

PERMODELAN DAN OPTIMASI HIDROLISA PATI MENJADI  
GLUKOSA DENGAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK - GENETIC ALGORITHM

Istadi \* Dian Rahmayanti \*\*

*Abstract*

*Modeling and optimization methods are commonly used, still not able to model and optimize the complex chemical processes non-linear. Hybrid method of Artificial Neural Network-Genetic Algorithm (ANN-GA) is considered as an effective method for resolving these problems and obtain optimum conditions globally. The aim of this study is to develop a modeling and optimization with hybrid ANN-GA methods, which applied in process of making glucose from starch hydrolysis. The ANN-GA strategy consists of two steps. In the first step, an ANN-based process model is developed. Therefore, the input at ANN model will be optimized using GA technique. The optimal values of starch concentration, enzyme concentration, temperature and time with ANN-GA method were 7,13 % (w/v), 1,47 % (w/v), 40,53°C, and 166,04 min respectively with predicted glucose yield of 6,08 mg/mL. These result differed from the secondary data (Baskar et al., 2008) which were used RSM. It was because  $R^2$  values of ANN-GA method was 0,9755. While RSM method was only able to achieved value of  $R^2$  for 0,842. Modeling and optimization with the GA-ANN can be developed and used to obtain the model in starch hydrolysis into glucose and the optimal operating conditions simultaneously.*

*Key words : ANN-GA; hydrolysis; modeling and optimization; glucose yield*

**Pendahuluan**

Pati atau amilum merupakan karbohidrat kompleks yang dihasilkan oleh tumbuhan, dimana didalamnya terkandung kelebihan glukosa (produk fotosintesis). Ubi kayu atau singkong, mengandung karbohidrat yang cukup tinggi yaitu sekitar 35,3% per 100 g (Widiastoety dan Purbadi, 2003). Oleh karenanya singkong dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan glukosa melalui proses hidrolisa pati. Hidrolisa pati merupakan proses pemecahan molekul amilum menjadi bagian-bagian penyusunnya, seperti glukosa (Purba, 2009).

Pemodelan untuk proses kimia dapat dilakukan dengan pendekatan *phenomenological (first principles)* atau dengan pendekatan *empirical* (Istadi, 2006). Umumnya, permodelan untuk proses dikembangkan dengan menggunakan pendekatan *phenomenological*. Pengembangan dari permodelan proses dengan *phenomenological* ini memiliki banyak kesulitan dalam prakteknya dimana perpindahan massa, momentum, energi, dan beberapa prinsip teknik kimia lainnya dipertimbangkan dalam model. Oleh karena itu, diperlukan mencari pendekatan alternatif dari pemodelan proses ini. Akhir-akhir ini, *Artificial Neural Network (ANN)* telah muncul sebagai alat yang menarik untuk pemodelan proses yang kompleks. Kekuatan dari ANN adalah struktur yang umum dan memiliki kemampuan untuk mempelajari dari data historikalnya (Desai et al., 2008).

Dalam beberapa tahun terakhir, *Genetic Algorithm* (GA) termasuk kelompok optimasi stochastic, yang telah digunakan untuk menyelesaikan persoalan dengan baik dalam berbagai ruang lingkup. Kelebihan GA dibandingkan optimasi dengan metode dife-

rensial adalah GA dapat digunakan untuk menentukan kondisi optimum tanpa perlu mendiferensialkan data terlebih dahulu. Sehingga untuk data yang sangat kompleks, optimasinya dapat diselesaikan dengan mudah. Metode diferensial tidak bisa digunakan bila data persamaan yang didapat adalah data yang kompleks, karena barangkali hanya diperoleh titik optimum lokal saja bukan titik optimum yang global.

Beberapa penelitian tentang proses hidrolisa pati menjadi glukosa telah banyak dilakukan. Pada proses hidrolisa pati secara enzimatik (Baskar, 2008; Chamsart et al., 2006; Morales et al., 2008; Wojciechowski et al., 2002), proses hidrolisa pati secara asam (Putri dan Sukandar, 2008; Soero et al., 2008; Yoonan dan Kongkiattikajorn, 2004), dan proses hidrolisa asam dan enzimatik (Yetti et al., 2007), masih menggunakan metode pemodelan dan optimasi secara grafis dan beberapa menggunakan metode RSM. Sementara itu, metode pemodelan dan optimasi *Artificial Neural Network-Genetic Algorithm* (ANN-GA) telah banyak digunakan secara luas, seperti dalam proses pembuatan koji (Hanai et al., 1999), reaksi hidroksilasi benzena (Nandi et al., 2002) dan desain *casting* campuran Al-Si (Anijdan et al., 2004). Metode ANN-GA telah berhasil dalam memodelkan dan optimasi sehingga dihasilkan hasil optimum secara global. Oleh karenanya, metode pemodelan dan optimasi dengan metode ANN-GA potensial untuk diaplikasikan pada proses hidrolisa pati menjadi glukosa.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pemodelan dan optimasi proses hidrolisa pati menjadi glukosa dengan metode hibrida ANN-GA. Parameter-parameter dalam proses hidrolisa akan dimodelkan dengan metode ANN, selanjutnya model ANN tersebut dioptimasi dengan GA hingga mendapatkan kondisi optimum secara global.

\*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia FT Undip

\*\*) Alumni Teknik Kimia Fakultas Teknik Undip

### Pengembangan Model

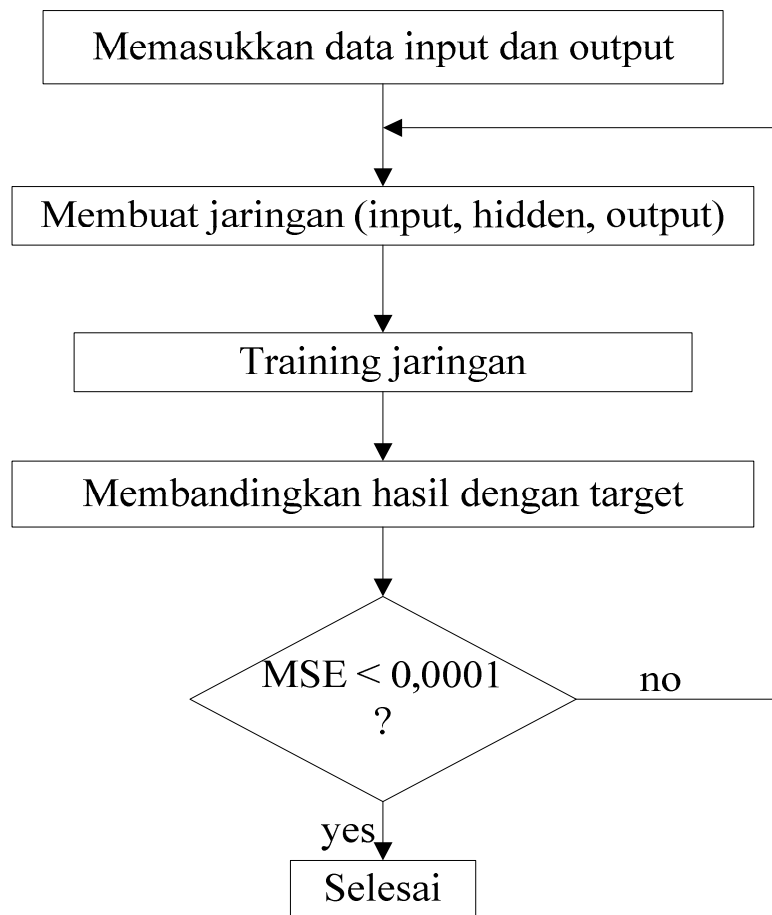
Studi Kasus Hidrolisa Pati menjadi Glukosa  
Data yang digunakan adalah data sekunder yang didapat dari penelitian Baskar et al. (2008). Dalam penelitian Baskar et al. (2008), pati berasal dari singkong atau ubi kayu. Pati singkong ini kemudian dihidrolisa dengan bantuan enzim  $\alpha$ -amylase hingga menjadi glukosa. Konsentrasi pati, konsentrasi enzim, suhu, waktu hidrolisa adalah variabel independen yang digunakan dalam penelitian, sedang variabel dependent adalah yield glukosa. Hubungan antara keempat variabel independent dengan yield glukosa yang dihasilkan akan dimodelkan dan dioptimasi dengan metode ANN-GA.

Pengembangan Algoritma Permodelan dengan ANN

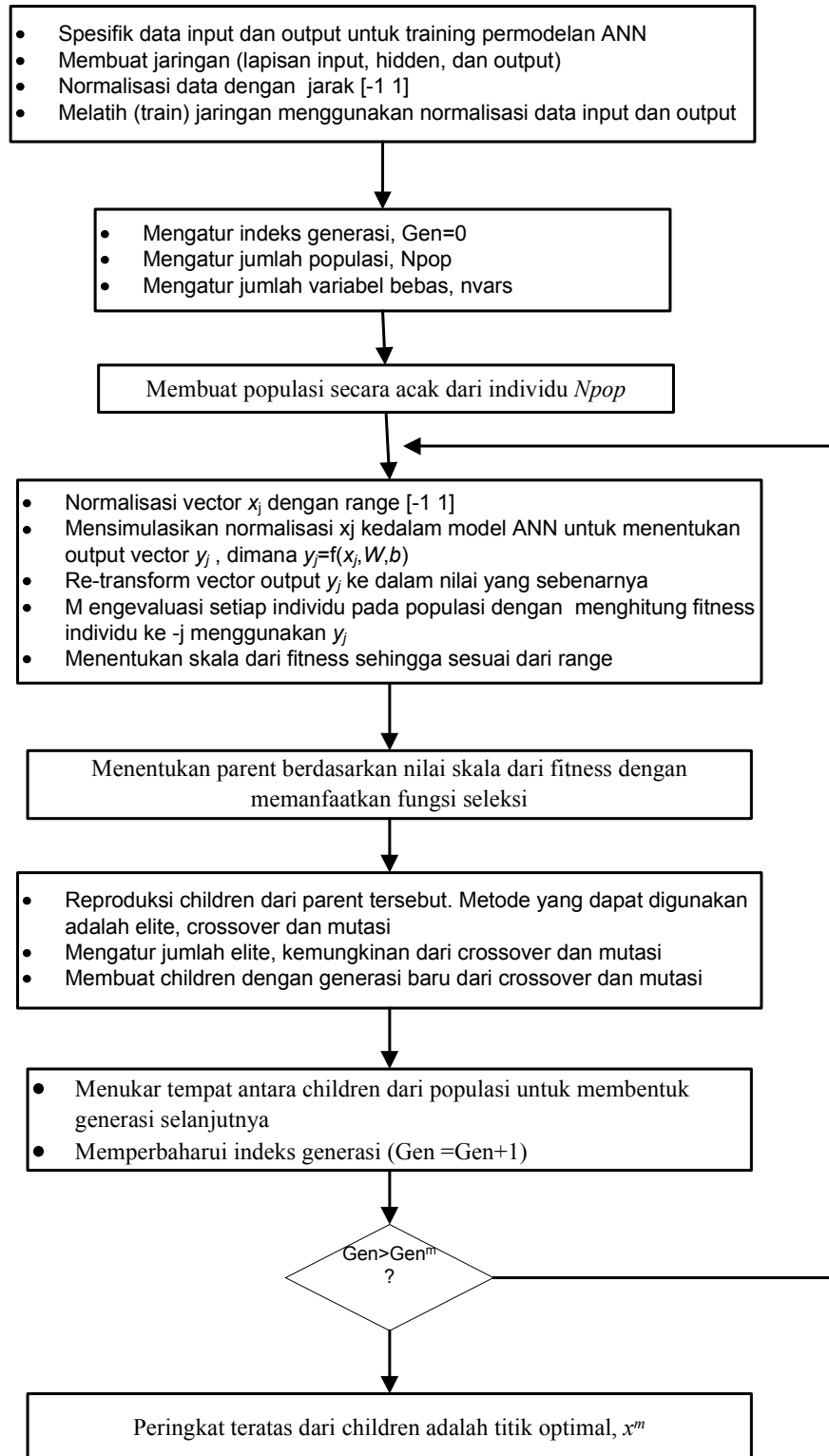
Secara umum, empat langkah yang dilakukan dalam pemodelan adalah memasukkan data yang akan digunakan dalam pelatihan, menciptakan jejaring dari objek (lapisan *input*, *hidden* dan *output*), *training* jejaring dan mensimulasi respon jejaring terhadap input. Jaringan neural akan disesuaikan atau dilatih, sehingga partikular input akan membawa ke spesifik target *output*. Gambar 1. merupakan diagram alir dari metode ANN.

Pengembangan Algoritma Hibrida ANN-GA untuk Permodelan dan Optimasi

Pemodelan dan optimasi dengan ANN-GA diterapkan dalam proses studi kasus hidrolisa pati menjadi glukosa. Gambar 2, menunjukkan tahapan yang dilakukan dalam pemodelan dan optimasi ANN-GA.



Gambar 1. Diagram alir pemodelan dengan metode ANN



**Gambar 2.** Diagram Alir pemodelan dan optimasi dengan ANN-GA

### Hasil Dan Pembahasan

Kajian numerik model dan optimasi ANN-GA. Model ANN yang digunakan mempunyai struktur 4-5-3-1. Struktur ini menandakan bahwa model ANN mempunyai 4 input, 5 *hidden layers* lapisan pertama, 3 *hidden layers* lapisan kedua, dan 1 output. Tabel 1, menunjukkan hubungan antara input (konsentrasi pati, konsentrasi enzim, suhu dan waktu) dengan output (yield glukosa) yang akan digunakan untuk *training* model ANN dan dioptimasi dengan metode ANN-GA.

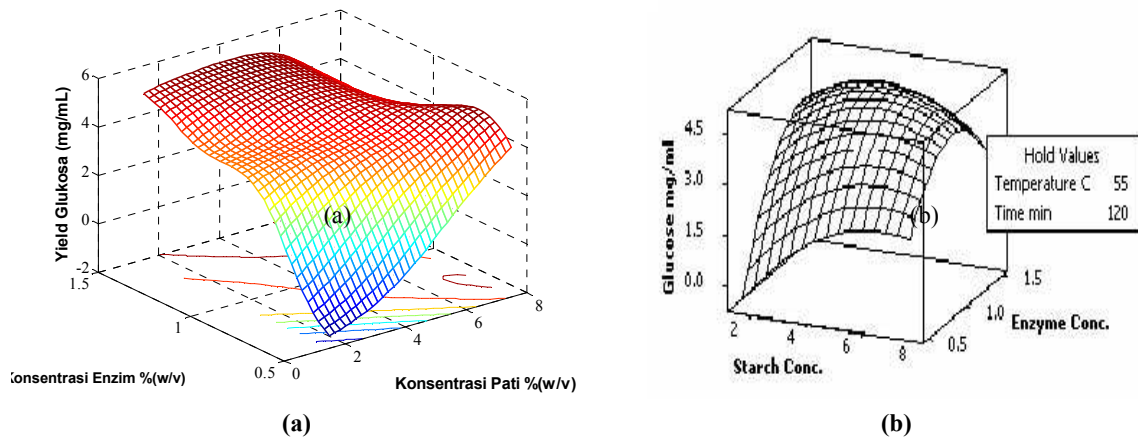
Simulasi dan Optimasi Pengaruh Konsentrasi Pati dan Konsentrasi Enzim terhadap Yield Glukosa.

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara parameter proses, yaitu konsentrasi pati dengan konsentrasi enzim terhadap yield glukosa yang dihasilkan, dimana parameter suhu dan waktu dibuat konstan pada 55°C dan 120 menit.

Gambar 3(a) merupakan hasil pemodelan menggunakan metode hibrida ANN-GA, sedangkan Gambar 3(b) menggunakan metode RSM (Baskar et al., 2008). Gambar 3(a) memperlihatkan konsentrasi pati pada rentang 6,0-7,5 % (w/v), dan konsentrasi enzim pada rentang 1,0 - 1,5 %(w/v), yield glukosa yang dihasilkan tinggi (>4,5 mg/mL). Nilai konsentrasi pati dan konsentrasi enzim yang lebih rendah atau tinggi dari rentang tersebut, dihasilkan yield glukosa yang sedikit. Hal ini dikarenakan kondisi optimum dicapai pada konsentrasi pati 7,13 % (w/v) dan konsentrasi enzim 1,47 %(w/v), dimana suhu dan waktu dibuat konstan pada 55 °C dan 120 menit. Laju pembentukan produk meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi substrat hingga dicapai laju reaksi maksimum untuk kemudian turun kembali mulai harga konsentrasi substrat tertentu. Semakin banyak enzim, sampai batas tertentu, maka semakin banyak pula substrat (pati) yang terkonversi (Sukandar et al., 2009).

**Tabel 1.** Hubungan konsentrasi pati, konsentrasi enzim, suhu, waktu terhadap yield glukosa (Baskar et al., 2008)

Parameter Proses				Yield Glukosa (mg/mL)
Konsentrasi Pati % (w/v)	Konsentrasi Enzim % (w/v)	Suhu °C	Waktu, menit	
3,0	0,75	45	90	2,61
6,0	0,75	45	90	4,18
3,0	1,25	45	90	4,73
6,0	1,25	45	90	5,22
3,0	0,75	65	90	0,54
6,0	0,75	65	90	1,81
3,0	1,25	65	90	2,13
6,0	1,25	65	90	2,13
3,0	0,75	45	150	4,46
6,0	0,75	45	150	5,63
3,0	1,25	45	150	4,73
6,0	1,25	45	150	5,48
3,0	0,75	65	150	1,54
6,0	0,75	65	150	1,69
3,0	1,25	65	150	2,08
6,0	1,25	65	150	1,66
1,5	1,00	55	120	3,55
7,5	1,00	55	120	3,69
4,5	0,50	55	120	0,73
4,5	1,50	55	120	5,26
4,5	1,00	35	120	2,32
4,5	1,00	75	120	1,23
4,5	1,00	55	60	4,19
4,5	1,00	55	180	3,76
4,5	1,00	55	120	4,47
4,5	1,00	55	120	4,94
4,5	1,00	55	120	4,47
4,5	1,00	55	120	4,85
4,5	1,00	55	120	4,47
4,5	1,00	55	120	4,85
4,5	1,00	55	120	4,47



**Gambar 3.** Pengaruh konsentrasi pati dan konsentrasi enzim terhadap yield glukosa. (a) dengan metode hibrida ANN-GA, (b) dengan metode RSM (Baskar et al., 2008)

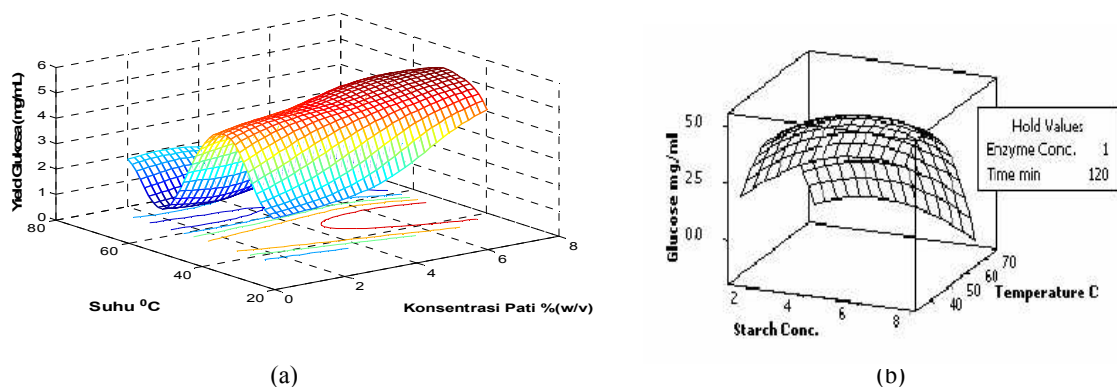
Simulasi dan Optimasi Pengaruh Konsentrasi Pati dan Suhu terhadap Yield Glukosa.

Gambar 4. menunjukkan hubungan antara parameter proses, yaitu konsentrasi pati dengan suhu terhadap yield glukosa dengan metode ANN-GA dan RSM, dimana parameter konsentrasi enzim dan waktu dibuat konstan pada 1 % (w/v) dan 120 menit. Kondisi optimum dengan metode ANN-GA adalah pada konsentrasi pati 7,13 % (w/v) dan suhu 40,53 °C, dihasilkan yield glukosa sebesar 6,08 mg/mL. Pada Gambar 4(a), menunjukkan bahwa konsentrasi pati (6,0 - 7,5 % (w/v)) dan pada suhu rendah (40-60 °C), menghasilkan yield glukosa yang tinggi (>4,5 mg/mL). Hasil yang didapat tidak jauh beda dengan hasil penelitian Purba (2009), dimana pada konsentrasi pati tinggi dengan suhu 40 °C dihasilkan

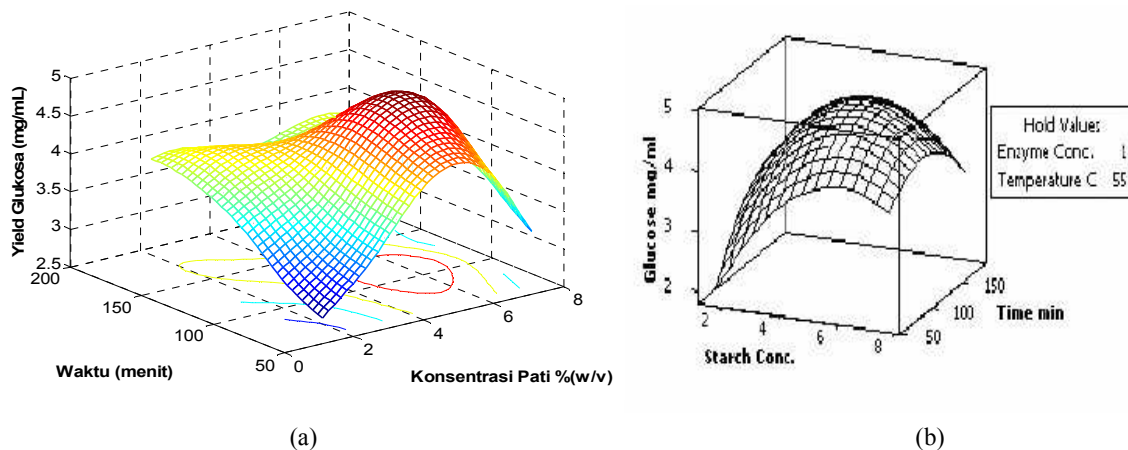
konsentrasi glukosa yang optimum. Menurut Purba (2009), konsentrasi glukosa meningkat sampai pada konsentrasi optimum, kemudian menurun. Hal ini disebabkan karena reaksi konversi pati menjadi glukosa dipengaruhi oleh suhu. Kenaikan suhu akan menyebabkan terjadinya proses denaturasi. Kenaikan suhu, sebelum terjadinya proses denaturasi dapat menaikkan kecepatan reaksi. Adanya dua pengaruh yang saling berlawanan i

Simulasi dan Optimasi Pengaruh Konsentrasi Pati dan Waktu terhadap Yield Glukosa.

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara parameter proses, yaitu konsentrasi pati dengan waktu terhadap yield glukosa, dimana parameter konsentrasi enzim dan suhu dibuat konstan pada 4,5 % (w/v) dan 55 °C.



**Gambar 4.** Pengaruh konsentrasi pati dan suhu terhadap yield glukosa. (a) dengan metode hibrida ANN-GA, (b) dengan metode RSM (Baskar et al., 2008)



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi pati dan waktu terhadap yield glukosa. (a) dengan metode hibrida ANN-GA, (b) dengan metode RSM (Baskar et al., 2008)

Gambar 5(a) menunjukkan pemodelan dengan menggunakan metode ANN sedangkan Gambar 5(b) menunjukkan pemodelan dengan metode RSM yang telah dilakukan oleh Baskar et al. (2008). Kondisi optimum proses dengan metode ANN-GA adalah pada konsentrasi pati 7,13 %(w/v) dan waktu selama 166 menit. Gambar 5(a) menunjukkan bahwa konsentrasi pati (6-7 % (w/v)) dan dengan waktu yang cukup lama (150-180 menit), menghasilkan yield glukosa yang tinggi (>4 mg/mL). Nilai konsentrasi pati dan waktu yang lebih rendah atau lebih tinggi dari rentang tersebut, akan dihasilkan yield glukosa yang sedikit. Semakin tinggi konsentrasi pati, maka larutan akan semakin kental dan semakin banyak amilum yang akan dipecah menjadi glukosa sehingga semakin lama waktu hidrolisa yang dibutuhkan.

Simulasi dan Optimasi Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Suhu terhadap Yield Glukosa..

Pada Gambar 6 menunjukkan perbandingan pengaruh konsentrasi enzim dan suhu terhadap yield glukosa dengan menggunakan metode hibrida ANN-GA dan metode RSM, dimana konsentrasi pati dan waktu dibuat konstan pada 1 % (w/v) dan 120 menit. Gambar 6(a) adalah gambar yang menunjukkan pemodelan dan optimasi dengan ANN-GA, sedangkan pemodelan dan optimasi dengan metode RSM (Baskar et al., 2008) ditunjukkan pada Gambar 6(b). Kondisi optimum dari metode ANN-GA adalah pada konsentrasi enzim 1,47 % (w/v) dan suhu 40 °C, sehingga menghasilkan yield glukosa optimum sebesar 6,08 mg/mL. Gambar 6(a) memperlihatkan bahwa pada konsentrasi enzim (1,2-1,5 %(w/v)) dan suhu (40-60 °C) dihasilkan yield glukosa yang tinggi (>4,5 mg/mL). Pada reaksi enzimatik, suhu mempe-

ngaruhi kestabilan enzim. Kenaikan suhu sampai sedikit diatas suhu optimumnya dapat menyebabkan penurunan aktivitas enzim, sedangkan suhu jauh diatas suhu optimumnya enzim akan mengalami denaturasi hingga enzim kehilangan aktivitas katalitiknya (Sukandar et al., 2009).

Gambar 7(a) menunjukkan pemodelan dan optimasi dengan metode hibrida ANN-GA, sedang Gambar 7(b) menggunakan metode RSM. Kondisi optimum yang didapat dari metode ANN-GA adalah pada konsentrasi enzim 1,47 %(w/v) dan waktu 166 menit, dengan yield glukosa sebesar 6,08 mg/ml. Gambar 7(a) menunjukkan pada konsentrasi enzim (1,2-1,5 % (w/v)) dan waktu (100-170 menit), dihasilkan yield glukosa yang tinggi (>4,5 mg/mL). Semakin lama waktu hidrolisis, maka semakin banyak pati yang dipecah menjadi glukosa. Apabila konsentrasi enzim semakin tinggi hingga mencapai kondisi optimum maka aktivitas enzim dalam proses hidrolisis semakin besar. Namun, semakin lama waktu, dan bertambahnya konsentrasi enzim hingga melampaui kondisi optimum, menyebabkan yield glukosa yang dihasilkan menurun dikarenakan kemampuan enzim untuk mengubah pati menjadi glukosa semakin menurun (Jamilatun et al., 2004).

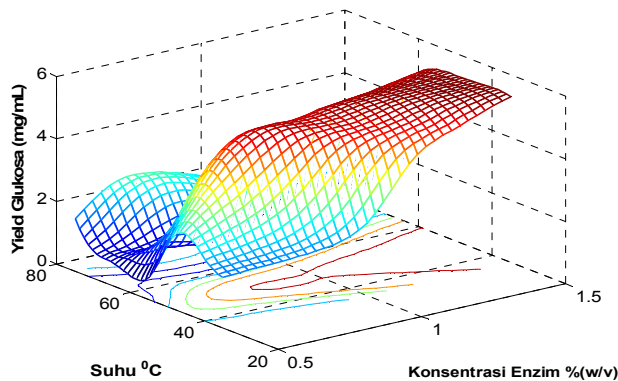
Simulasi dan Optimasi Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Waktu terhadap Yield Glukosa.

Pengaruh konsentrasi enzim dan waktu terhadap yield glukosa ditunjukkan pada Gambar 7. Konsentrasi pati dan suhu dijaga konstan pada 4,5 % (w/v) dan suhu 55°C.

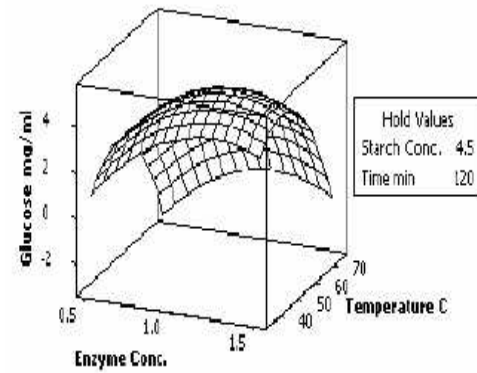
Simulasi dan Optimasi Pengaruh Suhu dan Waktu terhadap Yield Glukosa.

Gambar 8. menunjukkan pengaruh suhu dan waktu hidrolisis terhadap yield glukosa dengan metode ANN-GA dan RSM (Baskar et al., 2008), dimana konsentrasi pati dan konsentrasi enzim dijaga konstan pada 4,5 % (w/v) dan 1 % (w/v). Dari kedua gambar tersebut terlihat perbedaan yang cukup signifikan, dimana metode RSM hanya mampu memodelkan secara polynomial. Kondisi optimum yang didapat dari pemodelan dan optimasi dengan metode ANN-

GA adalah pada suhu 41 °C dan waktu 166 menit, dimana konsentrasi pati dan enzim dijaga konstan dihasilkan yield glukosa optimum pada 6,08 mg/ml. Gambar 8(a) menunjukkan bahwa pada suhu (40-50 °C) dan waktu hidrolisis (150-180 menit) dihasilkan yield glukosa yang cukup tinggi (>4,5 mg/mL). Besarnya waktu hidrolisa membuat banyaknya yield glukosa yang dihasilkan, sebelum proses denaturasi enzim terjadi. Proses denaturasi terjadi ketika proses berlangsung jauh diatas suhu optimumnya.

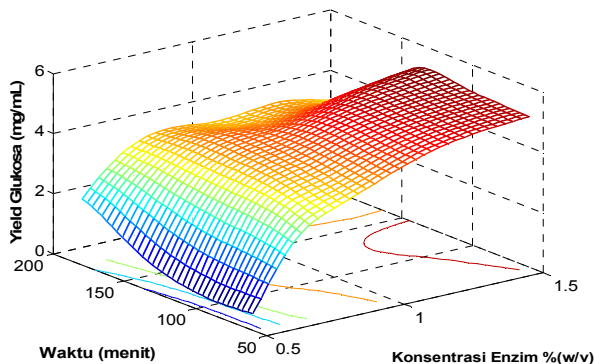


(a)

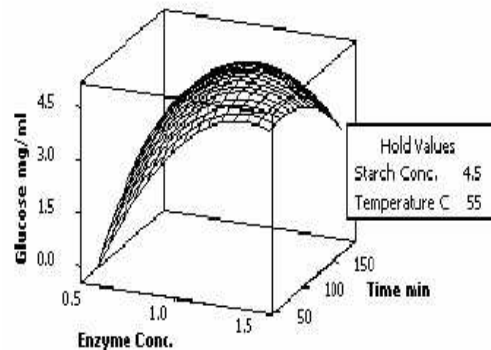


(b)

Gambar 6. Pengaruh konsentrasi enzim dan suhu terhadap yield glukosa. (a) dengan metode hibrida ANN-GA, (b) dengan metode RSM (Baskar et al., 2008)

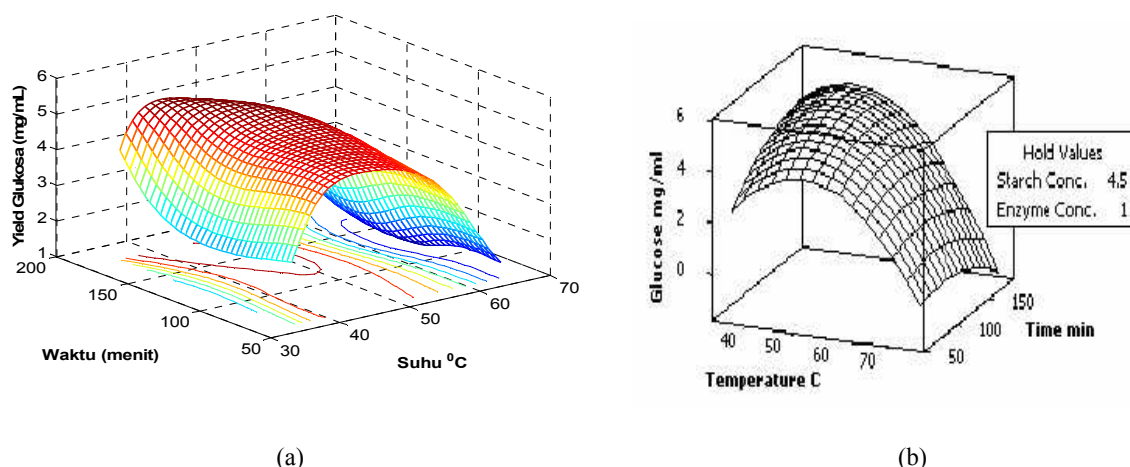


(a)



(b)

Gambar 7. Pengaruh konsentrasi enzim dan waktu terhadap yield glukosa. (a) dengan metode hibrida ANN-GA, (b) dengan metode RSM (Baskar et al., 2008)



Gambar 8. Pengaruh suhu dan waktu terhadap yield glukosa. (a) dengan metode hibrida ANN-GA, (b) dengan metode RSM (Baskar et al., 2008)

Uji Kestabilan Simulator dan Optimasi Kondisi Operasi.

Kondisi optimum yang dicapai dengan metode ANN-GA berbeda dengan metode RSM dari penelitian Baskar et al. (2008). Gambar 9 menunjukkan variasi nilai yield glukosa optimum yang dihasilkan dari metode ANN-GA dengan  $R^2 \geq 0,96$  yang dibandingkan dengan metode RSM (Baskar et al., 2008). Yield glukosa keseluruhan pada percobaan (Run) 1 sampai 10, menunjukkan nilai diatas nilai yield glukosa yang dihasilkan dengan metode RSM. Pemodelan dan optimasi dengan metode ANN-GA diperoleh kondisi optimum secara global, dikarenakan model ANN merupakan model yang lebih riil sesuai data percobaan. Sedangkan, metode RSM memodelkan pemodelan secara paksa menjadi model polinomial kuadratik, sehingga dihasilkan titik optimum local saja. Hal ini terbukti dari nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) yang dihasilkan dari kedua metode. Metode ANN-GA mampu mencapai nilai  $R^2$  diatas 0,96, sedangkan metode RSM hanya didapat nilai  $R^2$  sebesar 0,824. Nilai ini menandakan bahwa dalam pemodelan dan optimasi dengan metode ANN-GA, hampir seluruh variabel yield glukosa terwakili dalam model. Pada percobaan ke-6, dihasilkan yield glukosa dengan  $R^2$  sebesar 0,9755, dimana hampir semua variabel yield glukosa terwakili dalam model.

Optimasi proses dengan metode ANN-GA dengan koefisien regresi,  $R^2$  sebesar 0,9755 ( $R^2 \geq 0,96$ ), didapatkan pada konsentrasi pati 7,13 % (w/v), konsentrasi enzim 1,47 % (w/v), suhu 41 °C, dan waktu hidrolisa 166 menit dengan yield glukosa yang dihasilkan sebesar 6,08 mg/ml. Sedang, kondisi optimum metode RSM adalah pada konsentrasi pati 4,5 % (w / v), konsentrasi enzim 1 % (w / v), suhu

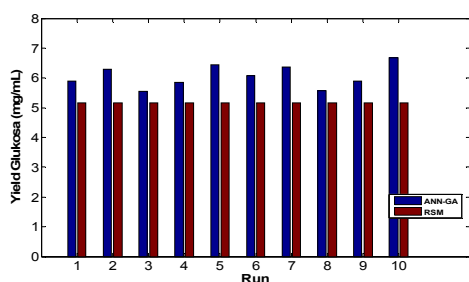
45°C, waktu 150 menit dengan yield glukosa yang didapat pada 5,17 mg/ml. Kondisi optimum yang didapat dari kedua metode ini berbeda. Hal ini dikarenakan metode ANN-GA mampu mencapai nilai  $R^2$  sebesar 0,9755, yang berarti bahwa 97,55% variabel glukosa terwakili dalam model. Sedangkan metode RSM hanya mampu mencapai nilai  $R^2$  sebesar 0,824. Oleh karenanya, pemodelan dan optimasi dengan metode ANN-GA lebih akurat dan lebih cocok untuk diaplikasikan. Pemodelan dengan ANN lebih akurat, karena ANN mampu memodelkan dari hubungan non-linear dari proses yang kompleks, dimana metode RSM hanya mampu untuk memodelkan secara polinomial order kedua (Desai et al., 2008). Perbedaan model ini akan mempengaruhi nilai optimasi yang didapat nantinya. Optimasi dengan GA dinilai lebih akurat dan tepat karena mampu menemukan titik optimum secara global.

### Kesimpulan

Pada pemodelan dan optimasi dengan ANN-GA, kondisi optimum yang dicapai adalah pada konsentrasi pati 7,13 % (w/v), konsentrasi enzim 1,47 % (w/v), suhu 41 °C, dan waktu hidrolisa 166 menit dengan yield glukosa yang dihasilkan sebesar 6,08 mg/ml. Hasil ini berbeda dengan data sekunder yang menggunakan metode RSM (Baskar et al., 2008). Metode ANN-GA mampu memodelkan dan mengoptimasi dengan koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,9755, sedangkan, metode RSM hanya mampu mencapai  $R^2$  sebesar 0,824. Hal ini dikarenakan metode ANN-GA mampu memodelkan pemodelan dari persamaan nonlinear kompleks dan mengoptimasi model tersebut secara global. Pemodelan dan optimasi dengan metode ANN-GA dapat dikembangkan dan



digunakan untuk memodelkan dari proses-proses kompleks lainnya, serta mendapatkan kondisi operasi yang optimal.



**Gambar 9.** Perbandingan yield glukosa yang dihasilkan dengan metode ANN-GA ( $R^2 \geq 0,96$ ) dan metode RSM

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anijdan, S. H. M., Bahrami, A., Hosseini, H. R. M. dan Shafyei, A., (2005), "Using Genetic Algorithm and Artificial neural Network Analyses to Design an Al-Si Casting Alloy of Minimum Porosity", *Material and Design Journal*, p. 1-5.
- Al-Mutairi, Nayef, Kartam, N., Koushki, P., dan Al-Mutairi, Mubarek., (2004), "Modelling dan Predicting Biological Performance of Contact Stabilization Process Using Artificial Neural Networks", *ASCE Journal of Computing in Civil Engineering*, p. 341-349.
- Baskar, G., Muthukumaran, C., Renganathan, S., (2008), "Optimization of Enzymatic Hydrolysis of *Manihot Esculenta* Root Starch by Immobilize  $\alpha$ -Amylase Using Response Surface Methodology", *International Journal of Natural Sciences and Engineering*, 1:3, p. 156-160.
- Chamsart, S., Sawangwon, C., Tungkao, S., dan Waiprib, Y., (2006), "Enzymatic Hydrolysis of Cassava Starch in a Stirred Tank Lysis Reactor", *Proceeding of the 15<sup>th</sup> Thailand Chemical Engineering and Applied Chemistry*, Chonburi, 28-29 Oktober 2005.
- Cheng, Jin dan Li, Q.S., (2008), "Realibility Analysis of Structure Using Artificial Neural Network Based Genetic Algorithms", *Computing Methods Applied Mechanical Engineering*. 197, p.3742-3750.
- Desai, Kiran M., Survase, Shrikant A., Saudagar, Parag S., Lele, S.S., dan Singhal, Rekha S. (2008), "Comparison of Artificial Neural Network (ANN) and Response Surface Methodology (RSM) in Fermentation Media Optimizatition : Case Study of Fermentative Production of Scleroglucan", *Biochemical Engineering Journal*. 41, p. 266-273.
- Edgar, Thomas F., Himmeblau, D.M. dan Landon, L.S, (2001), "*Optimization of Chemical Processes*", 2<sup>nd</sup> Edition, Mc. Graw-Hill, New York.
- Fujii, M. dan Kawamura, Y., (1985), "Synergistic Action of  $\alpha$ -Amylase and Glucoamylase on Hydrolysis of Starch", *Biotechnology and Bioengineering*, vol 27(3), p. 260-265.
- Hanai, T., Honda, H., Ohkusu, E., Ohki, T., Tohyama, H., Muramatsu, T. dan Kobayashi, T., (1999), "Application of An Artificial Neural Network and Genetic Algorithm for Determination of Process Orbits in Koji Making Process", *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 87(4), p. 507-512.
- Istadi, (2006), "Catalytic Conversion of Methane and Carbon Dioxide in Conventional Fixed Bed and Dielectric Barrier Discharge Plasma Reactors", *PhD Thesis*, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia.
- Jamilatun, S., Sumiyati, Y. dan Handayani, R. N., (2004), "Pengambilan Glukosa dari Tepung Biji Nangka dengan cara Hidrolisis Enzimatik Kecambah Jagung", *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa kimia dan Proses*, p. 1-5.
- Kombong, Hermin, (2004), "Evaluasi Daya Hidrolitik Enzim Glukoamilase dari Kultur *Aspergillus Niger*", *Jurnal Ilmu Dasar*. 5(1), p. 16-20.
- Montana, J. David dan Davis, M., (2006), "Training Feedforward Neural Networks Using Genetic Algorithms", *BBN System and Technologies Corp.*, Cambridge.
- Morales, S., Álvarez, H., Sánchez, C., (2008), "Dynamic Model For The Production Of Glucose Syrup From Cassava Starch", *Food and Bioproducts Processing*, 86, p. 25-30.
- Nandi, S., Mukherjee, P., Tambe, S.S., Kumar, R. dan Kulkarni, B.D., (2002), "Reaction Modeling and Optimization Using Neural Networks and Genetic Algorithms: Case Study Involving TS-1-Catalyzed Hydroxylation of Benzene", *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 41(9), p.2159-2169.
- Omemu, A. M., Akpan, I., Bankole, M. O., dan Teniola, O. D., (2005), "Hydrolysis of Raw Tuber Starches by Amylase of *Aspergillus Niger* AM07 Isolated From The Soil", *Journal of Biotechnology*. 4(1), p. 19-25.
- Purba, Elida, (2009), "Hidrolisis Pati Ubi Kayu (*Manihot Esculenta*) dan Pati Ubi Jalar (*Ipomonea batatas*) menjadi Glukosa secara Cold Process dengan Acid Fungal Amilase dan Glukoamilase", Universitas Lampung, Lampung.

18. Putri, Lily S. E. dan Sukandar, D., (2008), "Konversi Pati Gayong (*Canna edulis Ker.*) menjadi Bioetanol melalui Hidrolisis Asam dan Fermentasi", *Biodiversitas*. 9(2), p. 112-116.
19. Rashid, R., Jamaluddin, H., Amin, Nor. A.S., (2006), "Empirical and Feed Forward Neural Networks Models of Tapioca Starch Hydrolysis", *Applied Artificial Intelligence*, 20, p.79-97.
20. Soeroso, L., Andayaningsih, P., Haska, N., Safitri, R. Dan Marwoto, B., (2008), "Hidrolisis Serbuk Empulur Sagu (*Metroxylon Sagu*, Rottb.) dengan HCl untuk Meningkatkan Efektivitas Hidrolisis Kimiawi", *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008*, p. 103-111.
21. Sukandar, U., Syamsuriputra, A. A., Lindawati dan Trusmiyadi, Y., (2009), "Kinerja Amilase *Aspergillus Niger* ITBCC L74 dalam Sakarifikasi Pati Ubi Kayu menjadi Bioethanol", *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia-SNTKI*, p. 1-8.
22. Virlandia, Feby, (2008), "Pembuatan Sirup Glukosa dari Pati Ubi Jalar (*Impomonea batatas*) dengan metode Enzimatis".
23. Widiastoety, d. dan Purbadi, (2003), "Pengaruh Bubur Ubi Kayu dan Ubi Jalar terhadap Pertumbuhan Plantlet Anggrek *Dendrobium*", *Jurnal Hortikultural* 13(1), p. 1-6.
24. Wojciechowski, A.L., Nistsche, S., Pandey, A. dan Socco, C. R., (2002), "Acid and Enzymatic Hydrolysis to Recover Reducing Sugars from Cassava Bagasse : an Economic Study", *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 45(3), p.393-400.
25. Yang, Won Y., Cao, W., Chung, T. dan Morris, J., (2005), "*Applied Numerical Methods Using MATLAB*", John Wiley and Sons Inc., United State of America.
26. Yetti, M., Nazamid, B.S., Roselina, K. Dan Abdulkarin, S. M., (2007), "Improvement of Glucose Production by Raw Starch Degrading Enzyme Utilizing Acid-Treated Sago Starch as Substrate", *ASEAN Food Journal*. 14(2), p. 83-90.
27. Yoonan, Kanlaya dan Kongkiattikajorn, J., (2004), "A Study of Optimal Conditions for Reducing Sugars Producton from Cassava Peels by Diluted Acid and Enzymes", *Kasetsart Journal (Natural Science)*. 38, p. 29-35.



