunan pH dengan penambahan asam sulfat (H₂SO₄) pada hasil fermentasi tetes tebu (*Hakko Broth*) hingga mencapai pH Isoelektrik. Pengontrolan suhu Hakko Broth dan waktu asidifikasi hingga proses seeding masih belum dilakukan pada beberapa industri yang memproduksi MSG. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan isolat asam glutamat yang sesuai dengan Standar Aji Co dengan memberikan kontrol pada suhu Hakko Broth dan waktu saat proses asidifikasi hingga proses seeding. Penelitian ini dilakukan di PT Ajinomoto Indonesia dengan mengikuti SOP di sana dan sesuai Standar Aji Co. Rancangan penelitian ini eksperimental deskriptif. Sampel yang digunakan yaitu *Hakko Broth* merupakan hasil dari proses fermentasi tetes tebu. Terdapat 3 perlakuan sampel yaitu A1, A2, dan A3. Parameter analisis dari penelitian ini disesuaikan

dengan Standar Aji Co, antara lain kadar asam glutamat yang akan terbuang bersama pengotor, kelarutan kristal isolat asam glutamat pada pH Isoelektrik, bentuk, dan ukuran asam glutamat. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa perlakuan A1 merupakan perlakuan terbaik karena menghasilkan paling sedikit kadar asam glutamat yang terbuang dan memenuhi Standar Aji Co, yaitu 1,97 g/dL. Kelarutan kristal isolat asam glutamat paling rendah pada pH Isoelektrik dimiliki oleh perlakuan A1. Kristal isolat asam glutamat yang dihasilkan dari proses asidifikasi ini memiliki struktur α -asam glutamat dengan ukuran yang heterogen pada semua perlakuan, namun perlakuan A1 memiliki ukuran kristal yang paling homogen di antara perlakuan lainnya.

Kata Kunci: Aji Co Standart, Hako Broth, pH isoelektrik

PENDAHULUAN

Monosodium Glutamat (MSG) banyak digunakan sebagai bahan penyedap makanan oleh industri maupun dikonsumsi sendiri. Menurut survei yang dilakukan Kementerian Kesehatan Indonesia pada tahun 2007, sekitar 77,8% populasi di Indonesia mengonsumsi MSG sebagai bahan tambahan pangan. Persentase konsumsi tersebut menjadikan Indonesia sebagai negara yang mengonsumsi MSG tertinggi ke-2 di dunia setelah China. Tingginya konsumsi MSG menyebabkan banyaknya pula produsen MSG di Indonesia. Jumlah produksi MSG di Indonesia sebanyak 254.900 ton/tahun dengan jumlah konsumsi yang meningkat sekitar 24,1% per tahun (Risksedas, 2018).

Proses produksi MSG dilakukan dengan mengambil asam glutamat dari hasil fermentasi tetes tebu kemudian ditambahkan NaOH dan dikristalisasi, di mana salah satu prosesnya adalah pembentukan kristal isolat asam glutamat (Kusuma *et al.*, 2020). Titik kritis dalam pembuatan kristal isolat asam glutamat yaitu proses asidifikasi, di mana *Control Point* (CP) proses asidifikasi ada pada pH Isoelektrik (pI) (Kusuma *et al.*, 2020). Ketika larutan yang mengandung asam glutamat mencapai pH Isoelektrik (pI), akan terbentuk dua fase yaitu fasa padat (endapan kristal isolat asam glutamat) dan fase cair (supernatan) (Kusnandar, 2020). Setiap industri MSG memiliki standar berbeda-beda untuk menghasilkan isolat asam glutamat yang terbaik. Standar yang digunakan untuk menghasilkan isolat asam glutamat pada penelitian ini merujuk pada Standar Aji Co. Menurut standar tersebut, supernatan yang terbuang pada saat mencapai pH Isoelektrik 3,35 mengandung kadar asam glutamat $\leq 2,1$ g/dL, isolat asam glutamat yang dihasilkan memiliki struktur α -asam glutamat dan ukurannya homogen.

Sampel yang digunakan sebagai bahan utama asidifikasi adalah *Hakko Broth* (HB) atau hasil dari fermentasi tetes tebu (Kusuma *et al.*, 2020). *Hakko Broth* (HB) ini yang mengandung 12% asam glutamat. Pada proses asidifikasi, ada beberapa aspek yang harus dikontrol agar isolat asam glutamat yang dihasilkan sesuai dengan standar. Salah satunya adalah dengan mengontrol suhu dan waktu saat proses asidifikasi. Suhu dan waktu berkaitan dengan kelarutan suatu zat,

dimana semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu perlakuan maka nilai kelarutan akan semakin rendah (Riwayati *et al.*, 2020). Pengontrolan suhu dan waktu asidifikasi ini masih belum dilakukan pada beberapa industri yang memproduksi MSG. Penelitian ini akan membantu industri MSG untuk menghasilkan isolat asam glutamat yang memiliki kualitas lebih baik dan sesuai standar dengan memberikan kontrol pada suhu dan waktu pada saat proses asidifikasi.

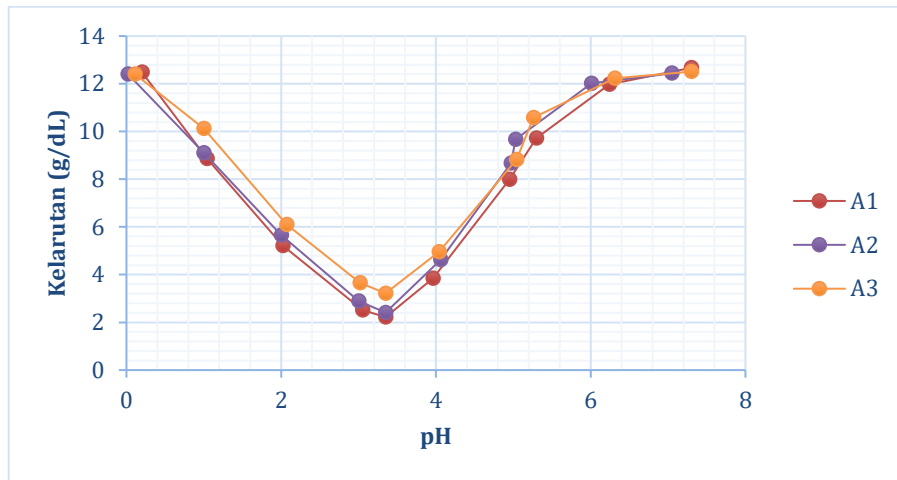
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT Ajinomoto Indonesia Mojokerto *factory* yang bertepatan di Jl. Raya Mlirip No.110, Gedong, Mlirip, Kec. Jetis, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Rancangan penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimental dengan metode pembahasan deskriptif. Variabel pada penelitian ini berdasarkan variabel yang diinginkan oleh PT Ajinomoto Indonesia. Variabel penelitiannya antara lain, A1 (Suhu HB 14 °C, waktu 60 menit hingga proses *seeding*), A2 (Suhu HB 33 °C, waktu 60 menit hingga proses *seeding*), dan A3 (Suhu HB 19 °C, waktu 30 menit hingga proses *seeding*). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah statif dan klem, buret (PYREX 100 mL), *beaker glass* (PYREX 1000 mL), kaca preparat, *timer*, spatula, *tube* plastik, dan rak tabung reaksi. Sedangkan instrumen yang digunakan antara lain mikroskop (OLYMPUS CH-2, perbesaran 100x), pH meter (BENCHTOP H15221), *magnetic stirrer* (LABINCO L32, 300 rpm). Bahan yang digunakan antara lain *Hakko Broth* (1000 mL), konsentrat kristal asam glutamat (6 gram), H₂SO₄ 98%, dan aquades.

Proses asidifikasi dimulai dengan diteteskannya H₂SO₄ 98% ke pada *Hakko Broth* secara perlahan menggunakan buret. Indikator pH meter dicelupkan ke dalam *Hakko Broth* untuk mengontrol penurunan pH dari *Hakko Broth* setelah ditetesi H₂SO₄ 98%. Setiap penurunan 1 pH, diambil sampel *Hakko Broth* dan dimasukkan ke dalam *tube* plastik untuk analisis lebih lanjut. Sampel *Hakko Broth* diambil pada saat mencapai pH 7, 6, 5, 4, 3,35, 3, 2, 1, dan 0. Setelah itu sampel dianalisis dengan indikator kadar asam glutamat, kelarutan isolat asam glutamat, bentuk, dan ukuran isolat asam glutamat. indikator analisis kadar asam glutamat dan kelarutan isolat asam glutamat dianalisis secara tertutup oleh PT Ajinomoto Indonesia. Sedangkan indikator analisis bentuk dan ukuran isolat asam glutamat diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100x. Setelah mendapatkan semua data analisis, ditetapkan perlakuan terbaik yang sesuai dengan Standar Aji Co. Data hasil penelitian hanya disajikan dalam Microsoft Excel dan dibahas secara deskriptif.

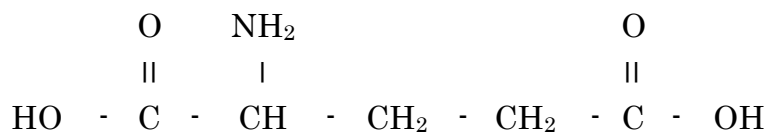
HASIL DAN PEMBAHASAN

Asidifikasi Asam Glutamat



Gambar 1. Grafik Asidifikasi Asam Glutamat

Gambar 1 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara pH dan kelarutan asam glutamat pada HB (*Hakko Broth*) berdasarkan ketiga perlakuan A1, A2, dan A3. Titik isoelektrik asam glutamat terdapat pada pH 3,35 dan nilai kelarutannya paling rendah dari semua perlakuan. Pada HB awal memiliki pH normal sekitar 7 dan semakin ditambahkan dengan asam (H_2SO_4), kelarutan asam glutamat semakin menurun. Kemudian pada pH 3,35, kelarutan asam glutamat mencapai titik terendah yaitu titik isoelektrik. Titik isoelektrik adalah titik di mana asam amino penyusun protein menjadi dipolar atau *zwitter ion* dan memiliki muatan nol, yang artinya terjadi keseimbangan antara gugus bermuatan negatif dan gugus bermuatan positif (Kusnandar, 2020). Nilai pH pada saat asam glutamat bermuatan nol disebut pH Isoelektrik (pI) (Kusnandar, 2020). Struktur kimia asam glutamat ($C_5H_9NO_4$) adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Struktur Kimia Asam Glutamat

Asam glutamat memiliki gugus karboksil ($-COOH$) dan gugus amina ($-NH_2$). Gugus karboksil dan gugus amina pada asam glutamat dapat mengalami ionisasi pada pH tertentu. Menurut Kusnandar (2020), Saat mencapai pH isoelektrik, gugus karboksil dapat melepaskan atom H (H^+) sehingga muatannya menjadi negatif (COO^-), sedangkan gugus amina dapat menangkap atom H (H^+) tersebut menjadi bermuatan positif (NH_3^+), dan begitu sebaliknya sehingga muatannya nol.

Reaksi serah terima atom H ini terjadi secara antar molekul sesama asam glutamat. Reaksi ini terjadi karena ikatan hidrogen, dimana atom H yang terikat secara kovalen ke atom yang sangat elektronegatif (F, O, atau N) terlepas kemudian akan ditangkap oleh atom yang sangat elektronegatif lain pada sesama molekul asam glutamat (antar molekul) (Petrucci *et al.*, 2011).

Menurut Petrucci *et al.* (2011), ketika pH disesuaikan dengan titik isoelektrik protein, asam glutamat akan mengendap meninggalkan komponen lain dalam larutan. Berdasarkan grafik pada Gambar 6, apabila terus dilakukan penurunan pH dengan menambahkan asam (H_2SO_4), justru nilai kelarutan asam glutamat akan meningkat lagi. Menurut Kusnandar (2020), semakin jauh perbedaan pH ekstraksi dari titik isoelektrik maka kelarutan protein akan semakin meningkat. Kelarutan kristal isolat asam glutamat menurun secara signifikan dimulai dari pH 5, hal ini dikarenakan adanya proses *seeding* pada pH 5. Proses *seeding* ini ditujukan untuk mencapai titik lewat jenuh sehingga terbentuklah kristal asam glutamat dengan menambahkan sedikit kristal konsentrat asam glutamat yang berfungsi sebagai partikel untuk memulai kristalisasi, dengan demikian asam glutamat berlebih akan mengkristal (Petrucci *et al.*, 2011).

Analisis Isolat Asam Glutamat Hasil Asidifikasi

Tabel 1. Kadar dan Kelarutan Asam Glutamat

pH	Indikator Analisis	Perlakuan		
		A1	A2	A3
3,35	Kadar Asam Glutamat (g/dL)	1,97	2,16	2,97
	Kelarutan Isolat Asam Glutamat (g/dL)	2,22	2,41	3,22

Perlakuan Terbaik Berdasarkan Kadar Asam Glutamat

Hasil dari proses asidifikasi adalah kristal isolat asam glutamat dan cairan pengotor yang dinamakan supernatan atau *Upper Solution*. Perlakuan terbaik dari penelitian ini ditentukan berdasarkan Standar Aji Co, di mana kadar asam glutamat yang terkandung pada cairan supernatan $\leq 2,1$ g/dL (Ajinomoto, 2022). Kadar asam glutamat yang terendah pada supernatan juga merupakan penentuan perlakuan terbaik. Semakin sedikit kadar asam glutamat pada cairan supernatan, maka kristal isolat asam glutamat yang dihasilkan semakin banyak.

Berdasarkan data penelitian pada Tabel 1, kadar asam glutamat pada pH isoelektrik memiliki nilai tekecil dari pada pH lain di semua perlakuan. Perlakuan A1 memiliki kadar asam glutamat 1,97 g/dL, perlakuan A2 memiliki kadar asam glutamat 2,16 g/dL. Sedangkan perlakuan A3 memiliki kadar asam glutamat 2,97 g/dL. Perlakuan A1 adalah satu-satunya perlakuan yang memiliki data kadar

asam glutamat sesuai dengan Standar Aji Co yang menyatakan bahwa kadar kristal asam glutamat yang ada pada supernatan $\leq 2,1$ g/dL. Kadar asam glutamat yang terendah dari ketiga perlakuan ada pada perlakuan A1, oleh karena itu perlakuan A1 adalah perlakuan terbaik dalam penelitian ini.

Hasil dari larutan yang telah disentrifugasi terdiri dari dua wujud yaitu natan dan supernatan (Anggraini *et al.*, 2019). Supernatan adalah hasil dari sentrifugasi dengan bobot jenis yang lebih rendah dari pada natan (Naufal *et al.*, 2017). Dalam penelitian ini yang bertindak sebagai natan adalah kristal asam glutamat, sedangkan supernatan adalah larutan yang berisi pengotor. Supernatan atau biasa disebut *Upper Solution* tidak digunakan dalam produksi monosodium glutamat (MSG). Namun larutan *Upper Solution* ini sering kali masih mengandung sedikit asam glutamat yang tidak berhasil dikristalkan. Untuk mendapatkan kuantitas produksi MSG yang maksimal, maka kadar asam glutamat yang terkandung pada *Upper Solution* harus sangat kecil. Oleh karena itu, perlakuan A1 menjadi perlakuan terbaik karena memiliki kadar asam glutamat terkecil pada supernatan atau *Upper Solution*.

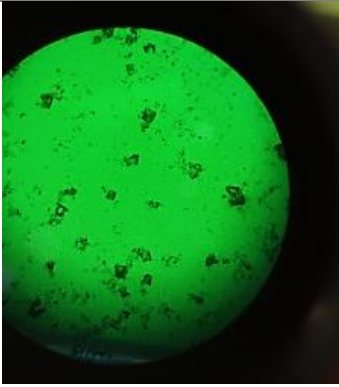
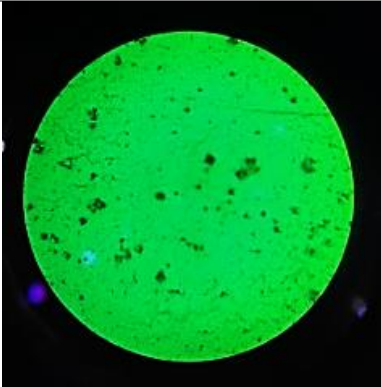
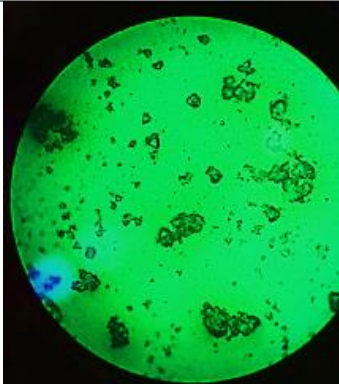
Kelarutan Isolat Asam Glutamat

Kelarutan kristal yang diinginkan oleh industri MSG adalah yang paling rendah saat berada pada pH isoelektrik. Semakin rendah kelarutan kristal isolat asam glutamat menandakan bahwa kristal semakin jenuh dan akan memudahkan proses selanjutnya yaitu separasi atau pemisahan kristal dengan cairan pengotor. Perlakuan A1 dan A2 memiliki perbedaan yaitu pada perlakuan suhu Hakko Broth, di mana A1 memiliki suhu setelah pendinginan (14 °C) dan A2 tanpa pendinginan (33 °C). Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa pada pH isoelektrik 3,35, kelarutan A1 lebih rendah dari pada kelarutan A2, di mana A1 memiliki kelarutan 2,22 g/dL dan A2 memiliki kelarutan 2,41 g/dL. Menurut Lindenbergh dan Mazzotti (2009), apabila suhu kristalisasi asam glutamat pada saat proses nukleasi meningkat, maka kelarutan kristal akan menurun. Dengan naiknya suhu larutan maka jarak antarmolekul zat padat menjadi renggang. Hal ini menyebabkan ikatan antar zat padat mudah terlepas oleh gaya tarik molekul-molekul air, sehingga zat tersebut mudah larut (Kusnandar, 2020)

Perbedaan parameter waktu ditunjukkan pada hasil data A1 dan A3, di mana A1 memiliki waktu 60 menit hingga proses *seeding* dan A3 memiliki waktu 30 menit. Perbedaan waktu ini mempengaruhi lamanya waktu agitasi dari proses asidifikasi. Menurut penelitian Santos *et al.* (2015), lamanya waktu agitasi berpengaruh terhadap kelarutan protein, dimana semakin lama waktu agitasi akan menurunkan kelarutan protein dalam air. Hal ini disebabkan karena semakin lamanya agitasi, struktur protein akan semakin banyak terpisah dari

komponen lainnya sehingga kelarutannya menurun dan protein menjadi semakin jenuh (Santos *et al.*, 2015). Pernyataan ini sesuai dengan hasil penelitian pada Tabel 1, di mana perlakuan A1 dengan waktu agitasi lebih lama dari pada A3, memiliki nilai kelarutan yang lebih rendah dari pada perlakuan A3 yaitu 3,22 g/dL.

Bentuk dan Ukuran Isolat Asam Glutamat

pH	Kristal Isolat Asam Glutamat		
	A1	A2	A3
3,35			

Gambar 3. Isolat Asam Glutamat (Perbesaran 100x)

Gambar 3 di atas menunjukkan bentuk dan ukuran kristal isolat asam glutamat pada perlakuan A1, A2, dan A3. Berdasarkan Gambar 3, semua isolat asam glutamat memiliki bentuk dengan struktur α -asam glutamat, yang mana hasil penelitian pada ketiga perlakuan ini sudah sesuai dengan Standar Aji Co. Kristal asam glutamat memiliki dua bentuk yaitu α dan β -asam glutamat. Dalam pembentukan isolat asam glutamat, struktur α -asam glutamat akan terbentuk terlebih dahulu, kemudian β -asam glutamat akan terbentuk dengan sendirinya apabila asam glutamat terlalu lama berada di sebuah larutan atau diberi perlakuan khusus agar terkonversi menjadi β -asam glutamat (Kitamura, 1989).

Dalam proses asidifikasi, struktur kristal yang terbentuk adalah α -asam glutamat. Menurut penelitian Hirayama *et al.* (1980), kristal α -asam glutamat memiliki struktur prismatic, sedangkan β -asam glutamat memiliki struktur *needlelike*. Berdasarkan data hasil penelitian pada Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa asam glutamat yang terbentuk selama proses asidifikasi adalah kristal α -asam glutamat. Apabila dilihat secara fisik, kristal α -asam glutamat berbentuk seperti hasil penelitian pada Gambar 3, sedangkan kristal β -asam glutamat berbentuk panjang lurus seperti kristal MSG yang dijual di pasaran.

Berdasarkan pada Gambar 3, ketiga perlakuan menunjukkan hasil ukuran isolat yang heterogen, namun perlakuan A1 memiliki ukuran isolat paling

homogen diantara kedua perlakuan lainnya. Menurut Standar Aji Co, ukuran isolat yang diinginkan adalah yang homogen, maka perlakuan A1 lah yang memenuhi Standar Aji Co. Apabila dibandingkan dengan perlakuan A1, perlakuan A2 memiliki ukuran isolat lebih kecil dan tidak homogen. Homogenitas isolat asam glutamat sangat penting bagi industri penghasil MSG. Apabila hasil kristal seperti pada perlakuan A2 di Gambar 3, yang mana kristal tidak homogen dan masih banyak ukuran yang terlalu kecil, maka akan banyak kristal yang terbangun bersama pengotor saat melalui proses selanjutnya yaitu separasi. Perbedaan antara A1 dan A2 dari segi perlakuan adalah suhunya, dimana A1 memiliki suhu HB 14 °C dan A2 memiliki suhu HB 33 °C. Ukuran isolat asam glutamat berkaitan dengan nilai kelarutannya. Apabila ukuran kristal semakin kecil, maka kelarutan akan meningkat seiring semakin banyaknya luas permukaan kristal yang bereaksi dengan pelarut (Petrucci *et al.*, 2011).

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa ukuran kristal pada perlakuan A3 lebih besar dari pada ukuran kristal A1. Perbedaan antara A1 dan A3 dari segi perlakuan adalah waktu asidifikasi hingga proses *seeding*. Perlakuan A1 memiliki waktu 60 menit sedangkan perlakuan A3 memiliki waktu 30 menit. Perbedaan parameter waktu ini berkaitan dengan lamanya agitasi pada proses pembentukan kristal asam glutamat. Menurut Cashell *et al.* (2004), lamanya proses agitasi mempengaruhi ukuran kristal α -asam glutamat yang dihasilkan dari larutan kristal, di mana semakin lama agitasi akan semakin mengecilkan ukuran kristal. Pernyataan tersebut sesuai dengan data Gambar 3, namun bertentangan dengan hasil kelarutan pada Tabel 1. Hal ini disebabkan keheterogenan kristal pada perlakuan A3, meskipun ada kristal yang berukuran besar, namun banyak juga kristal dengan ukuran sangat kecil dibanding A1. Hal ini yang menyebabkan kelarutan A3 lebih tinggi dibanding A1 meskipun ukuran kristalnya lebih besar.

KESIMPULAN

Perlakuan terbaik dari penelitian ini adalah perlakuan A1 (suhu *Hakko Broth* 14°C, waktu asidifikasi hingga proses *seeding* 60 menit). Perlakuan A1 memiliki kadar asam glutamat supernatan yang sesuai dengan Standar Aji Co yaitu 1,97 g/dL saat mencapai pH Isoelektrik 3,35. Perlakuan A1 (suhu *Hakko Broth* 14°C, waktu asidifikasi hingga proses *seeding* 60 menit) memiliki nilai kelarutan pada pH Isoelektrik yaitu 2,22 g/dL dan merupakan kelarutan terendah dibanding perlakuan A2 dan A3. Ketiga perlakuan penelitian menunjukkan bentuk kristal asam glutamat dengan struktur α -asam glutamat. Ukuran kristal terkecil ada pada perlakuan A2 dan ukuran terbesar ada pada perlakuan A3, namun ukuran yang paling homogen ada pada perlakuan A1.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, I., Ferniah, R. S., & Endang, K. 2019. Isolasi Khamir dari Batang Tanaman Tebu dan Identifikasinya Berdasarkan Sekuens Internal Transcribed Spacer. *Jurnal Bioteknologi Dan Biosains Indonesia*, 6 (1), pp. 39–52. DOI : <https://doi.org/10.29122/jbbi.v6i1.3276>
- Cashell, Corcoran, & Hodnett. 2004. Control of polymorphism and crystal size of L-glutamic acid in the absence of additives. *Journal of Crystal Growth*, 273 (1), pp. 258–265. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2004.08.020>
- Djohar, M. A., Timbowo, S. M., & Mentang, F. 2018. Tingkat Kesukaan Panelis Terhadap Penyedap Rasa Alami Hasil Samping Perikanan Dengan Edible Coating Dari Karagenan. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, 6 (2), pp. 37–41. DOI : <https://doi.org/10.35800/mthp.6.2.2018.19507>
- Hirayama, N., Shirahata, K., Ohashi, Y., & Sasada, Y. 1980. *Structure of a Form of L-Glutamic Acid α - β Transition*. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 53 (1), pp. 30–35. DOI : <https://doi.org/10.1246/bcsj.53.30>
- Julianto, G., Ustadi, & Husni, A. 2011. Karakterisasi Edible Film dari Gelatin Kulit Nila Merah dengan Penambahan Plasticizer Sorbitol dan Asam Palmitat. *Journal of Fisheries Sciences*, 13 (1), pp. 27–34. DOI : <https://doi.org/10.22146/jfs.3059>
- Kee, N., Tan, R., & Braatz, R. 2009. *Selective Crystallization of the Metastable α -Form of Glutamic Acid using Concentration Feedback Control*. *Crystal Growth dan Design*, 9 (7), pp. 3044–3051. DOI : <https://doi.org/10.1021/cg800546u>
- Kitamura, M. 1989. *Polymorphism in the crystallization of L-glutamic acid*. *Journal of Crystal Growth*, 96 (3), pp. 541–546. DOI : [https://doi.org/10.1016/0022-0248\(89\)90049-3](https://doi.org/10.1016/0022-0248(89)90049-3)
- Kusnandar, F. 2020. Kimia Pangan Komponen Makro. Jakarta : PT Bumi Aksara.
- Kusuma, E. W., Larasati, A., Nurkhamidah, S., & Altway, A. 2020. Pra Desain Pabrik Poly-L-Lactic Acid dari Tetes Tebu. *Jurnal Teknik ITS*, 8 (2), pp. 139–144. DOI : <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i2.46997>
- Lindenberg, C., & Mazzotti, M. 2009. *Effect of temperature on the nucleation kinetics of a l-glutamic acid*. *Journal of Crystal Growth*, 311 (4), pp. 1178–1184. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2008.12.010>
- Naufal, A., Kusdiyantini, E., & Raharjo, B. 2017. Identifikasi Jenis Pigmen Dan Uji Potensi Antioksidan Ekstrak Pigmen Bakteri *Serratia marcescens* Hasil Isolasi Dari Sedimen Sumber Air Panas Gedong Songo. *Jurnal Bioma*, 19 (2), pp.95–103. DOI : <https://doi.org/10.14710/bioma.19.2.95-103>
- Petrucci, R., Harwood, W., Herring, G., & Madura, J. 2011. *General Chemistry: Principles and Modern Applications (9th ed.)*. Jakarta : Erlangga.

- Riskesdas. 2018. Potret Sehat Indonesia dari Riskesdas. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Riwayati, I., Anam, A. C., & Maharani, F. 2020. Pengaruh Suhu dan Waktu Proses Modifikasi Heat Moisture Treatment (HMT) pada Tepung Kulit Singkong terhadap Sifat Kelarutan dan *Swelling Power*. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 5(1), pp. 57-65. DOI : <https://doi.org/10.31942/inteka.v5i1.3402>
- Santos, D. O., Coimbra, J. S. R., Teixeira, C. R., Barreto, S. L. T., Silva, M. C. H., & Giraldo, A. D. 2015. *Solubility of Proteins from Quail Egg White as Affected by Agitation Time, pH, and Salt Concentration*. *International Journal of Food Properties*, 18 (2), pp. 250–258. DOI : <https://doi.org/10.1080/10942912.2012.654557>
- Wahyudi, B., & Muljani, S. 2019. Pupuk Mulnutrient Berbasis Silika dari Limbah Geothermal Sludge dengan Proses Asidifikasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 14(1), pp. 22–27. DOI : https://doi.org/10.33005/jurnal_tekkim.v14i1.1651