

**Toleransi Kultur Komersial terhadap Toksisitas Etanol
dalam Proses Fermentasi
dengan Pendekatan Pemodelan Matematika**

Skripsi



**Gustin Finnegan
31150008**

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2019**

**Toleransi Kultur Komersial terhadap Toksisitas Etanol
dalam Proses Fermentasi
dengan Pendekatan Pemodelan Matematika**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains (S.Si.) pada Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana



**Gustin Finnegan
31150008**

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2019**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gustin Finnegan
NIM : 31150008

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**Toleransi Kultur Komersial terhadap Toksisitas Etanol
dalam Proses Fermentasi
dengan Pendekatan Pemodelan Matematika**

adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 25 Oktober 2019



Gustin Finnegan

**LEMBAR PENGESAHAN NASKAH
SKRIPSI**

Judul : Toleransi Kultur Komersial terhadap Toksisitas
Etanol dalam Proses Fermentasi dengan
Pendekatan Pemodelan Matematika
Nama Mahasiswa : Gustin Finnegan
Nomor Induk Mahasiswa : 31150008
Hari/Tanggal Ujian : Jumat, 25 Oktober 2019

Disetujui oleh :

Pembimbing I



Ir. Suhardi Djojoatmodjo, M.Si.

NIK: 864 E 044

Pembimbing II

Dr. Dhira Satwika, M.Sc.

NIK: 904 E 146

Ketua Program Studi Biologi



Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si.

NIK: 884 E 075

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

**Toleransi Kultur Komersial terhadap Toksisitas Etanol
dalam Proses Fermentasi
dengan Pendekatan Pemodelan Matematika**

Telah diajukan dan dipertahankan oleh:

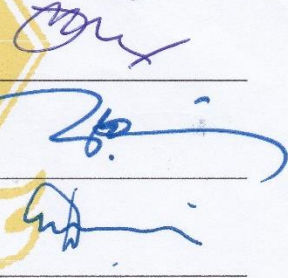
**Gustin Finnegan
3115008**

dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains (S.Si.) pada tanggal 25 Oktober 2019

Nama Dosen

Tanda Tangan

1. Dr. Ir. Retno Indrati, M.Sc.
Dosen Penguji/Ketua Tim Penguji
2. Ir. Suhardi Djojoatmodjo, M.Si.
Dosen Pembimbing I/Penguji
3. Dr. Dhira Satwika, M.Sc.
Dosen Pembimbing II/Penguji

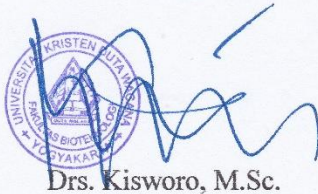
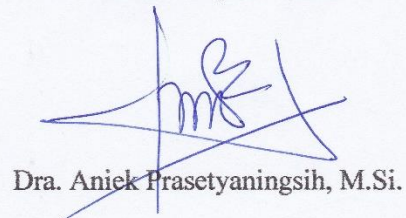


Yogyakarta, 25 Oktober 2019

Disahkan oleh

Dekan

Ketua Program Studi


Drs. Kisworo, M.Sc.
Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si.

KATA PENGANTAR

Puji syukur, hormat dan kemuliaan bagi Tuhan Yang Maha Esa karena atas penyertaan, berkat, rahmat dan kasih setia-Nya yang berlimpah sehingga penulis mampu menyelesaikan naskah skripsi yang berjudul **“Toleransi Kultur Komersial terhadap Toksisitas Etanol dalam Proses Fermentasi dengan Pendekatan Pemodelan Matematika”**. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Dasar dan Mikrobiologi Fakultas Bioteknologi, Program Studi Biologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta yang merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.).

Penulis menyampaikan apresiasi setinggi-tingginya kepada berbagai pihak yang telah memberikan berbagai dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Allah Bapa, Putera dan Roh Kudus atas rahmat dan kasih setia-Nya yang tiada berkesudahan.
2. Ayah, ibu dan abang dan segenap keluarga besar yang telah memberikan dukungan.
3. Ir. Suhardi Djojoatmodjo, M.Si. selaku dosen pembimbing I (satu) dan Dr. Dhira Satwika, M.Sc. selaku dosen pembimbing II (dua) yang memberikan bimbingan, pengarahan dan semangat dengan sepenuh hati sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
4. Dr. Ir. Retno Indrati, M.Sc. selaku dosen penguji yang memberikan waktu, saran, perbaikan kepada penulis sehingga meningkatkan kualitas naskah skripsi.
5. Jessica Ilham sebagai pendamping setia dalam suka maupun duka dari awal hingga akhir proses penelitian.
6. Eka Kurniati yang telah membantu penulis dalam membuat *page numbering* naskah.
7. Dosen dan staf Fakultas Bioteknologi yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan dan melayani dengan kesungguhan hati.
8. Laboran yang telah menyediakan waktu, tempat, bahan dan peralatan untuk penelitian.
9. Teman-teman angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi.

Penulis menyadari bahwa tidak ada penelitian yang sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca sehingga meningkatkan kualitas skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 25 Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GRAFIK.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Hipotesis Peneliti.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Toksisitas Etanol terhadap Sel Khamir dalam Proses Fermentasi.....	4
2.2 Studi Dampak Etanol terhadap Proses Fermentasi Menggunakan Pendekatan Pemodelan Matematika.....	6
BAB III METODOLOGI.....	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
3.2 Data Primer dan Sekunder.....	11
3.3 Alat.....	11
3.4 Bahan.....	12
3.5 Metode Penelitian.....	12
3.5.1 Isolasi dan identifikasi <i>wild yeast</i> Bekonang.....	12
3.5.4 Fermentasi.....	12
3.6 Tahapan Analisis Parameter.....	13
3.6.1 Konsentrasi gula reduksi (%)......	13
3.6.2 Biomassa (cfu/ml).....	13
3.6.3 Konsentrasi etanol (%)......	14
3.6.4 Pemaparan etanol terhadap <i>yeast</i>	14
3.7 Analisa Data Statistik.....	14

3.8 Analisa Data dengan Pendekatan Pemodelan Matematika.....	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Isolasi Kultur Komersial dari Industri Etanol Bekonang.....	17
4.2 Dampak Fisik Etanol terhadap Sel.....	19
4.3 Data Fermentasi Etanol dan Pemodelan Matematika.....	21
BAB V KESIMPULAN.....	30
5.1 Kesimpulan.....	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31
LAMPIRAN.....	33

©UKDW

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.	Identifikasi molekuler dua kultur komersial.....	18
Tabel 2.	Perbandingan konsentrasi etanol <i>S. pombe</i> , <i>Z. parabailii</i> dan <i>S. cerevisiae</i> D-01.....	21
Tabel 3.	Model matematika eksponensial (e) dan invers eksponensial (ln).....	25
Tabel 4.	Komposisi (pembuatan) medium fermentasi.....	33
Tabel 5.	Pembuatan kurva standar gula reduksi.....	34
Tabel 6.	Pembuatan kurva standar etanol.....	35
Tabel 7.	Jumlah koloni <i>S. cerevisiae</i> D-01 pada jam ke-56.....	37
Tabel 8.	Data fermentasi <i>S. cerevisiae</i> D-01 (10%).....	38
Tabel 9.	Data fermentasi <i>S. cerevisiae</i> D-01 (12,5%).....	39
Tabel 10.	Data fermentasi <i>S. cerevisiae</i> D-01 (15%).....	41
Tabel 11.	Data fermentasi <i>S. pombe</i> (12,5%).....	42
Tabel 12.	Data fermentasi <i>Z. parabailii</i> (12,5%).....	43
Tabel 13.	Dampak etanol terhadap jumlah biomassa <i>S. pombe</i>	44
Tabel 14.	Dampak etanol terhadap jumlah biomassa <i>Z. parabailii</i>	44
Tabel 15.	Dampak etanol terhadap jumlah biomassa <i>S. cerevisiae</i> D-01....	45
Tabel 16.	Uji interaksi antagonisme.....	48
Tabel 17.	Dokumentasi tahapan isolasi kultur komersial.....	50
Tabel 18.	Uji statistik regresi linier.....	52
Tabel 19.	Uji Anova.....	52
Tabel 20.	Perbandingan rata-rata antar variabel (<i>multivariate</i>).....	53
Tabel 21.	Penggolongan <i>subset</i> berdasarkan nilai rata-rata biomassa.....	54
Tabel 22.	Penggolongan <i>subset</i> berdasarkan nilai rata-rata etanol.....	54
Tabel 23.	Koefisien keragaman (<i>Mean Square Error</i>).....	55
Tabel 24.	Koefisien korelasi (R) dan determinasi (R ²) <i>S. pombe</i>	55
Tabel 25.	Persamaan regresi <i>S. pombe</i>	56
Tabel 26.	Koefisien korelasi (R) dan determinasi (R ²) <i>Z. parabailii</i>	56
Tabel 27.	Persamaan regresi <i>Z. parabailii</i>	56
Tabel 28.	Koefisien korelasi (R) dan determinasi (R ²) <i>S. cerevisiae</i> D-01.	57
Tabel 29.	Persamaan regresi <i>S. cerevisiae</i> D-01.....	57
Tabel 30.	Lampiran dokumentasi aktivitas di laboratorium.....	58
Tabel 31.	Kromatografi hasil analisa GC.....	60

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 1. Perbandingan konsentrasi etanol <i>S. pombe</i> , <i>Z. parabailii</i> dan <i>S. cerevisiae</i> D-01.....	22
Grafik 2. Dampak etanol terhadap <i>S. pombe</i> dalam proses fermentasi.....	23
Grafik 3. Dampak etanol terhadap <i>Z. parabailii</i> dalam proses fermentasi.....	23
Grafik 4. Dampak etanol terhadap <i>S. cerevisiae</i> D-01 dalam proses fermentasi.....	23
Grafik 5. Pemodelan matematika persamaan eksponensial (e).....	26
Grafik 6. Pemodelan matematika persamaan invers eksponensial (\ln).....	27
Grafik 7. Kurva standar glukosa.....	35
Grafik 8. Kurva standar etanol.....	36
Grafik 9. Data fermentasi <i>S. cerevisiae</i> D-01 (10%).....	39
Grafik 10. Data fermentasi <i>S. cerevisiae</i> D-01 (12,5%).....	40
Grafik 11. Data fermentasi <i>S. cerevisiae</i> D-01 (15%).....	42
Grafik 12. Data fermentasi <i>S. pombe</i> (12,5%).....	43
Grafik 13. Data fermentasi <i>Z. parabailii</i> (12,5%).....	44

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Dampak etanol (9%) terhadap membran sel dan dinding sel.....	5
Gambar 2. Perbandingan data eksperimental dan pemodelan Hinshelwood.....	8
Gambar 3. Pengaruh etanol terhadap kecepatan pertumbuhan <i>S. cerevisiae</i>	9
Gambar 4. Pengaruh etanol terhadap pertambahan jumlah sel <i>S. cerevisiae</i>	9
Gambar 5. Bagan alir pemodelan matematika.....	15
Gambar 6. Hasil isolasi Koloni Kecil (KK) dan Koloni Besar (KB).....	17
Gambar 7. Pengamatan mikroskopis Koloni Kecil (KK) dan Koloni Besar (KB).....	18
Gambar 8. Dampak etanol 10% dan 15% terhadap <i>S. pombe</i>	20

© UKDW

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
I Pembuatan Medium dan Reagen.....	33
II Analisa Gula Reduksi (%), Etanol (%) dan Biomassa (cfu/ml).....	34
III Rekapitulasi Data Fermentasi.....	38
IV Pemodelan Matematika Persamaan Diferensial Biasa (PDB).....	45
V Uji Interaksi Antagonisme.....	48
VI Hasil Isolasi Kultur Komersial.....	49
VII Hasil Analisis Statistik dan Interpretasinya.....	52
VIII Dokumentasi aktivitas di laboratorium.....	58
IX Data Analisis Etanol - <i>Gas Chromatography</i> (GC).....	59
X Formulir Pemantauan Skripsi.....	62
XI Daftar Tatap Muka Mahasiswa dengan Dosen Pembimbing.....	63

©UKDW

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fermentasi etanol merupakan salah satu fenomena biologi yang telah dikenal dan diterapkan penggunaannya oleh manusia sejak ribuan tahun lalu, terutama untuk membuat minuman atau makanan beralkohol (Stanley *et al.*, 2010; Walker & Stewart, 2016). Hingga saat ini etanol berperan penting dalam berbagai sektor kehidupan manusia untuk memenuhi kebutuhan pangan, bioenergi, medis, keperluan analisa laboratorium maupun industri kimia (Stanley *et al.*, 2010). Etanol diproduksi oleh industri modern yang menggunakan teknologi terbaru dan industri tradisional yang telah melakukan produksi etanol secara turun-temurun menggunakan metode fermentasi sederhana. Salah satu industri tradisional tersebut adalah industri etanol yang terletak di Desa Bekonang, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah. Terdapat sekitar 120 industri etanol yang melakukan produksi etanol dengan konsentrasi 20% hingga 30% yang dikenal sebagai ciu dan etanol konsentrasi tinggi (90%) sebagai bahan mentah untuk keperluan industri dan medis.

Etanol diproduksi melalui proses fermentasi, jika proses tersebut berjalan dalam keadaan optimum maka *yield* etanol dapat mencapai nilai maksimal atau sesuai dengan teori (*theoretical yield*), namun produksi etanol akan berhenti pada waktu dan kondisi tertentu (Amenaghawon *et al.*, 2012; Jin *et al.*, 2012). Hal tersebut dapat terjadi karena fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu etanol, substrat, oksigen, suhu, mikroorganisme yang digunakan dan berbagai faktor lainnya (Amenaghawon *et al.*, 2012; Dzialo *et al.*, 2017). Etanol merupakan faktor stress utama bagi sel dalam proses fermentasi yang dapat menyebabkan kerusakan DNA dan deaktivasi enzim-enzim yang esensial sebagai penunjang kehidupan sel (Aguilar-Uscanga *et al.*, 2011; Schiavone *et al.*, 2012; Tavares *et al.*, 2018) sehingga menyebabkan efek inhibisi pembentukan etanol yang dapat menurunkan produktivitas fermentasi etanol (Amenaghawon *et al.*, 2012).

Perkembangan riset dan inovasi menghasilkan perpaduan ilmu biologi dan matematika, salah satunya adalah pemodelan matematika yang dapat diterapkan untuk menjelaskan proses biologis. Pemodelan matematika bermanfaat untuk memprediksi, mengoptimalkan dan validasi data dalam fermentasi (Amenaghawon *et al.*, 2012; Gong *et al.*, 2011). Pemodelan matematika telah diterapkan dalam beberapa penelitian dasar hingga lanjutan. Birol *et al.* (1998) melakukan perbandingan berbagai pemodelan matematika untuk mendeskripsikan proses fermentasi etanol oleh *S. cerevisiae* yang diimobilisasi. Amenaghawon *et al.* (2012) menggunakan pemodelan matematika Hinshelwood untuk menjelaskan inhibisi pembentukan etanol dalam proses fermentasi oleh *S. cerevisiae*. Tavares *et al.* (2018) menggunakan pemodelan matematika untuk menjelaskan proses fermentasi oleh *Kluyveromyces marxianus* dalam bioreaktor yang dilengkapi sistem vakum dan *stirrer*. Berdasarkan berbagai riset dibuktikan bahwa pemodelan matematika dapat digunakan untuk menjelaskan proses biologis, maka penelitian ini menggunakan pemodelan matematika, khususnya Persamaan Diferensial Biasa (PDB) untuk menjelaskan dampak etanol terhadap *yeast* dan korelasinya dengan produktivitas fermentasi.

Faktor abiotik dan biotik lingkungan dapat mempengaruhi perilaku *wild yeast* sehingga memiliki daya tahan terhadap tekanan lingkungan yang kuat (Jouthen *et al.*, 2016) dan diduga juga memiliki ketahanan terhadap etanol yang lebih baik dibandingkan kultur lab. Penelitian ini membandingkan toleransi kultur lab dan komersial terhadap efek toksik etanol, penelitian ini juga menganalisa dampak etanol terhadap sel dan korelasinya dengan inhibisi pembentukan etanol menggunakan pendekatan teoritis, pengamatan mikroskopis dan pendekatan pemodelan matematika menggunakan persamaan diferensial biasa.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah terdapat perbedaan toleransi kultur lab (*S. cerevisiae*) dan kultur komersial (*S. pombe* dan *Z. parabailii*) terhadap toksisitas etanol ?
2. Apakah terdapat korelasi antara kemampuan toleransi toksisitas etanol dan produktivitas fermentasi ?

1.3 Hipotesis Peneliti

1. Terdapat perbedaan toleransi kultur lab (*S. cerevisiae*) dan kultur komersial (*S. pombe* dan *Z. parabailii*) terhadap toksisitas etanol.
2. Terdapat korelasi antara kemampuan toleransi toksisitas etanol dan produktivitas fermentasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Mengetahui perbandingan toleransi kultur lab (*S. cerevisiae*) dan kultur komersial (*S. pombe* dan *Z. parabailii*) terhadap toksisitas etanol dan korelasinya pada produktivitas fermentasi menggunakan pendekatan pemodelan matematika.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa *S. pombe* dan *Z. parabailii* (kultur komersial) menghasilkan konsentrasi etanol yang lebih tinggi dibandingkan dengan *S. cerevisiae* D-01 (kultur lab). *S. pombe* merupakan kultur komersial yang paling toleran terhadap toksisitas etanol dan menghasilkan konsentrasi etanol tertinggi dibandingkan *Z. parabailii* sebagai satu golongan kultur komersial dan *S. cerevisiae* D-01 sebagai kultur lab. Pendekatan matematis mendukung pernyataan bahwa kultur yang paling toleran terhadap toksisitas etanol memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi konsisten (*resulting in*) dengan kemampuannya menghasilkan etanol tertinggi (melalui estimasi pemodelan matematika).

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilar-Uscanga, M. G., Alvarado, Y. G., Rodriguez, J. G., Phister, T., Delia, M. L., Strehaino, P. 2011. Modelling the Growth and Ethanol Production of *Brettanomyces bruxellensis* at Different Glucose Concentrations. *Applied Microbiology*, 53, 141-149. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2011.03081/x>
- Agustini, L. 2019. Biodiversitas Mikroorganisme yang Diisolasi dari Proses Pembuatan Minuman Beralkohol 'Ciu' di Jawa Tengah. *Seminar Nasional Biologi dan Pendidikan Biologi 2019: Inovasi dalam Penelitian dan Pembelajaran Biologi*. Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW)
- Amenaghawon, N. A., Okieimen, C. O., Ogbeide, S. E. 2012. Kinetic Modeling of Ethanol Inhibition during Alcohol Fermentation of Corn Stover Using *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Engineering Research and Application (IJERA)*, 2(4), 798-803.
- Arora, K. K., Filburn, C. R., Pedersen, P. L. 1993. Structure/Function Relationship in Hexokinase. *Journal of Biological Chemistry*, 268(24). 18259-18266.
- Bailey, D. E., Burghes, D. N., Barrie, M. S. 1982. Modelling with Differential Equations. *The Mathematical Gazette* 66(437). ISBN: 0-85312-286-5. 247. doi:10.2307/3616576, 247-248.
- Birol, G., Doruker, P., Kirdar, B., Onsan, Z. I., Ulgen, K. 1998. Mathematical Description of Ethanol Fermentation by Immobilized *Saccharomyces cerevisiae*. *Proceedings – International Conference on Software Engineering*, 33(7), 736-771.
- Chen, Y., Wu, Y., Zhu, B., Zhang, G., Wei, N. 2018. Co-Fermentation of Cellobiose and Xylose by Mixed Culture of Recombinant *Saccharomyces cerevisiae* and Kinetic Modeling. *PLoS ONE*, 13(6), 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199104>
- Dzialo, M. C., Park, R., Steensels, J., Lievens, B., Verstrepen, K. J. 2017. Physiology, Ecology and Industrial Applications of Aroma Formation in Yeast. *FEMS Microbiology Reviews*, 41(1), 95-128. doi:10.1093/femsre/fux 031
- Gong, Z., Liu, C., Feng, E., Wang, L., Yu, Y. 2011. Modelling and Optimization for a Switched System in Microbial Fed-Batch Culture. *Applied Mathematical Modelling*, 35(7), 3276-3284. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2011.01.023>
- Hu, Z., He, B., Ma, L., Sun, Y., Niu, Y., Zeng, B. 2017. Recent Advances in Ergosterol Biosynthesis and Regulation Mechanism in *Saccharomyces cerevisiae*. *Indian Journal of Microbiology* 57(3), 270-277. doi:10.1007/s12088-017-0657-1
- Jin, H., Liu, R., He, Y. 2012. Kinetics of Batch Fermentation for Ethanol Production with Immobilized *Saccharomyces cerevisiae* Growing on Sweet Sorghum Stalk Juice. *Procedia Environmental Sciences*, 12, 137-145. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.258>

- Jouhten, P., Ponomarova, O., Gonzalez, R., Patil, K. R. 2016. *Saccharomyces cerevisiae* Metabolism in Ecological Context. *FEMS Yeast Research*, 16(7), 1-8. doi:10.1093.femsyr/fow080
- Ibnas, R. 2017. Persamaan Differensial Eksak dengan Faktor Integrasi. *Jurnal MSA*, 5(2), 91-99. Program Studi Matematika FST, UINAM.
- Naydenova, V., Iliev, V., Kaneva, M., Kostov, G., Koprinkova-Hristova, P., Popova, S. 2014. Modeling of Alcohol Fermentation in Brewing – Carbonyl Compounds Synthesis and Reduction. *Proceedings – 28th European Conference on Modelling and Simulation (ECMS)*. <https://doi.org/10.7148/2014-0279>
- ^aSatwika, D., Djojoadmodjo, S., Finnegan, G., Puttajaya, D., Ivana, J. 2019. Isolation and Characterization of Fermenting Yeast from Traditional Ethanol Production. *6th ICRIEMS Yogyakarta (Proceeding)*
- ^bSatwika, D., Djojoadmodjo, S., Finnegan, G., Puttajaya, D., Ivana, J. 2019. Inhibitory Effect of Ethanol to the Producing Yeast: a mathematical modelling approach. *2nd ICBBB Lombok (Proceeding)*
- ^cSatwika, D., Djojoadmodjo, S., Finnegan, G., Puttajaya, D., Ivana, J. 2019. Identification of Antagonistic Yeast from Traditional Ethanol Fermentation. *Jakarta (Proceeding)*
- Schiavone, M., Formosa-Dague, C., Elsztein, C., Teste, M. A., Martin-Yken, H., Morais, M. A. D., Dague, E., Francois, J. M. 2016. Evidence for a Role for the Plasma Membrane in the Nanomechanical Properties of the Cell Wall as Revealed by an Atomic Force Microscopy Study of the Response of *Saccharomyces cerevisiae* to Ethanol Stress. *Applied and Environmental Microbiology*, 82(15), 4789-4801. doi:10.1128/AEM.01213-16.
- Stanley, D., Bandara, A., Fraser, S., Chambers, P. J., Stanley, G. A. 2010. The Ethanol Stress Response and Ethanol Tolerance of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Applied Microbiology*, 109(1), 13-24. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04657.x>
- Sunarsih, Purwanto, Budi, W. S. 2015. Modeling of Domestic Wastewater Treatment Facultative Stabilization Ponds. *International Journal of Technology*, 6(4), 689-698. ISSN: 2087-2100. doi:10.14716/ijtech.v6i4.2715
- Tavares, B., Felipe, M.G.A., Santos, J.C., Pereira, F.M., Gomes, S.D., Sene, L. 2019. An experimental and modelling approach for ethanol production by *Kluyveromyces marxianus* in stirred tank bioreactor using vacuum extraction as a strategy to overcome product inhibition. *Renewable Energy*, 131, 251-267. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.030>
- Walker, G. M. & Stewart, G. G. 2016. *Saccharomyces cerevisiae* in the Production of Fermented Beverages. *Beverages*, 2(30), 1-12. <https://doi.org/10.3390/beverages2040038>
- Wilson, J. E. 2003. Isozymes of Mammalian Hexokinase: Structure, Subcellular Localization and Metabolic Function. *Journal of Experimental Biology*, 206, 2049-2057. doi:10.1242/jeb.00241