



Analisis dan Desain Sistem Produksi Asam Glutamat dari Biomassa Nira Sorgum Menggunakan ARM (*Association Rules Mining*)

Rozalia^{1*}, Agnes Suarna²

¹ Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas

² Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada

ABSTRAK

Nira sorgum manis memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan *Corynebacterium glutamicum* dalam memproduksi asam glutamat. Namun, produksi asam glutamat dari nira sorgum masih terbatas dalam skala laboratorium. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisis dan perancangan sistem produksi asam glutamat dari nira sorgum. Pada penelitian ini dilakukan identifikasi korelasi masing-masing atribut dari formulasi asam glutamat yang saling terkait, dan prediksi hubungan antara variabel X dan Y. *Digital Business Ecosystem* (DBE) digunakan sebagai konsep untuk menganalisis, merancang, dan mengimplementasikan sistem. Metode yang digunakan yaitu *Associatio Rules Mining* (ARM) digunakan untuk mengidentifikasi korelasi masing-masing atribut. Kemudian juga digunakan metode *Multiple Linear Regression* untuk memprediksi korelasi beberapa atribut. Dataset yang digunakan adalah dataset hipotetis dari formulasi produksi asam glutamat. Hasil akhir yang diperoleh yaitu berupa sepuluh aturan teratas dengan enam atribut yang memiliki korelasi kuat. Selain itu, korelasi antara Y (Konsentrasi asam glutamat) dan X (Kadar gula, kadar biotin dan kadar urea) sebagai uji regresi linier berganda menunjukkan bahwa data dalam model bersifat linier dan memiliki galat yang terdistribusi normal. Variabel X memiliki korelasi yang tinggi dan dapat digunakan sebagai prediktor.

KATA KUNCI

Asam Glutamat; *Association Rule Mining*; *Digital Business Ecosystem*; *Multiple Linear Regression*; Nira Sorgum

PENULIS KORESPONDEN

Alamat e-mail penulis koresponden: rozalia@ae.unand.ac.id

1. Pendahuluan

Asam glutamat merupakan turunan dari asam amino esensial dan banyak diaplikasikan pada industri makanan, farmasi dan kosmetik [1]. Asam glutamat diproduksi melalui sistem fermentasi dengan bantuan mikroba *Coryneform* [2]. Bakteri jenis ini menyukai glukosa sebagai sumber karbonnya. Tetapi juga menggunakan gula lain seperti sukrosa, fruktosa, *ribose*, *manosa* dan *maltose*. Menurut [3], kadar glukosa yang dibutuhkan dalam produksi asam glutamat adalah 50g/L. Kondisi pertumbuhan optimal pada pH 7 dan suhu 30^o C. Substrat merupakan faktor penting dalam proses fermentasi asam glutamat, karena mengandung gula di dalamnya [4].

Sorgum memiliki kandungan gula yang tinggi jika dibandingkan dengan tebu. Kandungan gula yang tinggi pada sorgum dapat dijadikan sebagai media pertumbuhan mikroba. Menurut [5] sorgum manis memiliki kandungan glukosa dan fruktosa tiga kali lebih tinggi dibandingkan dengan tebu. Pada proses produksi gula dari tebu terdapat hasil samping berupa *molase*. Kadar gula pada *molase* dan sorgum manis memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Hal ini dapat dijadikan acuan bahwa sorgum manis dapat menjadi substrat fermentasi yang potensial [6]. Dalam proses produksi asam glutamat dari nira sorgum, proses produksinya sering mengalami kendala seperti kurangnya pemanfaatan nira sorgum sebagai substrat, kondisi yang kurang optimal, integrasi antar proses yang masih kurang baik. Untuk menemukan solusi berkaitan dengan permasalahan tersebut, maka perlu dibuat suatu sistem produksi asam glutamat dari nira sorgum yang mampu mengidentifikasi dan menganalisis kondisi produksi yang optimal.

Perancangan dan analisis sistem produksi berguna bagi pemangku kepentingan untuk mengidentifikasi komponen penting dalam lingkungan produksi asam glutamat. Perancangan sistem akan dikembangkan untuk menjawab kebutuhan *stakeholders* dalam memperoleh informasi tentang kondisi proses fermentasi dan korelasi antar parameter. *Digital Business Ecosystem* adalah teknologi berbasis digital yang berpusat pada penggambaran ekosistem bisnis yang saling



terkait dalam lingkungan digital [7]. Tahap *Digital Business Ecosystem* digambarkan sebagai 3 layer, di mana layer pertama merupakan analisis suatu sistem dengan *stakeholder* yang saling terkait, layer kedua adalah desain sistem atau sistem operasi yang telah dianalisis pada layer 1.

Proses pertama dilakukan identifikasi komponen produksi asam glutamat. Selanjutnya melakukan desain rancang bangun sistem produksi asam glutamat dari biomassa nira sorgum. *Association Rules Mining* (ARM) digunakan untuk mengidentifikasi kondisi proses yang optimal [8], kemudian memprediksi korelasi antar variabel terikat (dependen) dan variabel bebas (independen) menggunakan metode *Multiple Linear Regression*. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kondisi optimal dalam proses produksi asam glutamat dan dapat meningkatkan hasil produksi asam glutamat.

2. Metode Penelitian

2.1 Analisis sistem

Analisis sistem dilakukan untuk mengidentifikasi atribut-atribut pembangun sistem. Sistem produksi asam glutamat menggunakan nira sorgum dirancang untuk mendefinisikan batasan masalah, tujuan, input yang dapat diterima dan tidak dapat diterima, pemangku kepentingan, output yang dapat diterima dan yang tidak dapat diterima, sumber daya, aturan, peran dan kelemahan sistem. Atribut ini perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi sistem kerja.

2.2 Pengumpulan data

Pengumpulan dataset dilakukan dengan mengambil beberapa data literatur. Data tersebut di analisis mana saja kondisi proses yang mempengaruhi proses produksi asam glutamat dari nira sorgum seperti kadar biotin, urea, kandungan gula, pH, dan suhu produksi.

2.3 Business Process Model and Notation (BPMN)

BPMN berisi perancangan sistem yang kompleks seperti informasi dalam bentuk pesan pada setiap diagram alir aktivitas yang dibuat dengan e-sistem. Proses bisnis pada sistem produksi asam glutamat dimodelkan dalam BPMN 2.0. dimulai dengan aliran sederhana, mengidentifikasi *stakeholder*, menentukan *role*, proses, data, dan informasi hingga deskripsi, sehingga dapat dianalisis dan disimulasikan.

2.4 Association Rule Mining (ARM)

Association Rule Mining (ARM) merupakan suatu metode untuk mencari hubungan antara sekumpulan item yang dinyatakan dalam bentuk aturan dengan menunjukkan kondisi atribut-atribut yang terjadi secara bersama dalam suatu data set. Metode ini menggunakan perintah *support* dan *confidence* untuk menghasilkan suatu aturan. Proses produksi asam glutamat dari nira sorgum memiliki 11 atribut dalam satu dataset. Dari 11 atribut tersebut akan ditemukan pola perilaku yang memiliki keterkaitan yang kuat antara satu atribut dengan atribut lainnya. Pola perilaku antar atribut dianalisis menggunakan Bahasa pemrograman R. Formulasi dalam jika $X \rightarrow Y$ untuk sebuah nilai dari item set $X = \{x_1, \dots, x_k\}$ dan item set $Y = \{y_1, \dots, y_k\}$, di mana X dan Y merupakan elemen dari dataset dan bisa menjadi bentuk $X \cap Y = \{\}$. Hasil ARM akan dilanjutkan dengan metode Regresi Linear Berganda.

2.5 Regresi linier berganda

Regresi linear merupakan metode analisis statistik yang digunakan untuk melihat pengaruh dua variabel atau lebih secara linear. Regresi Linear berganda adalah pemodelan regresi yang didasarkan pada satu atau lebih variabel prediktor.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \dots + \beta_n * x_n$$

Y merupakan variabel dependent, X merupakan variabel independent, dan β merupakan koefisien.

Analisis linier berganda memiliki uji asumsi yang lebih klasik, seperti heteroskedastisitas menguji model regresi di mana terjadi ketidaksamaan varians residual [9]. Kemudian uji normalitas yaitu uji model regresi, memiliki distribusi normal atau tidak antara variabel dependen dengan variabel independen atau keduanya [9].

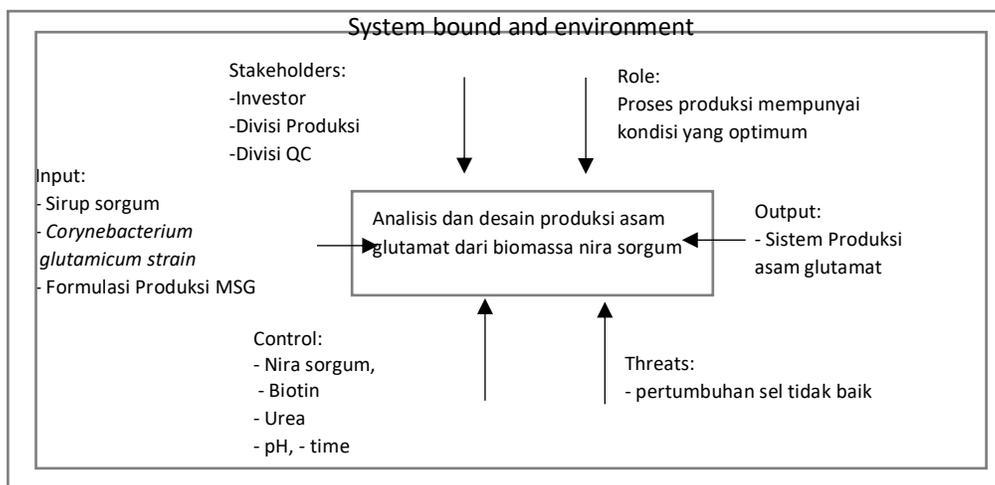
2.6 Verifikasi

Verifikasi dimaksudkan untuk menunjukkan keberhasilan dari pencapaian sistem, produk dan minimum/maksimal tingkat kinerja. Sehingga di akhir proses analisis akan dilakukan pembuktian setelah dilakukan *running* program.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Batasan Sistem

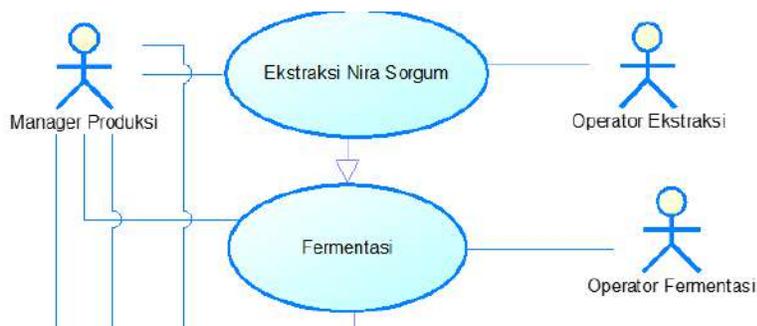
Analisis sistem produksi asam glutamat dari nira sorgum dimulai dari *input*, *proses*, dan *output*. Kemudian dilanjutkan dengan menentukan analisis kebutuhan dan entitas dalam pengembangan sistem seperti pemangku kepentingan, *input*, *output*, *role*, *control* dan *threats*. Sebuah optimasi menggambarkan proses dengan menata ulang aliran proses, mengurangi antar muka, dan atau mengurangi proses aliran yang dianggap berlebih dalam sebuah produksi. **Gambar 1** menunjukkan hubungan dalam sistem produksi asam glutamat.



Gambar 1. Entitas Produksi asam glutamat dari nira sorgum

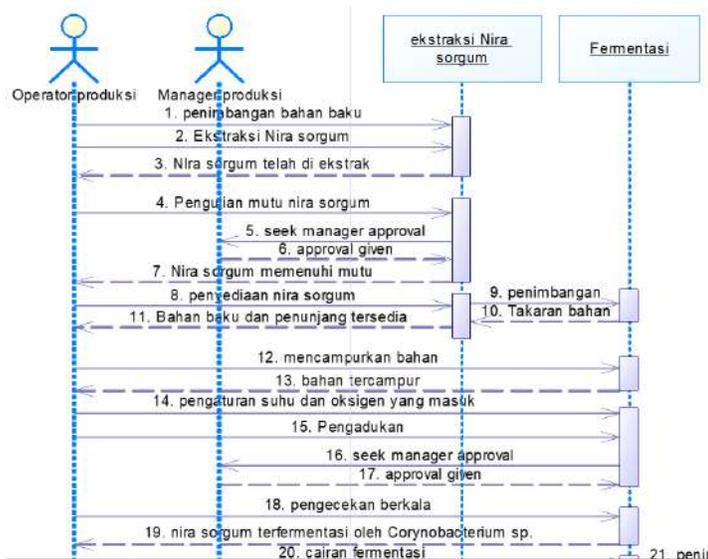
3.2 Business Process Model and Notation (BPMN 2.0)

Business Process dilakukan untuk mencapai bisnis secara keseluruhan, di mana biasanya digambarkan dalam struktur organisasi yang mendefinisikan peran dan hubungan yang saling terkait [10]. *Use case* dan BPMN merupakan suatu model yang dapat membantu untuk menganalisis, mendefinisikan, dan memecahkan masalah dalam suatu proses bisnis. Kedua metode ini merupakan proses penting dalam memproduksi asam glutamat dari biomassa nira sorgum dengan melihat aliran proses dan *stakeholder* yang terkait dalam sebuah industri. Hasil analisis sistem produksi asam glutamat dari nira sorgum dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 4**.

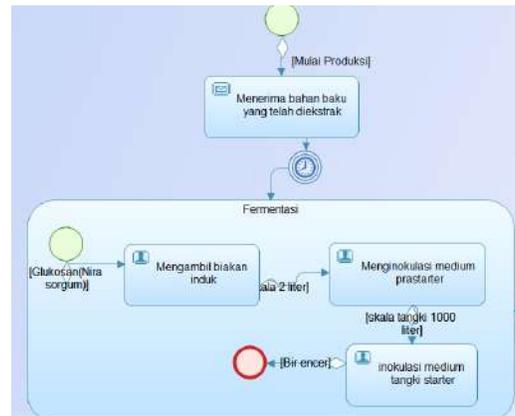


Gambar 2. Potongan use case diagram

Use case digunakan untuk menerangkan tata urutan proses yang dianalisis dari dunia nyata dan keterkaitan dari setiap stakeholder, **Gambar 2.** menunjukkan proses yang dikerjakan setiap operator, dan *sequence chart* digunakan untuk menggambarkan sejumlah contoh objek dan *message* dalam produksi asam glutamat, **Gambar 3.** menunjukkan setiap operator yang melakukan kerja sesuai dengan SOP dari produksi asam glutamat.



Gambar 3. Sequence chart pada lingkungan produksi fermentasi asam glutamat



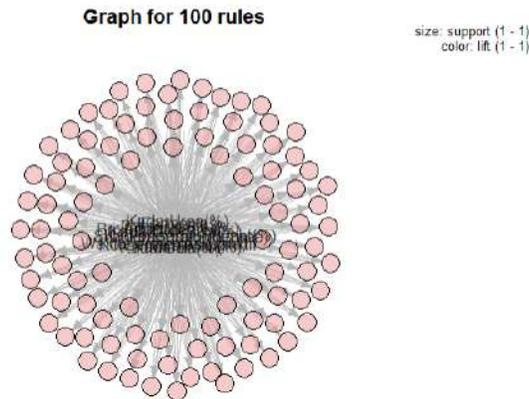
Gambar 4. Potongan BPMN produksi asam glutamat

3.3 Optimasi proses dengan *Association Rule Mining (ARM)*

Berdasarkan dataset yang telah dirancang sebelumnya, diperoleh 11 atribut yang saling terkait. Atribut ini merupakan faktor-faktor yang mungkin akan mempengaruhi produksi asam glutamat. Pola perilaku antar atribut dianalisis menggunakan Bahasa Pemrograman R, sehingga diperoleh 3 atribut yang memiliki korelasi kuat antar satu atribut dengan atribut lainnya. **Gambar 5.** menunjukkan data hipotesis untuk produksi asam glutamat yang di modifikasi menggunakan ARM dengan 10 *rules* teratas yang terpilih. Dapat dilihat dari **Gambar 5.** bahwa aturan dengan nilai *confidence* 1 menyiratkan bahwa setiap kali item LHS digunakan maka item RHS juga digunakan 100% pada saat bersamaan. Pada rekayasa proses fermentasi asam glutamat ke tiga atribut kadar gula, kadar biotin dan kadar urea merupakan faktor penting yang diperlukan untuk produksi asam glutamat [11]. Sehingga atribut ini merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam produksi. Kadar gula dalam sebuah fermentasi diperlukan karena bakteri penghasil asam glutamat akan menggunakan gula tersebut sebagai sumber makanan untuk pertumbuhannya. Sama halnya dengan kadar biotin dan kadar nitrogen, juga diperlukan dalam proses produksi asam glutamat karena dapat menjadi koenzim dalam meningkatkan kinerja produksi asam glutamat. Dataset yang telah dirancang dijadikan acuan untuk menghasilkan 100 *rules* dalam produksi asam glutamat (**Gambar 6**). Jika dataset yang dirancang tidak sesuai dengan yang diinginkan akan menyebabkan tidak terbentuknya asam glutamat atau pertumbuhan sel mikroba penghasilnya tidak baik.

| | lhs | rhs | support | confidence | lift | count |
|------|--|---------------------------|---------|------------|------|-------|
| [1] | {KadarGula(%), KadarBiotin(%)} | => {kadarUrea(%)} | 1 | 1 | 1 | 100 |
| [2] | {KadarGula(%), KadarUrea(%)} | => {kadarBiotin(%)} | 1 | 1 | 1 | 100 |
| [3] | {KadarBiotin(%), KadarUrea(%)} | => {kadarGula(%)} | 1 | 1 | 1 | 100 |
| [4] | {KadarGula(%), KadarBiotin(%)} | => {waktuFermentasi(Jam)} | 1 | 1 | 1 | 100 |
| [5] | {KadarGula(%), waktuFermentasi(Jam)} | => {kadarBiotin(%)} | 1 | 1 | 1 | 100 |
| [6] | {KadarBiotin(%), waktuFermentasi(Jam)} | => {kadarGula(%)} | 1 | 1 | 1 | 100 |
| [7] | {KadarGula(%), KadarBiotin(%)} | => {pHFermentasi} | 1 | 1 | 1 | 100 |
| [8] | {KadarGula(%), pHFermentasi} | => {kadarBiotin(%)} | 1 | 1 | 1 | 100 |
| [9] | {KadarBiotin(%), pHFermentasi} | => {kadarGula(%)} | 1 | 1 | 1 | 100 |
| [10] | {KadarGula(%), KadarBiotin(%)} | => {KadarAsamGlutamat(%)} | 1 | 1 | 1 | 100 |

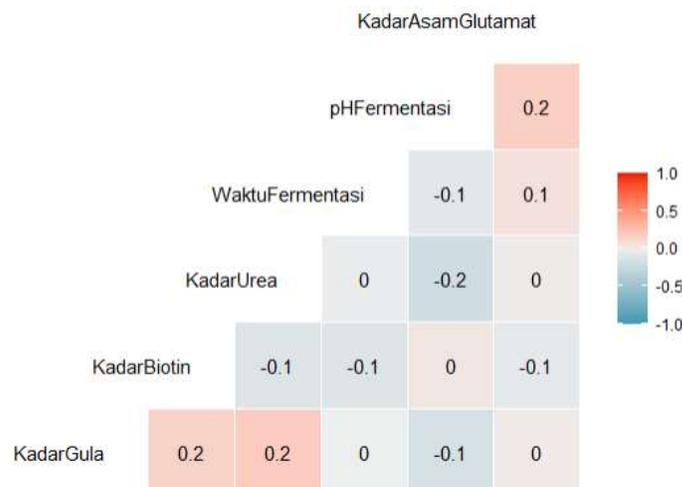
Gambar 5. Data Hipotesis untuk produksi asam glutamat



Gambar 6. Grafik untuk 100 *rules* produksi asam glutamat

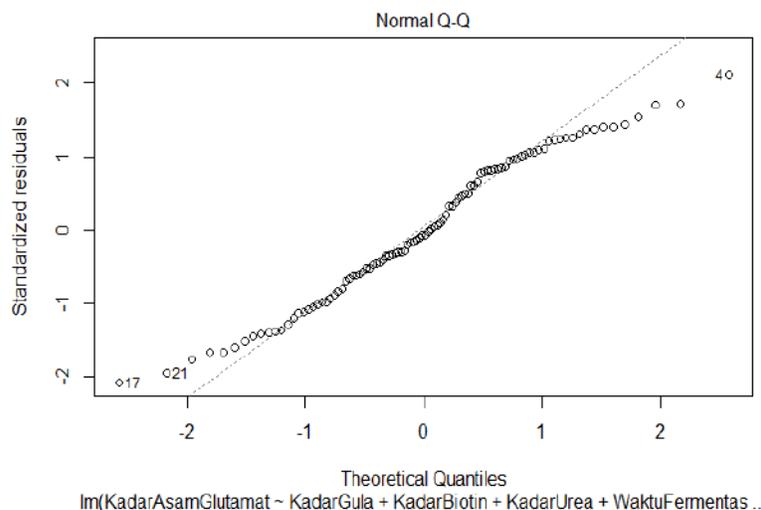
3.4 Regresi linear berganda

Uji korelasi dilakukan pada atribut-atribut yang diperoleh dari ARM untuk mengetahui variabel mana yang dapat digunakan sebagai prediktor. Atribut yang dipilih adalah kadar gula, kadar biotin, kadar urea, dan konsentrasi asam glutamat. pengujian dilakukan dengan menggunakan Bahasa pemrograman R. Variabel Y adalah konsentrasi asam glutamat dan variabel X yaitu kadar gula, kadar biotin, dan kadar urea. Perintah *train* digunakan untuk melatih model dan perintah *test* digunakan untuk melihat bagaimana kinerja model dalam data. Sampel akan diacak pada data *train index* 25% dan data *test* 75%. Pada regresi linear berganda, koefisien determinan data ditunjukkan dari nilai *adjusted R-Square*. Hasil *running* menggunakan R didapatkan nilai *Adjusted R-Square* asam glutamat adalah 1%. Hal ini menjelaskan persentase variabel dependen mana yang memberikan pengaruh 1% terhadap variabel independen dan sisanya dapat dijelaskan oleh prediktor lainnya. Nilai R^2 akan selalu meningkat ketika variabel-variabel dalam model ditambahkan, atau jika variabel-variabel tersebut hanya berhubungan lemah dengan respons [9]. *Root mean square error* (RMSE) digunakan untuk memeriksa kesalahan data. Berdasarkan percobaan diperoleh nilai RMSE sebesar 3,32 yang menjelaskan nilai rata-rata prediksi meleset sebesar 3,32 atau sebesar 5% dari nilai sebenarnya. **Gambar 7** menunjukkan asumsi model linear dari percobaan.



Gambar 7. Grafik Linear dari variabel X dan Variabel Y

Linearitas sebuah model dapat dilakukan dengan menguji asumsi linearitas. Nilai $p < 0,05$ akan menyebabkan H_0 ditolak yang berarti model bersifat linear. Berdasarkan percobaan menggunakan R, $p\text{-value} > 0,05$ dan H_0 diterima sehingga model yang dibuat bersifat linear. Pengujian selanjutnya yang dilakukan yaitu uji normalitas residual (*Error* berdistribusi normal). *Error* terdistribusi normal jika $p\text{-value} > 0,05$. Berdasarkan data diperoleh bahwa $p\text{-value} > 0,05$ sehingga *error* berdistribusi normal. *Error* yang berdistribusi normal menyebabkan tidak ada kecenderungan *error* yang besar pada satu posisi. Pola sebaran *error* data dapat dilakukan dengan uji homoskedastisitas. Jika $p\text{-value} < 0,05$, maka H_0 tidak ditolak, sehingga *error* pada model tidak memiliki pola. Pengujian pola *error* pada model ini diperoleh bahwa $p\text{-value} > 0,05$ sehingga *error* tidak memiliki pola (**Gambar 8**). Kemudian dilakukan uji korelasi antar variabel X untuk mengetahui variabel yang dapat digunakan sebagai prediktor. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar gula, biotin, dan urea dapat digunakan sebagai prediktor karena memiliki korelasi yang kuat antar variabel. Kadar gula, biotin dan urea memiliki peranan penting dalam produksi asam glutamat. Keberadaan ketiga faktor ini dapat mempengaruhi kinerja enzim yang menyintesis asam glutamat [3], [12].



Gambar 8. Grafik *error* terdistribusi normal

3.5 Verifikasi

Verifikasi dilakukan pada *software RStudio* dengan melakukan *running* terhadap data mining yang telah dirancang untuk memeriksa sistem. Dari hasil pemeriksaan verifikasi sistem dibuktikan diperoleh 0 error dan 0 *warning* yang menjelaskan bahwa sistem yang dibuat sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

4. Kesimpulan

Pengembangan sistem produksi asam glutamat dari nira sorgum menggunakan *Association Rule Mining (ARM)* menghasilkan sepuluh aturan teratas yang berkaitan satu sama lain dan tiga variabel utama yang berpengaruh penting dalam produksi asam glutamat. Uji prediksi korelasi antara variabel Y dan variabel X menggunakan regresi linear berganda menunjukkan data linear dan *error* berdistribusi normal. Variabel X memiliki korelasi yang kuat dan dapat digunakan sebagai prediktor. Verifikasi menunjukkan bahwa sistem yang dibuat sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

5. Referensi



- [1] R. Kumar, D. Vikramachakravarthi, and P. Pal, "Production and purification of glutamic acid: A critical review towards process intensification," *Chem. Eng. Process. Process Intensif.*, vol. 81, pp. 59–71, 2014, doi: 10.1016/j.cep.2014.04.012.
- [2] P. Pal, R. Kumar, D. VikramaChakravarthi, and S. Chakraborty, "Modeling and simulation of continuous production of L (+) glutamic acid in a membrane-integrated bioreactor," *Biochem. Eng. J.*, vol. 106, pp. 68–86, 2016, doi: 10.1016/j.bej.2015.11.008.
- [3] R. Shyamkumar, I. M. Ganesh Moorthy, K. Ponmurugan, and R. Baskar, "Production of L-glutamic acid with *Corynebacterium glutamicum* (NCIM 2168) and *Pseudomonas reptilivora* (NCIM 2598): A study on immobilization and reusability," *Avicenna J. Med. Biotechnol.*, vol. 6, no. 3, pp. 163–168, 2014.
- [4] K. M. Nampoothiri, V. Gopinath, M. Anusree, N. Gopalan, and K. S. Dhar, "Amino-Based Products from Biomass and Microbial Amino Acid Production," *Bioenergy Res. Adv. Appl.*, pp. 337–352, 2014, doi: 10.1016/B978-0-444-59561-4.00019-X.
- [5] M. L. Wang *et al.*, "Comparison of Stem Damage and Carbohydrate Composition in the Stem Juice between Sugarcane and Sweet Sorghum Harvested before and after Late Fall Frost," *J. Sustain. Bioenergy Syst.*, vol. 04, no. 03, pp. 161–174, 2014, doi: 10.4236/jsbs.2014.43015.
- [6] A. M. da R. F. Jardim *et al.*, "Potencial produtivo da cultura do Sorghum bicolor (L.) Moench no semiárido brasileiro: revisão," *Pubvet*, vol. 14, no. 4, pp. 1–12, 2020, doi: 10.31533/pubvet.v14n4a550.1-13.
- [7] P. K. Senyo, K. Liu, and J. Effah, "Digital business ecosystem: Literature review and a framework for future research," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 47, no. June 2018, pp. 52–64, 2019, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.002.
- [8] R. W. Nasution and T. Djatna, "Production System Design bio-oil of Microalgae with POME as Raw Material For Media Cultivation," *SEAS (Sustainable Environ. Agric. Sci.)*, vol. 2, no. 1, p. 61, 2018, doi: 10.22225/seas.2.1.540.61-66.
- [9] G. James, D. Witten, T. Hastie, and R. Tibshirani, *An introduction to Statistical Learning*, vol. 7, no. 10. 2000.
- [10] G. James, D. Witten, T. Hastie, and R. Tibshirani, *Tree-Based Methods*. 2013.
- [11] N. Khan, I. Mishra, and R. Singh, "Modeling The Growth of *Corynebacterium Glutamicum* in L-Glutamic Acid Fermentation," vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2013.
- [12] J. Wen, Y. Xiao, T. Liu, Q. Gao, and J. Bao, "Rich biotin content in lignocellulose biomass plays the key role in determining cellulosic glutamic acid accumulation by *Corynebacterium glutamicum*," *Biotechnol. Biofuels*, vol. 11, no. 1, pp. 1–12, 2018, doi: 10.1186/s13068-018-1132-x.