

Analisis Efisiensi Energi Pada Proses Produksi Gula Di PT Madubaru

Moh. Rifki Januar^{*1}, Yohanes Anton Nugroho²

Program Studi Teknik Industri, Universitas Teknologi Yogyakarta, Jl. Glagahsari No.63,
Warungboto, Kec. Umbulharjo, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55164
e-mail: ^{*1}rifkijanu35@gmail.com, ²yohanesanton@uty.ac.id

(artikel diterima: 20-01-2023, artikel disetujui: 30-11-2023)

Abstrak

PT Madubaru adalah suatu perusahaan yang memproduksi gula pasir, spritus dan alkohol. Gula pasir merupakan produk utama yang dihasilkan PT Madubaru. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis efisiensi energi pada produksi gula pasir di PT Madubaru pada masa produksi tahun 2022. Analisis efisiensi energi pada produksi gula pasir menggunakan metode Energy Productivity Ratio (EPR) menunjukkan bahwa pada masa produksi tahun 2022 yang berjalan pada bulan Mei – Oktober 2022, EPR yang didapatkan pada bulan hingga Oktober 2022, menunjukkan nilai EPR listrik sebesar 1,2 hingga 2,44, sementara untuk ketel antara 1,68 hingga 2,45. Hasil EPR yang didapatkan pada masing-masing periode, yaitu pada bulan Mei 2022 dengan EPR pada listrik 1,2 sedangkan ketel 1,16, EPR bulan Juni 2022 yaitu listrik 1,72 dan ketel 1,68, EPR bulan Juli 2022 pada listrik 1,93 dan ketel 1,92, EPR bulan Agustus yaitu listrik 1,98 sementara itu EPR ketel 1,98, pada bulan September 2022 EPR listrik 2,14 sedangkan ketel 2,14, pada bulan Oktober 2022 EPR listrik 2,44 sedangkan ketel 2,45. Input energi tertinggi pada tahun 2022 dalam penggunaannya untuk produksi gula pasir yaitu tebu dengan nilai energi yang dihasilkan untuk energi listrik adalah 431.885.993,55 MJ dan 6.544.947.856,93 MJ untuk ketel. Berdasarkan analisis EPR, penggunaan energi pada produksi gula di PT Madubaru masih cukup layak untuk dijalankan.

Kata kunci: energi, energy productivity ratio, kelayakan operasi

Abstract

PT Madubaru is a company that produces granulated sugar, spritus and alcohol. Granulated sugar is the main product produced by PT Madubaru. This study aims to analyze the energy efficiency of sugar production at PT Madubaru during the production period of 2022. The analysis of energy efficiency in the production of granulated sugar using the Energy Productivity Ratio (EPR) method shows that in the 2022 production period which runs from May to October 2022, The EPR obtained in the months up to October 2022 shows an EPR value for electricity of 1.2 to 2.44, while for boilers it is between 1.68 and 2.45. The EPR results obtained in each period are in May 2022 with an EPR on electricity of 1.2 while the boiler is 1.16, the EPR in June 2022 is 1.72 electricity and the boiler is 1.68, the EPR in July 2022 on electricity is 1.93 and the kettle is 1.92, the EPR in August is 1.98 electricity while the kettle EPR is 1.98, in September 2022 the electricity EPR is 2.14 while the kettle is 2.14, in October 2022 the electricity EPR is 2.44 while the kettle 2.45. The highest energy input used during the sugar production period in 2022 is sugarcane with an energy value generated of 431,885,993.55 MJ for electricity and 6,544,947,856.93 MJ for boilers. Based on EPR analysis, energy use in sugar production at PT Madubaru is still feasible.

Keywords: energy, energy productivity ratio, operation feasibility

1. PENDAHULUAN

PT Madubaru PG/PS Madukismo adalah agroindustri berbasis tebu, dengan hasil produksi berupa gula pasir, alkohol, dan spritus. Industri gula merupakan industri yang dapat memanfaatkan ampas tebu sebagai limbah produksi menjadi sumber energi dalam pemrosesannya (Bantacut & Novitasari, 2016). Hasil produksi, musim, pemanfaatan kapasitas, kadar gula, perolehan gula, serat tebu, pengurangan ekstraksi pabrik, pengurangan keseluruhan ekstraksi, perolehan molase adalah indikator kinerja utama operasi pabrik tebu (Gunawan, 2018).

Kinerja produksi pada industri gula tidak hanya bergantung pada aspek lingkungan, sosial dan budaya, tetapi juga pada upaya internal perusahaan, memodernisasi dan beradaptasi untuk menanggapi tekanan dan tantangan kompetitif (Manoel, Santos and Moraes, 2016). Efisiensi menjadi perbedaan kompetitif yang penting dalam menghadapi pasar yang penting dan sangat kompetitif (Duarte *et al.*, 2018). Efisiensi energi yang dilakukan pada proses produksi gula dan spritus yang dijalankan oleh PT Madubaru diperlukan untuk menentukan strategi yang tepat dalam pengambilan kebijakan.

Pada tahun 2022, perusahaan memulai kegiatan produksi dari bulan Mei sampai Oktober. Pada bulan Mei perusahaan menggunakan listrik sebesar 207 Kwh dan menghasilkan gula pasir sebanyak 10.140 kuintal, pada bulan Juni listrik yang digunakan sebesar 437 Kwh dan menghasilkan gula pasir sebanyak 26.986 kuintal, pada bulan Juli listrik yang digunakan sebesar 521 Kwh dan menghasilkan gula pasir sebanyak 33.393 kuintal, pada bulan Agustus 2022 listrik yang digunakan sebesar 598 Kwh dan menghasilkan gula pasir sebanyak 58.596 kuintal, pada bulan September 2022 listrik yang digunakan sebesar 557 Kwh dan menghasilkan gula pasir sebanyak 35.813 kuintal, dan terakhir pada bulan Oktober listrik yang digunakan sebesar 322 Kwh dan menghasilkan gula pasir sebanyak 15.411 kuintal.

Berdasarkan penggunaan listrik dan jumlah produksi gula pasir tersebut, dapat dilihat pada bulan Juni terjadi kenaikan penggunaan listrik dan jumlah gula pasir yang dihasilkan dari bulan sebelumnya. Kemudian pada bulan Juli 2022 penggunaan listrik dan jumlah gula pasir yang dihasilkan mengalami kenaikan dari bulan sebelumnya. Pada bulan Agustus 2022 penggunaan listrik dan jumlah gula pasir yang dihasilkan PT Madubaru mengalami peningkatan. Pada bulan September 2022 penggunaan listrik dan gula pasir yang dihasilkan mengalami penurunan dari bulan sebelumnya. Pada bulan Oktober jumlah penggunaan listrik dan jumlah gula pasir yang dihasilkan mengalami penurunan dari bulan sebelumnya.

Analisis efisiensi energi pada pabrik gula dapat dilakukan dengan sejumlah cara menurut (Lavarack *et al.*, 2004; Birru *et al.*, 2016; Duarte *et al.*, 2018; Chauhan and Varun, 2019; Srichaipanya and Chuan-Udom, 2020; da Silva and Marques, 2021; Win, Sari and Haryanto, 2021; Umer, Mesum and Zahid, 2023). Perbedaan artikel pada penelitian ini secara spesifik melakukan analisis efisiensi energi menggunakan pendekatan EPR.

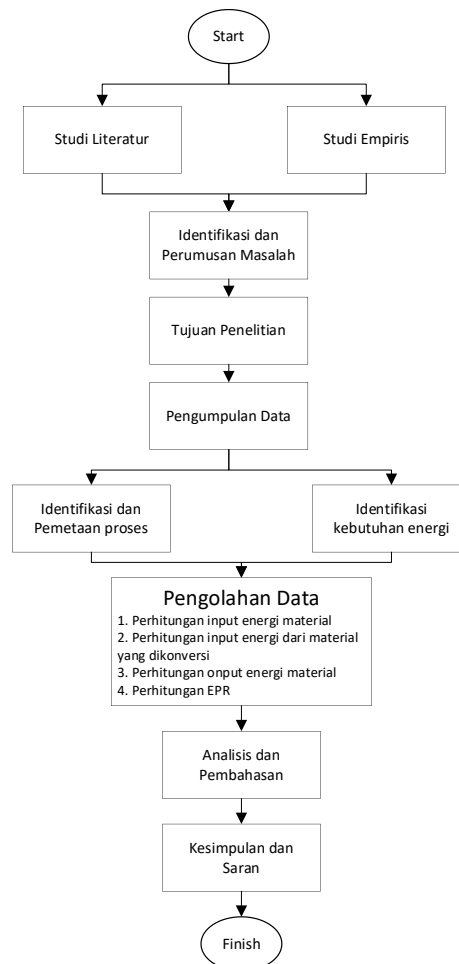
Dengan demikian, perlu diketahui efisiensi energi pada operasi produksi gula pasir dilanjutkan dengan input sumber daya energi listrik dengan jumlah gula pasir yang dihasilkan. Untuk melakukan uji kelayakan tersebut, maka perlu dilakukan analisis menggunakan metode EPR sehingga dapat diketahui produktivitas energi dan kelayakan operasi suatu perusahaan dan dapat mengatur energi yang akan digunakan untuk kebutuhan produksi di periode selanjutnya (Sembiring and Novita, 2018). Beberapa penelitian terkait metode EPR, antara lain Haryanto *et al.*, (2018, 2019), 2021; Irvan *et al.*, 2021). Penelitian Haryanto *et al.* pendekatan EPR di pabrik pengolahan minyak inti sawit, EPR pada desain pra pabrik sirup glukosa, dan EPR

dalam produksi gula aren dari pohon nira aren. Penelitian Irvan et al. EPR dalam pemanfaatan limbah media tanam jamur sebagai bahan baku produksi biogas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis energi pada produksi gula pasir di PT. Madubaru selama masa produksi tahun 2022.

2. METODE PENELITIAN

Subjek dalam penelitian ini adalah bagian produksi PT Madubaru PG/PS Madukismo yang berlokasi di kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sementara objek dalam penelitian ini adalah efisiensi energi dari proses produksi yang berjalan di periode produksi 2022. Pengumpulan data untuk analisis EPR dilakukan dengan metode observasi langsung, wawancara dengan pihak perusahaan dan karyawan, melihat catatan perusahaan, dan literatur dari peneliti terdahulu. Adapun Teknik pengolahan data menggunakan perhitungan dari metode *energy productivity ratio (EPR)*.

2.1 Tahapan Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Energy Productivity Ratio

EPR suatu produk dapat didefinisikan sebagai rasio primer energi produk ditambah energi produk sampingannya dibandingkan dengan total energi bahan baku, listrik dan energi lain yang digunakan dan alat pengolah depresiasi. Jika keluaran

energi : masukan energi adalah $1 > 1$ maka produksi suatu produk dapat dilanjutkan, tetapi jika rasio energi $1 < 1$ maka produksi produk mengakibatkan kerugian bersih. (Haryanto, et al., 2019). Perhitungan EPR menggunakan persamaan dan langkah-langkah berikut: (Sembiring & Novita, 2018):

1. Menghitung *input* energi material

Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan *input* energi material yaitu sebagai berikut:

$$\text{Input energi material} = \frac{A}{B} \times C \quad (1)$$

Keterangan :

A : Harga total material (Rp)

B : Harga bahan bakar (Rp)

C : Nilai kalor bahan bakar (MJ/kg)

2. Menghitung *input* energi material yang dikonversi

Nilai *input* energi listrik dapat diperoleh dengan menghitung kebutuhan daya perusahaan dan kemudian dikonversi menjadi satuan MJ. Rumus untuk menghitung *input* energi dari bahan yang dikonversi adalah sebagai berikut:

$$\text{Input energi listrik} = \text{daya listrik (Kwh)} \times 3,6 \text{ MJ / Kwh} \quad (2)$$

3. Menghitung *output* energi material

Hasil perhitungan *input* energi material, *input* energi listrik dan *input* energi penyusutan mesin dan peralatan kemudian dijumlahkan menjadi nilai *input* energi. Selanjutnya, mencari nilai *output* energi. Rumus untuk menghitung *output* energi yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$\text{Output energi material} = \frac{D}{B} \times C \quad (3)$$

Keterangan :

D : Total material produk (Rp)

B : Harga bahan bakar (Rp)

C : Nilai kalor bahan bakar (MJ/kg)

4. Menghitung nilai EPR

Setelah diperoleh nilai *input* energi dan nilai *output* energi, maka selanjutnya yaitu mencari nilai EPR. Untuk menghitung EPR rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$EPR = \frac{OE}{IE} \quad (4)$$

Keterangan :

OE : *Output* energi

IE : *Input* energi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Menghitung *input* energi material

Diketahui nilai kalor dari bahan bakar kayu yaitu 14,4 MJ/Kg (Haryanto, et al., 2019) dan solar yaitu 45,03 MJ/Kg (Irzon, 2012). MJ (Mega Joule) merupakan satuan interasional yang digunakan untuk menyatakan energi panas. *Input* energi material

dihitung menggunakan persamaan (1) dan *input* energi material dikonversi (listrik) dihitung menggunakan persamaan (2). Hasil perhitungan *input* energi material dari listrik dan ketel untuk periode Mei – Oktober tahun 2022 dapat ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 1 *Input* energi dari listrik dan solar

Input Material	Tebu (MJ)	Listrik (MJ)	Solar (MJ)	Depresiasi (MJ)
Mei 2022	51.534.934,21	745,2	172.614,85	1.451.232,18
Juni	79.011.630,15	1.573,2	172.614,85	1.184.752,82
Juli	75.045.171,25	1.875,6	172.614,85	1.042.479,01
Agustus	127.630.539,52	2.152,8	172.614,85	1.065.748,63
September	72.294.479,89	2.005,2	172.614,85	1.047.051,29
Oktober	26.577.562,30	1.159,2	172.614,85	1.026.785,78

Berdasarkan Tabel 1, menjelaskan bahwa *input* energi dari tebu tertinggi penggunaannya terdapat di bulan Agustus yaitu sebesar 127.630.539,52 MJ dan penggunaan terendah dari tebu terdapat di bulan Oktober yaitu sebesar 26.577.562,30 MJ. Penggunaan tebu (MJ) dan listrik (MJ) dari bulan Mei – Agustus mengalami peningkatan yang tinggi kemudian mengalami penurunan yang signifikan dari bulan Agustus – Oktober. Untuk listrik *input* tertinggi penggunaannya terdapat di bulan Agustus yaitu sebesar 2.152,8 MJ dan penggunaan terendah terdapat di bulan Mei yaitu sebesar 745,2 MJ. Untuk solar dari bulan Mei – Oktober memiliki jumlah *input* yang konsisten atau sama yaitu sebesar 172.614,85 MJ. Untuk energi yang dihasilkan dari depresiasi mesin produksi PT Madubaru, penggunaan tertinggi terjadi di periode bulan Mei 2022 yaitu sebesar 1.451.232,18 MJ, sementara penggunaan terendah terjadi di bulan Oktober 2022 dengan jumlah energi sebesar 1.026.785,78 MJ. Depresiasi mesin produksi PT Madubaru mengalami penurunan yang signifikan dari bulan Mei – Oktober.

Tabel 2 *Input* energi dari ketel

Input Material	Tebu (MJ)	Kayu Bakar (MJ)	Depresiasi (MJ)
Mei 2022	602.442.579,84	21.217.680	16.964.881,67
Juni	1.131.394.606,27	26.365.334,4	16.964.881,67
Juli	1.221.254.752,26	7.803.792	16.964.881,67
Agustus	2.031.658.244,10	3.030.148,8	16.964.881,67
September	1.171.353.598,27	2.691.446,4	16.964.881,67
Oktober	439.122.948,10	1.599.638,4	16.964.881,67

Berdasarkan Tabel 2, menunjukkan bahwa *input* energi dari tebu penggunaan tertinggi terdapat di bulan Agustus 2022 yaitu sebesar 2.031.658.244,10 MJ dan terendah penggunaannya terdapat di bulan Oktober 2022 yaitu sebesar 439.122.948,10 MJ. Penggunaan tebu (MJ) mengalami peningkatan yang tinggi terjadi pada bulan Mei – Agustus kemudian mengalami penurunan yang signifikan pada bulan Agustus – Oktober. Untuk energi yang dihasilkan dari kayu penggunaan tertinggi terdapat di bulan Juni 2022 sebesar 26.365.334,40 MJ dan penggunaan terendah terdapat di bulan Oktober 2022 yaitu sebesar 1.599.638,40 MJ. Penggunaan kayu bakar (MJ) mengalami peningkatan dari bulan Mei – Juni, tetapi pada bulan Juni – Oktober mengalami penurunan yang tinggi. Untuk energi yang dihasilkan dari depresiasi mesin produksi dari periode Mei – Oktober 2022 memiliki nilai yang konstan atau sama yaitu sebesar 16.964.881,67 MJ.

3.2 Menghitung output energi produk

Output energi gula pasir dihitung menggunakan persamaan (3). Hasil perhitungan output energi gula pasir untuk periode Mei – Oktober 2022 dapat ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut:

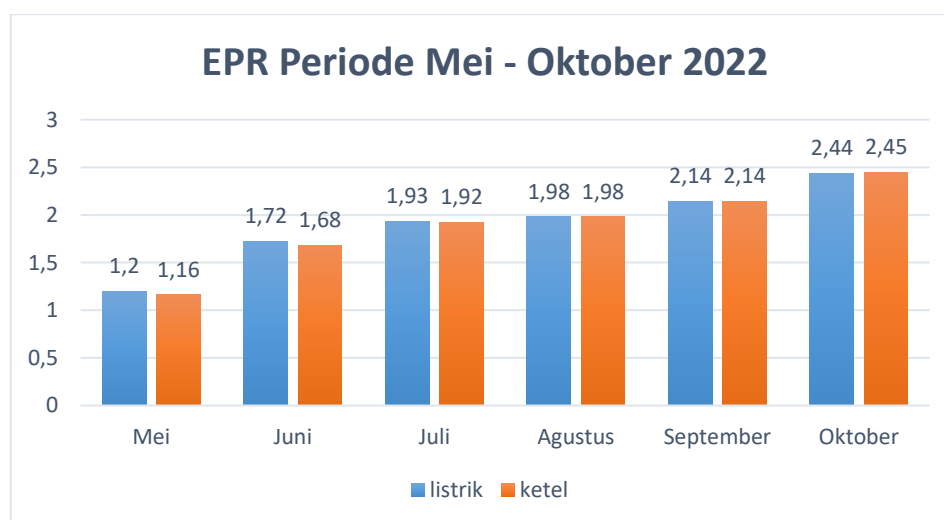
Tabel 3 Output energi gula pasir

Bahan Bakar	Kayu (MJ)	Solar (MJ)
Mei 2022	745.702.414,08	63.789.855,06
Juni	1.976.661.028,93	138.041.324,6
Juli	2.395.362.704,64	147.193.207,68
Agustus	4.064.038.553,09	255.306.439,79
September	2.554.246.190,88	157.644.882,09
Oktober	1.123.830.284,54	68.018.921,66

Berdasarkan Tabel 3 menjelaskan bahwa energi yang dihasilkan dari kayu dan solar dalam memproduksi gula pasir memiliki nilai tertinggi yang sama yaitu di bulan Oktober 2022 dengan nilai sebesar 4.064.038.553,09 MJ untuk kayu dan 255.306.439,79 MJ untuk solar. Sedangkan nilai terendah terdapat di bulan Mei 2022 dengan nilai sebesar 745.702.414,08 MJ untuk kayu dan 63.789.855 MJ untuk solar. Energi yang dihasilkan dari kayu dan solar dari bulan Mei – Agustus mengalami peningkatan setiap bulan dan mengalami penurunan dari bulan Agustus – Oktober.

3.3 Menghitung nilai EPR

Perhitungan nilai EPR setelah didapatkan nilai input energi material gula, energi material yang dikonversi dalam produksi gula, dan nilai output energi material gula. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai EPR untuk menilai efisiensi energi dari produksi gula. Nilai EPR dapat dihitung menggunakan persamaan (4). Hasil perhitungan EPR untuk masing-masing periode Mei 2022 hingga Oktober 2022 disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Nilai EPR periode Mei – Oktober 2022

Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai EPR dari produksi gula pasir di PT Madubaru yang dijalankan pada musim giling tahun 2022 semuanya bernilai lebih besar dari 1 dengan nilai tertinggi terdapat di bulan Oktober, yaitu sebesar 2,44 untuk listrik dan 2,45 untuk ketel. Berdasarkan nilai EPR dari bulan Mei – Oktober, maka produksi gula pasir di PT Madubaru pada masa produksi tahun 2022 untuk produksi

gula pasir masih layak dilanjutkan di periode berikutnya karena *input* energi yang digunakan dalam produksi gula pasir sudah efisien dan efektif, sehingga *output* yang dihasilkan optimal. Nilai EPR dikategorikan layak yang memiliki nilai lebih dari 1.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan nilai EPR proses produksi gula pasir di PT Madubaru, dapat ditentukan EPR Mei 2022 untuk listrik sebesar 1,20 dan untuk ketel sebesar 1,16. Nilai EPR Juni 2022 yaitu untuk listrik sebesar 1,72 dan ketel sebesar 1,68. Nilai EPR yang diperoleh bulan Juli 2022 sebesar 1,93 dan ketel sebesar 1,92. Nilai EPR yang diperoleh pada produksi bulan Agustus 2022 untuk listrik dan solar sebesar 1,98 dan ketel sebesar 1,98. Nilai EPR yang diperoleh pada produksi bulan September 2022 yaitu untuk listrik dan solar sebesar 2,14 dan ketel sebesar 2,14. Nilai EPR yang didapatkan pada produksi bulan Oktober yaitu untuk listrik dan solar sebesar 2,44 dan ketel sebesar 2,45. Berdasarkan hasil perhitungan EPR tersebut dapat diketahui bahwa penggunaan energi listrik, kayu, solar dan ampas tebu dalam produksi gula pasir di PT Madubaru sangat efektif dan efisien. Artinya dengan menggunakan energi tersebut perusahaan mampu memproduksi gula pasir dengan maksimal sehingga memperoleh keuntungan. Nilai EPR yang didapatkan dari periode Mei – Oktober cenderung meningkat dikarenakan pada bulan Agustus – Oktober 2022 pembakaran di stasiun ketel lebih banyak menggunakan bahan bakar ampas tebu yang telah digiling dan sedikit menggunakan kayu. Berdasarkan hasil EPR yang didapatkan dan semua nilai lebih dari 1 maka dapat disimpulkan bahwa operasi produksi gula pasir yang dilakukan oleh PT Madubaru periode Mei – Oktober pada tahun 2022 dan penggunaan energi solar, kayu, listrik, dan ampas tebu masih layak untuk digunakan untuk memproduksi gula pasir di periode berikutnya.

Input energi yang paling tinggi penggunaannya baik dari listrik dan ketel yaitu tebu. Dimana energi yang dihasilkan oleh tebu dalam memproduksi gula pasir periode Mei – Oktober pada tahun 2022 yaitu sebesar 431.885.993,55 MJ untuk listrik, sementara untuk ketel sebesar 6.544.947.856,93 MJ. Selain diambil nira untuk memproduksi gula pasir, tebu juga menghasilkan ampas yang digunakan untuk bahan pembakaran di stasiun ketel di PT Madubaru.

DAFTAR PUSTAKA

- Bantacut, T. and Novitasari, D. (2016) 'Energy and water self-sufficiency assessment of the white sugar production process in Indonesia using a complex mass balance model', *Journal of Cleaner Production*, 126. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.092>.
- Birru, E. *et al.* (2016) 'A comparison of various technological options for improving energy and water use efficiency in a traditional sugar mill', *Sustainability (Switzerland)*, 8(12). Available at: <https://doi.org/10.3390/su8121227>.
- Chauhan, M.K. and Varun (2019) 'Life cycle energy usage and ghg emissions study of a sugar mill in India', *Environmental Engineering and Management Journal*, 18(1). Available at: <https://doi.org/10.30638/eemj.2019.008>.

- da Silva, H.J.T. and Marques, P.V. (2021) 'Heterogeneity in the productivity of sugar-energy mills in Brazil', *International Food and Agribusiness Management Review*, 24(3). Available at: <https://doi.org/10.22434/IFAMR2019.0143>.
- Duarte, A. *et al.* (2018) 'Proposal of stages by controlling the efficiency analysis in sugar and ethanol mills', *Food Science and Technology (Brazil)*, 38. Available at: <https://doi.org/10.1590/fst.11617>.
- Gunawan, A. (2018) 'Production and Productivity Improvement Through Efficiency Sugar Mill.', *International Journal of Advanced Research* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.21474/ijar01/6638>.
- Haryanto, B. *et al.* (2018) 'Study on Energy Productivity Ratio (EPR) at palm kernel oil processing factory: Case study on PT-X at Sumatera Utara Plantation', in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/309/1/012043>
- Haryanto, B. *et al.* (2019) 'Study on Energy Productivity Ratio (EPR) on Pre-Factory Design of Glucose Syrup at Riau Indonesia', in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/505/1/012073>.
- Haryanto, B. *et al.* (2021) 'Energy Productivity Ratio (EPR) in Producing Aren Sugar from Nira Aren Tree: Traditional Processing', in. Available at: <https://doi.org/10.5220/0009204203560359>.
- Irvan, Trisakti, B. and Nabilah, Y. (2021) 'The utilization of mushroom growing media waste as raw material for biogas production: Energy productivity ratio (EPR) study', in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/713/1/012060>.
- Lavarack, B.P. *et al.* (2004) 'Improving the energy efficiency of sugar factories: Case study for Pioneer Mill', *International Sugar Journal*.
- Manoel, A.A.S., Santos, D.F.L. and Moraes, M.B. da C. (2016) 'DETERMINANTES DO ENVIDAMENTO NA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA BRASILEIRA: ANÁLISE A PARTIR DAS TEORIAS DE ESTRUTURA DE CAPITAL Debt Determinants in Brazilian Sugarcane Industry: Analysis from the Capital Structure Theories', *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 18(2).
- Sembiring, N. and Novita, S.B.P. (2018) 'Analysis of company operating feasibility using Energy Productivity Ratio (EPR)', in *E3S Web of Conferences*. Available at: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187308011>.
- Srichaipanya, W. and Chuan-Udom, S. (2020) 'Optimization of milling performance of a sugar mill', in *E3S Web of Conferences*. Available at: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018701001>.

-
- Umer, M., Mesum, I.U. and Zahid, A.H. (2023) 'Efficiency Improvement in Sugar Mills; The Role of High-Pressure Boiler Technology in Cogeneration', *MATEC Web of Conferences*, 381. Available at: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202338101001>.
- Win, T., Sari, D.W. and Haryanto, T. (2021) 'ENERGY EFFICIENCY OF INDONESIA'S SUGAR INDUSTRY BASED ON ECONOMIC FRAMEWORK: STOCHASTIC METAFRONTIER ANALYSIS', *Jurnal Akuntansi*, 11(1). Available at: <https://doi.org/10.33369/j.akuntansi.11.1.53-66>.