JURNAL ILMIAH INOVASI

Vol. 25, No. 3, Des 2025
E-ISSN : 2527-6220 | P-ISSN : 1411-5549
DOI : 10.25047/jii.v25i3.6183

Aplikasi Model Gompertz pada Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae (Bakery Yeast)*

Application of Gompertz Model on the Growth of Saccharomyces cerevisiae (Bakery Yeast)

Yuana Susmiati [1*], Darmawan Ari Nugroho [2]

[1] Renewable Energy Engineering, Department of Engineering, Politeknik Negeri Jember
[2] Agro-Industrial Technology, Faculty of Agricultural Technology, Universitas Gadjah Mada
** yuana_susmiati@polije.ac.id*

ABSTRAK

Glukosa merupakan nutrisi yang sangat penting bagi pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*. Kecukupan glukosa menjadi faktor yang sangat penting didalam menjamin pertumbuhan, dan model persamaan matematis antara kecukupan gula dengan pertumbuhan mikroorganisme perlu dilihat untuk menentukan pola pertumbuhaan. Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*, dapat digambarkan pada suatu kurva yang didalamnya terdapat fase pertumbuhan yaitu lag, eksponensial, stasionary dan kematian. Untuk menganalisa laju pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dapat dilakukan dengan aplikasi model matematika salah satunya adalah model Gompertz. Pada penelitian ini dilakukan proses inokulasi *Saccharomyces cerevisiae* pada media PDB (*Potatoes Dextrose Broth*) dengan konsentrasi larutan gula 0,5% dan 2%, kemudian diinokulasikan dengan metode *spread plate* pada medium PDA (*Potatoes Dextrose Agar*), dan dihitung jumlah koloni yang terbentuk. Hasil penghitungan jumlah koloni selanjutnya dilakukan analisa pertumbuhannya dengan model Gompertz.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model Gompertz dapat menggambarkan laju pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* pada media dengan konsentrasi gula 0,5% dan 2%, dan didapatkan nilai laju pertumbuhan maksimum 0,568236 dan 0,434101 serta nilai R^2 sebesar 0,9888 dan 0,9875. Nilai R^2 tersebut menunjukkan bahwa kesesuaian model tersebut sangat kuat.

Kata kunci — *Saccharomyces cerevisiae*, Gompertz, laju pertumbuhan

ABSTRACT

Glucose is a very important nutrient for the growth of Saccharomyces cerevisiae. Adequate glucose is a very important factor in ensuring growth, and a mathematical equation model between sugar adequacy and microorganism growth needs to be seen to determine the growth pattern. The growth of Saccharomyces cerevisiae can be described in a curve that contains growth phases, namely lag, exponential, stationary and death. To analyze the growth rate of Saccharomyces cerevisiae, one of which is the Gompertz model can be applied. In this study, the inoculation process of Saccharomyces cerevisiae was carried out on PDB (Potatoes Dextrose Broth) media with a sugar solution concentration of 0.5% and 2%, then inoculated using the spread plate method on PDA (Potatoes Dextrose Agar) medium, and the number of colonies formed was calculated. The results of the calculation of the number of colonies were then analyzed for growth using the Gompertz model. The results showed that the Gompertz model can describe the growth rate of Saccharomyces cerevisiae in media with sugar concentrations of 0.5% and 2%, and the maximum growth rate values were 0.568236 and 0.434101 and R2 values were 0.9888 and 0.9875. The R2 value indicates that the suitability of the model is very strong.

Keywords — *Saccharomyces cerevisiae, Gompertz, growth rate*

OPEN ACCESS

© 2023. Yuana Susmiati, Darmawan Ari Nugroho

Creative Commons
Attribution 4.0 International License

1. Pendahuluan

Saccharomyces cerevisiae merupakan salah satu jenis ragi yang berperan pada berbagai proses produksi makanan, minuman ataupun bioetanol. Pada pembuatan anggur, beer, roti dan etanol misalnya, keberhasilan proses sangat tergantung pada keberhasilan fermentasi. Salah satu contohnya adah proses produksi etanol dari molasses melalui fermentasi ragi roti yang dilakukan oleh Mirzayanti, et.al [1]. Fermentasi akan memberikan hasil yang maksimal jika mikroba yang digunakannya mempunyai perkembangbiakkan yang cukup baik. Dalam perkembangbiakannya, yeast *Saccharomyces cerevisiae* mengalami beberapa fase pertumbuhan.

Fase pertumbuhan sel dapat dibagi menjadi beberapa tahap yaitu : (i) fase lag pertumbuhan sama dengan nol, (ii) fase percepatan pertumbuhan (pertumbuhan cepat mengikuti kurve eksponensial), (iii) fase stagnan (kecepatan pertumbuhan tetap) dan (iv)fase kematian (pertumbuhan semakin lambat dan sel sebagian mati). Pada fase lag jumlah sel tetap, tetapi sel dapat bertambah besar pada periode ini [2].

Analisis pertumbuhan seringkali dikaitkan dengan kurva pertambahan bobot atau jumlah koloni suatu mikroba pada waktu tertentu. Dalam teori dasar pertumbuhan dibedakan dalam dua fase yang berbeda yaitu fase dengan laju pertumbuhan (slope) bersifat positif dan pada kondisi slope bersifat negatif. Titik peralihan dari dua sifat yang berbeda ini akan didapatkan pada titik belok suatu lereng kurva pertumbuhan. Penentuan titik peralihan tersebut memerlukan model yang tepat, karena model konvensional yang hanya menggunakan perhitungan dengan regresi linier tidak mampu menjelaskan fenomena yang ada [3]. Tujuan utama dalam pembuatan model kurva pertumbuhan adalah secara deskripsi dan prediksi. Tujuan deskripsi merupakan upaya untuk bisa mempermudah interprestasi dari proses pertumbuhan itu sendiri, sedangkan tujuan prediksi lebih ditekankan pada bagaimana metode untuk memprediksi beberapa parameter yang berhubungan dengan pertumbuhan suatu makhluk. Pada titik infleksi, kecepatan pertumbuhan melaju seimbang dengan besarnya penghambatan pertumbuhan [2].

Pengaruh peubah prediktor pada peubah respon biasanya dianalisis dengan regresi linear. Akan tetapi tidak semua data membentuk pola linear, seperti data pertumbuhan. Sebaran data pertumbuhan cenderung membentuk kurva sigmoid (sigmoid growth models). Data pertumbuhan cenderung berkorelasi satu sama lain, maka penggunaan analisis regresi linear kurang tepat. Oleh karena itu regresi model pertumbuhan diperlukan untuk dapat memodelkan sebaran data pertumbuhan dengan baik [4].

Yeast seperti organisme yang lainnya memerlukan medium dan lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangbiakkannya. Unsur-unsur yang diperlukan dalam pertumbuhan yeast diantaranya adalah karbon, hidrogen, oksigen, potasium, zat besi dan magnesium. Unsur karbon terutama diperoleh dari gula, sebagai sumber unsur nitrogen dapat digunakan amonia, garam amonium, peptida, nitrat, urea dan senyawa-senyawa ini tergantung pada jenis yeast [5].

Model kurva pertumbuhan mikroba dapat digunakan untuk menentukan pada saat kapan mikroba berkembang sangat pesat ataupun sebaliknya. Dengan diketahuinya hal tersebut diharapkan dapat ditentukan bagaimana kondisi media yang tepat untuk digunakan selama fermentasi. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* (ragi roti) dan ditentukan laju pertumbuhannya pada perlakuan konsentrasi gula yang berbeda, menggunakan model Gompertz.

2. Metodologi

Bahan dan Alat Penelitian

Pada penelitian ini digunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang ada pada ragi roti (fermipan). Bahan-bahan lain yang digunakan meliputi, gula pasir, kentang, agar, aquades, asam asetat, spiritus, alkohol.

Alat penelitian terdiri dari alat alat gelas seperti erlenmeyer, tabung reaksi, beker glass, cawan petri, dan alat lainnya seperti otoklaf, shaker, timbangan analitis, pisau, nampan plastik, lemari pendingin, pemanas bunsen, jarum ose, mikropipet, mikrotube, spatula, rak tabung reaksi, hot plate, kompor, panci, Vortek.

Metode Percobaan

Penelitian diawali dengan membuat media PDB (Potato Dextrose Broth) dan PDA (Potato Dextrose Agar). Bahan yang digunakan untuk membuat PDB dan PDA adalah kentang yang diambil ekstraknya dan ditambahkan larutan gula. Untuk PDA ditambah dengan agar. PDB digunakan untuk menumbuhkan inokulum dan proses fermentasi, sedangkan PDA digunakan sebagai media pertumbuhan koloni dalam metode perhitungan TPC.

Tahap selanjutnya adalah membuat inokulum *Saccharomyces cerevisiae* dari ragi roti yang digunakan sebagai starter yaitu dengan menumbuhkan mikroba yang ada pada fermipan pada PDB, kemudian ditambah dengan asam asetat untuk mengatur pHnya dan disterilisasi. Setelah itu ditambahkan fermipan pada larutan tersebut kemudian dishaker selama 24 jam dan ditumbuhkan mikrobanya. Setelah inokulum dibuat kemudian ditumbuhkan pada PDB sebagai perlakuan pengamatan.

Tahapan pengamatan pertumbuhan, yaitu menumbuhkan inokulum saccharomyces yang sudah di siapkan pada PDB. Proses pertumbuhan mikroba dilakukan pada media dengan dua konsentrasi gula yang berbeda yaitu 0,5% dan 2%. Proses fermentasi dilakukan dengan cara menginokulasikan sebanyak 10% dari PDB yang digunakan sebagai media pertumbuhan, kemudian difermentasi pada suhu ruang dan dishaker. Sampel diambil tiap 2 jam mulai dari jam ke-0 sampai dengan jam ke-12 untuk diamati berapa pertambahan jumlah mikrobanya.

Pertumbuhan mikroba diamati dengan metode TPC (Total Plate Count). Pengamatan dilakukan setiap 2 jam sekali dimulai dari jam ke 0, hingga jam ke 12. Prinsip perhitungan dengan TPC adalah menumbuhkan sel mikroorganisme yang masih hidup pada media agar, sehingga mikroorganisme tersebut akan berkembang biak dan membentuk koloni yang dapat dilihat langsung dan dihitung dengan mata, tanpa mikroskop. Langkah awal pada metode ini adalah melakukan pengenceran sampel, yaitu sampel diambil sebanyak 1 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi aquades steril 9 ml (10-1). Kemudian diambil sampel sebanyak 1 ml dan ditambahkan ke tabung reaksi yang berisi 9 ml aquades dan divortek (pengenceran 10-2). Pengenceran 10-3 diambil dari pengenceran 10-2 sebanyak 1 ml lalu ditambahkan ke 9 ml aquades dan divortek, begitu seterusnya untuk pengenceran berikutnya. Pada masing-masing pengenceran diambil sebanyak 100 µl untuk di inokulasikan ke petridish berisi medium PDA dan diinkubasi selama 24 jam kemudian diamati/dihitung jumlah koloni yang terbentuk.

Perhitungan nilai total mikroba/bakteri menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) dimana jumlah mikroba/bakteri dinyatakan sebagai *Colony Farming Unit* (CFU) [6]

$$TPC = Jumlah\ koloni\ per\ cawan \times \frac{1}{faktor\ pengenceran}$$

Model Matematika

Model Gompertz terkenal dan umum digunakan diberbagai permasalahan biologi. Model Gompertz seringkali digunakan untuk menggambarkan pertumbuhan hewan dan tumbuhan, juga jumlah sel kanker ataupun bakteri. Bentuk umum persamaan Gompertz [7] adalah

$$y = a.\exp(-\exp(b - ct)) \qquad (1)$$

Dimana :

a = asimtut atas
c = laju pertumbuhan
b, c = konstanta negatif
e = bilangan Euler (e = 2,71828)

Kurva Gompertz atau fungsi Gompertz adalah fungsi sigmoid (berbentuk S). Persamaan ini merupakan model matematika untuk pengamatan time series, yaitu pertumbuhan paling lambat pada saat awal dan akhir periode waktu pengamatan. Dengan menyesuaikan beberapa parameter persamaan Monod untuk laju pertumbuhan mikroorganisme ke dalam persamaan Gompertz, dan dengan mengikuti fenomena pertumbuhan mikroba, maka persamaan Gompertz bisa disusun ulang menjadi persamaan baru dengan langkah-langkah berikut [8].

Pada titik belok (yang menyatakan lag phase), turunan kedua y sama dengan nol pada saat t sama dengan ti (inflektion point, titik belok ti)

$$\frac{dy}{dt} = ac.\exp[-\exp(b-ct)].\exp(b-ct) \quad \text{..... (2)}$$

$$\frac{d2y}{dt2} = ac2.\exp[-\exp(b-ct)].\exp(b-ct)[-\exp(b-ct)-1 \quad \text{..... (3)}$$

$$\frac{d2y}{dt2} = 0 \rightarrow \text{ti} = \text{b/c} \quad \text{..... (4)}$$

Laju pertumbuhan maksimum spesifik (μm) dapat ditentukan dengan menentukan turunan pertama pada titik belok t = ti

$$\mu_m = [dy/dt]_{ti} = ac/e \quad \text{.....(5)}$$

sesuai dengan persamaan (5), parameter c dari persamaan Gompertz dapat disubstitusikan dengan (μme/a).

Persamaan garis melalui titik belok ti bisa dinyatakan dengan

$$y=\mu m.t+a/e-\mu m.ti \quad \text{.....(6)}$$

Waktu lag fase dapat didefinisikan dengan titik potong garis di atas dengan sumbu x atau (y = 0)

$$0 = \mu m.\lambda + a/e - \mu m.ti \quad \text{..... (7)}$$

Maka $\lambda = (b-1)/c$ ..... (8)

Penentuan nilai a, b dan c dilakukan menggunakan penghitungan solver yang telah terinstall dalam aplikasi MS Excel.

Validasi Model

Validasi model ditentukan dengan cara menentukan nilai Koefisien Determinan (R^2) dari regresi linear yang membandingkan data observasi dan data prediksi. Jika nilai R^2 semakin mendekati 1 maka model yang dibuat semakin valid untuk menggambarkan kondisi yang sebenarnya, demikian juga sebaliknya.

3. Pembahasan

Proses fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* dilakukan dengan menginokulasikan starter yang telah dibuat sebanyak 10% dari volume media pada suhu ruang dan pH 4,5 dengan media PDB dimana gula yang ditambahkan berbeda yaitu 0,5% (perlakuan A) dan 2% (perlakuan B). Perbedaan perlakuan tersebut dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh konsentrasi gula dalam hal ini sebagai penyedia karbon terhadap laju pertumbuhan yeast. Pengaturan pH dilakukan untuk supaya yeast dapat tumbuh dengan optimal. Hal tersebut sesuai dengan Azizah [9] yang menyatakan bahwa kisaran pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* pada pH 3,5 – 6,5. *Saccharomyces cerevisiae* dapat melakukan fermentasi secara optimal pada pH 4,5 [10]. Pengamatan laju pertumbuhan dilakukan setiap 2 jam sekali dan hasilnya seperti yang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengamatan jumlah koloni Saccharomyces dengan TPC

t (jam)	A (cfu/ml)	B (cfu/ml)
0	2,50E+06	2,43E+06
2	2,80E+06	3,00E+06
4	2,90E+06	9,60E+06
6	1,23E+07	1,67E+07
8	2,46E+07	2,93E+07
10	5,25E+07	2,25E+07
12	4,50E+07	6,55E+07

Pertumbuhan yeast *Saccharomyces cerevisiae* diamati dengan metode TPC yaitu menumbuhkan mikroorganisme yang masih hidup pada media agar, sehingga miroorganisme tersebut akan berkembang biak dan membentuk koloni yang dapat dihitung dengan mata secara langsung. Satuan hasil perhitungan mikroorganisme dinyatakan dalam cfu/ml yaitu *colony forming units* per mililiter. CFU ini menunjukkan jumlah koloni yang tumbuh tiap gram atau mililiter sampel yang dihitung dari jumlah cawan, faktor pengenceran, dan volume yang digunakan [6]. Menurut Jamilatun, [10] kelebihan metode ini adalah sel mikroba yang hidup dapat dihitung, beberapa jenis mikroorganisme dapat dihitung sekaligus, serta dapat digunakan untuk isolasi dan identifikasi mikroba, karena koloni yang terbentuk mungkin berasal dari suatu mikroba yang mempunyai kenampakan pertumbuhan tertentu.

Hasil pengamatan pada jam kesepuluh untuk perlakuan B seperti tercantum pada Tabel 1 cenderung menurun, berbeda trend dengan data yang lain. Hal ini terjadi karena adanya

kegagalan pada TPC, yaitu proses penumbuhan bakteri pada cawan petri mengalami kontaminasi, sehingga koloni tidak bisa dihitung dengan baik. Hal tersebut berpengaruh pada keakuratan data dalam pembuatan model. Oleh karena itu data kesepuluh tidak disertakan dalam perhitungan pembuatan model.

Data pada Tabel 1 digunakan sebagai dasar pembuatan model pertumbuhan dengan model Gompertz sesuai dengan persamaan 1, dimana nilai y sama dengan nilai Ln N/N0. Model tersebut kemudian menghasilkan data prediksi. Persamaan Gompertz didapatkan sebagai berikut :

Perlakuan A :

$$y = 2{,}993 * e^{(-e^{(2{,}763-0{,}516t)})} \quad \text{.....} \quad (9)$$

Perlakuan B :

$$y = 3{,}470 * e^{(-e^{(1{,}462-0{,}340t)})} \quad \text{.....} \quad (10)$$

Tabel 2 menunjukkan nilai Ln N/N0 dari data observasi dan hasil data prediksi yang diperoleh dari persamaan pada model Gompertz yang dibuat (persamaan 9 dan persamaan 10). Dimana Ln N/N0 adalah perubahan banyaknya koloni yeast yang dihitung atau dapat dikatakan sebagai nilai dari proses pertumbuhan yeast.

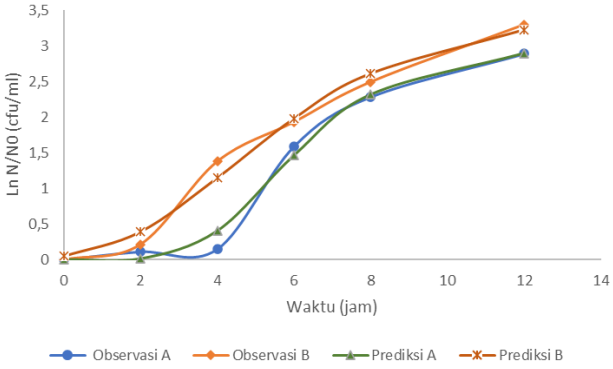
Tabel 2. Data observasi dan data prediksi dengan model Gompertz

t	Ln N/No A	Prediksi A	Ln N/N0(B)	Prediksi B
0	0,00E+00	3,92E-07	0	0,046468
2	0,113329	0,010561	0,212781	0,390295
4	0,14842	0,400281	1,375932	1,147154
6	1,589235	1,461639	1,929577	1,980759
8	2,284421	2,318729	2,491756	2,612192
12	2,890372	2,897999	3,296219	3,226485

Model Gompertz juga digunakan untuk mengetahui pertumbuhan bakteri metanogenik yang dapat menghasilkan metana di dalam biodigester biogas seperti yang dilakukan oleh Werene et.al [12].

Berdasarkan model Gomperzt (persamaan 9 dan 10) yang telah dibuat maka dapat diperkirakan dimanakah titik lag fasenya (persamaan 8), titik belok (persamaan 4) pertumbuhan mikroorganisme dan berapa laju pertumbuhan maksimum (persamaan 5) dari *Saccharomyces cerevisiae*. Titik belok adalah titik dimana yeast akan bertumbuh sangat cepat, kemudian tumbuh pelan pada fase logaritmiknya (fase pertumbuhan). Sesuai dengan pernyataan Salman [3] bahwa pertumbuhan tiap-tiap individu secara umum diperlihatkan sebagai bentuk sigmoid atau "S". Kurva "S" ini menggambarkan suatu bentuk percepatan dan perlambatan yang dibatasi oleh titik belok atau titik infleksi. Pada titik infleksi,kecepatan pertumbuhan melaju seimbang dengan besarnya penghambatan pertumbuhan. Beberapa kejadian spesifik dapat ditemui pada titik infleksi tersebut, antara lain kecepatan pertumbuhan yang maksimal, saat terjadinya pubertas dan mortalitas yang rendah.

Gambar 1. Data observasi dan prediksi



Data observasi mempunyai trend yang sama antara perlakuan A dan perlakuan B yaitu pada awal fermentasi belum ada pertumbuhan mikroba, atau mikroba masih bersiap untuk tumbuh, fase ini dikatakan sebagai fase lag. Berdasarkan Gambar 1 ditunjukkan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* lebih cepat berkembangbiak pada media dengan konsentrasi gula 2% dibandingkan dengan media yang konsentrasi gulanya lebih rendah (0,5%). Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Pramashinta [13] tentang kinetika fermentasi limbah kulit nanas dan produkstivitas etanol pada konsentrasi gula awal yang berbeda yaitu 30 g/l, 50 g/l dan 70 g/l, memberikan hasil bahwa konsentrasi gula total yang paling optimum untuk fermentasi batch limbah kulit nanas adalah 70 g/l. Ketiga kurva pertumbuhan sel dengan konsentrasi gula total awal berbeda memiliki profil yang hampir sama

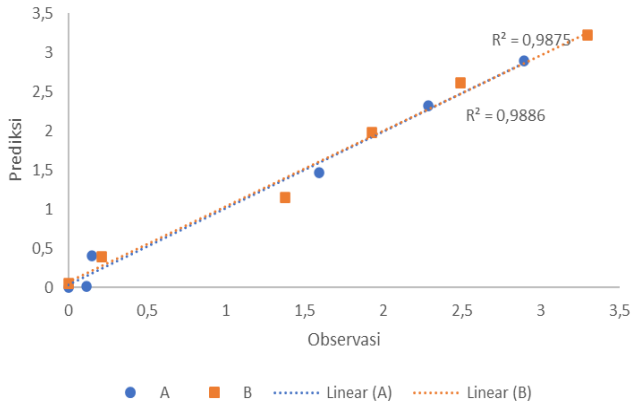
yaitu fase lag, fase eksponensial, dan fase stasioner. Pola pertumbuhan *yeast* menunjukkan bahwa fase logaritmik atau lag terjadi pada jam ke 0-7, fase eksponensial yang laju pertumbuhan tertinggi pada jam ke 7-9 dan fase stasioner terjai pada jam ke 9-12 [14].

Tabel 3. Hasil analisa laju pertumbuhan dengan model Gompertz

	Perlakuan A	Perlakuan B
Laju pertumbuhan maksimum (µm)	0,568236	0,434101
Titik infleksi (ti)	5,35496	4,299061
Waktu Lag fase λ	3,41694	1,357929
R^2	0,9886	0,9875

Pada Tabel 3 ditunjukkan bahwa waktu fase lag pada perlakuan A (3,42 jam), lebih lama dibandingkan dengan perlakuan B (1,36 jam). Demikian juga titik infleksi pada pada perlakuan A terjadi pada jam ke-5,35, lebih lama dibandingkan dengan perlakuan B yang terjadi pada jam ke-4,29. Artinya dengan konsentrasi gula yang lebih rendah dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk yeast beradaptasi dengan medianya, kemudian mengalami pertumbuhan yang cukup cepat akan tetapi juga cepat stasioner. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, bahwa pertambahan jumlah koloni pada perlakuan A lebih rendah dibandingkan pada perlakuan B. Dengan konsentrasi gula yang rendah pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* mempunyai laju pertumbuhan maksimum yang lebih tinggi tetapi mempunyai fase logaritmik yang lebih pendek, sehingga total pertumbuhannya lebih rendah jika dibandingkan dengan media dengan konsentrasi gula tinggi. Anwar [15] menyatakan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kemampuan merubah komponen gula menjadi alkohol. Apabila proses pembuatan bioetanol terdapat gula reduksi yang cukup maka akan memaksimalkan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*.

Dari hasil penelitian waktu percobaan 12 jam belum menunjukkan fase stasioner pertumbuhan yeast, meskipun fase logaritmiknya sudah terlihat. Waktu 12 jam sesuai dengan penelitian Anwar [15] yang menjelaskan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* dapat menghasilkan alkohol yang cukup tinggi pada jam ke 12 sebesar 5,10%. Berbeda dengan Febriyanti [16] yang menyatakan berdasarkan pengamatan kurva pertumbuhan, yeast komersial (S. cerevisiae) yang ditumbuhkan menggunakan media standar Potato Dextrose Broth (PDB) memiliki pertumbuhan sel terbesar pada jam ke 24 yaitu sebesar 15,1 x 107 (sel/ml).



Gambar 2. Regresi linear antara data observasi dan data prediksi

Untuk mengetahui apakah model Gompertz yang dibuat dapat mewakili kondisi yang sebenarnya maka dilakukan uji regresi linear (Gambar 2) sehingga didapatkan nilai koefisien determinasi R^2, pada perlakuan A sebesar 0,9886 dan perlakuan B sebesar 0,9875. Hal tersebut berarti bahwa model Gompertz yang digunakan tersebut bisa menggambarkan proses pertumbuhan dari *Saccharomyces cerevisiae* yang dilakukan. Model Gompertz juga digunakan untuk menggambarkan pembentukan metana pada proses pembuatan biogas dari vinase dengan tahapan yang berbeda oleh Fu [17] dan menghasilkan nilai R^2 0,987 dan 0,993.

4. Kesimpulan

Model Gompertz dapat digunakan untuk menggambarkan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dengan nilai koefisien determinan R^2 sebesar 0,9886 dan 0,9875. Berdasarkan model Gompertz dapat ditentukan nilai laju pertumbuhan maksimum pada media dengan konsentrasi gula 0,5% sebesar 0,568236 dan media dengan larutan gula 2% sebesar 0,434101.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Staf Laboratorium Bioindustri Teknologi Pertanian UGM dan ibu Dr. Rudiati Evi Masitoh atas tugas yang diberikan serta arahannya.

6. Daftar Pustaka

[1] Y. W. Mirzayanti, . S., and R. Kurniayati, "Produksi Etanol Berbahan Baku Molasses Melalui Proses Fermentasi Menggunakan Ragi Roti," *J. Ind. Process Chem. Eng.*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.31284/j.joiche.2021.v1i1.2110.

[2] Mahreni and S. Suhenry, " Kinetika Pertumbuhan sel Sacharomyces cerevisiae Dalam Media Tepung Kulit Pisang," Seminar Rekayasa Kimia dan Proses, ISSN: 1411-4216, pp. 1–6, 2011.

[3] L. I. A. B. Salman, "Model Pertumbuhan Sapi Fries Holland dari Lahir sampai siap Kawin," Disertasi Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor, 2014.

[4] P. Kusumastuti, N. W.S. Wardhani, and L.A.Soehono, "Perbandingan Laju Pertumbuhan Model Morgan Mercer Flodin dan Gompertz,"J. Matematika, F. Mipa, and U. Brawijaya, no. 1988, pp. 245–248, 2005.

[5] S. K. Wahono, E. Damayanti, V. T. Rosyida, and E. I. Sadyastuti, "Laju Pertumbuhan Saccharomyces cerevisiae pada Proses Fermentasi Pembentukan Bioetanol dari Biji Sorgum (Sorghum bicolor L.)," *ResearchGate*, no. July, pp. 1–6, 2011.

[6] N. H. Laili, I. W. Abida, and A. S. Junaedi, "Nilai Total Plate Count (TPC) Dan Jumlah Jenis Bakteri Air Limbah Cucian Garam (Bittern) Dari Tambak Garam Desa Banyuajuh Kecamatan Kamal Kabupaten Bangkalan," *Juv. Ilm. Kelaut. dan Perikan.*, vol. 3, no. 1, pp. 26–31, 2022, doi: 10.21107/juvenil.v3i1.15075.

[7] K. M. C. Tjørve and E. Tjørve, "The use of Gompertz models in growth analyses, and new Gompertz-model approach: An addition to the Unified-Richards family," *PLoS One*, vol. 12, no. 6, pp. 1–17, 2017, doi: 10.1371/journal.pone.0178691.

[8] Sunarso., and S. Sumardiono, "Laporan Penelitian Hibah Kompetensi Tahun Anggaran 2012 : Pengembangan Teknologi Biodigester dari Limbah Tapioka dan Limbah Peternakan Universitas Diponegoro," pp. 0–33, 2012.

[9] N. Azizah, A. Al-bAARI, and S. Mulyani, "Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas," *J. Apl. Teknol. Pangan*, vol. 1, no. 2, pp. 72–77, 2012, [Online]. Available: /citations?view_op=view_citation&continue=/scholar?hl=id&as_sdt=0,5&scilib=1&citilm=1&citation_for_view=uuVIu5AAAAAJ:YsMSGLbcyi4C&hl=id&oi=p.

[10] E. M. Widyanti and B. I. Moehadi, "Proses pembuatan etanol dari gula menggunakan Saccharomyces cerevisiae amobil," *Metana*, vol. 12, no. 2, pp. 31–38, 2016, [Online]. Available: http://ejournal.undip.ac.id/index.php/metana.

[11] M. Jamilatun and P. I. Lukito, "Total plate count and yeast mold count in liquid traditional medicine (Jamu) sold in the sukoharjo region market," *Int. J. Basic Appl. Sci.*, vol. 12, no. 4, pp. 174–182, 2024, doi: 10.35335/ijobas.v12i4.282.

[12] R. D. Werena, D. Wahyuningtyas, L. Halim, and M. Syabriana, "Persamaan Gompertz Termodifikasi Untuk Menentukan Pertumbuhan Bakteri Metanogen Pada Produksi Biogas," *J. Renew. Energy Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 38–43, 2024, doi: 10.56190/jree.v2i1.32.

[13] A. Pramashinta and A. Abdullah, "Kinetika Fermentasi Limbah Kulit Nanas Dan Produktivitas Etanol," *Metana*, vol. 10, no. 01, 2014, doi: 10.14710/metana.v10i01.9772.

[14] D. Puspita, "Isolasi, Identifikasi dan Uji Produksi Yeast yang Diisolasi Dari Nira Kelapa," *Biosf. J. Biol. dan Pendidik. Biol.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–5, 2020, doi: 10.23969/biosfer.v5i1.2395.

[15] M. S. Anwar, A. N. Al-Baarri, and A. M. Legowo, "Volume Gas, pH, dan Kadar Alkohol pada Proses Produksi Bioetanol dari Acid Whey yang Difermentasi oleh Saccharomyces cerevisiae," *J. Apl. Teknol. Pangan*, vol. 1, no. 4, pp. 133–136, 2012.

[16] A. E. Febriyanti, C. N. Sari, and A. Adisyahputra, "EFEKTIVITAS MEDIA PERTUMBUHAN KHAMIR KOMERSIAL (Saccharomyces cerevisiae) UNTUK FERMENTASI BIOETANOL DARI ECENG GONDOK (Eichhornia crassipes)," *Bioma*, vol. 12, no. 2, p. 112, 2017, doi: 10.21009/bioma12(2).6.

[17] S. F. Fu, X. H. Xu, M. Dai, X. Z. Yuan, and R. B. Guo, "Hydrogen and methane production from vinasse using two-stage anaerobic digestion," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 107, no. 189, pp. 81–86, 2017, doi: 10.1016/j.psep.2017.01.024.