

Analisis Kecepatan Putaran Motor 3 Fase pada *Force Draught Fan* Mesin Boiler 21 Ton di PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk. Divisi *Noodle* Semarang

Ahmad Faidlon¹ dan Zaenal Arifin²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara
Jl. Taman Siswa, Pekeng, Kauman, Tahunan, Kec. Tahunan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah 59451
(e-mail: faidlon.ahm@gmail.com)

Abstrak— Boiler adalah mesin yang menghasilkan uap panas bertekanan, Artikel ini bertujuan untuk menganalisis kecepatan putaran motor 3 fase pada *Force Draught Fan* boiler dengan kapasitas 21 ton di PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk Divisi *Noodle* Semarang. *Force draught Fan* boiler merupakan komponen penting dalam proses produksi mie di pabrik dan kecepatan putaran motor yang optimal sangat penting untuk menjaga performa boiler. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengambilan data langsung dari sistem boiler di pabrik dan analisis statistik untuk mengidentifikasi pola kecepatan putaran motor yang terjadi selama periode waktu tertentu. Data juga akan dikumpulkan melalui pengamatan visual dan pengukuran langsung menggunakan alat yang sesuai. Pada penelitian ini membuktikan bahwa putaran kecepatan motor FD Fan (RPM) dipengaruhi oleh Frekuensi dari VFD (*Variable Frequency Drive*), di mana Frekuensi (Hertz) berbanding lurus dengan kecepatan putaran motor FD Fan dan bekerja secara otomatis sehingga meningkatkan efisiensi operasional.

Kata kunci: Boiler, *force draught fan*, motor 3 fase, VFD.

Abstract— *The Boiler is a machine that produces pressurized hot steam. This article aims to analyze the rotational speed of a 3-phase motor in the Force Draught Fan boiler with a capacity of 21 tons at PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk Noodle Division in Semarang. The Force Draught Fan boiler is a crucial component in the noodle production process at the factory, and optimizing the motor rotational speed is essential for maintaining boiler performance. The research methodology involves direct data collection from the boiler system at the factory and statistical analysis to identify patterns in motor rotational speed over a specific time period. Data will be gathered through visual observations and direct measurements using appropriate tools. The study proves that the rotational speed of the FD Fan motor (RPM) is influenced by the frequency of the Variable Frequency Drive (VFD), where frequency (Hertz) is directly proportional to the motor rotational speed of the FD Fan. Furthermore, the system operates automatically, enhancing operational efficiency. These findings provide valuable insights into the relationship between motor speed and boiler performance, contributing to the field of boiler optimization in scientific research..*

Keywords: Boiler, *force draught fan*, motor 3 phase, VFD.

I. PENDAHULUAN

Boiler [1]–[3] adalah mesin yang menghasilkan uap panas bertekanan dan umumnya digunakan dalam proses industri seperti pemanas minyak goreng, pemanas pengukus, dan pembangkitan tenaga. Operasi yang efisien pada boiler sangat penting untuk memastikan kinerja dan produktivitas yang optimal, salah satu komponen penting dalam sistem boiler adalah *Force Draught Fan*, yang menyediakan pasokan udara paksa untuk menjaga aliran udara yang diperlukan dalam proses pembakaran di dalam boiler. Kecepatan putaran motor 3 fase yang optimal yang menggerakkan *Force Draught Fan* sangat penting untuk kinerja boiler [4].

Pada produksi mie di PT. Indofood Sukses Makmur [5], Tbk Divisi *Noodle* Semarang, *Force Draught Fan* memainkan peran penting dalam menjaga pembakaran yang

tepat dan menjaga aliran udara yang diperlukan untuk operasi boiler yang optimal, analisis kecepatan putaran motor pada *Force Draught Fan* menjadi topik yang relevan dan menarik untuk diteliti [6].

Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah kurangnya pemahaman tentang kecepatan putaran motor 3 fase pada *Force Draught Fan* boiler dan dampaknya terhadap boiler di PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk Divisi *Noodle* Semarang, penelitian ini akan menjawab pertanyaan mengenai kecepatan putaran motor yang optimal dan bagaimana pengaturannya dapat meningkatkan kinerja boiler [7].

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kecepatan putaran motor 3 fase pada *Force Draught Fan* boiler dengan kapasitas 21 ton di PT. Indofood Sukses

Makmur, Tbk Divisi *Noodle* Semarang. Metode penelitian yang digunakan melibatkan pengambilan data langsung dari sistem Boiler di pabrik [8]. Analisis statistik akan dilakukan untuk mengidentifikasi pola kecepatan putaran motor selama periode waktu tertentu, selain itu, pengamatan visual dan pengukuran langsung menggunakan alat yang sesuai juga akan dilakukan untuk mengumpulkan data yang diperlukan [9].

Dari penelitian terdahulu, maka peneliti ingin menganalisis tentang kecepatan putaran motor 3 fase pada *Force Draught Fan* Boiler di PT. Indofood Sukses Makmur Tbk, Divisi *Noodle* Semarang, selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengeksplorasi potensi peningkatan kinerja boiler secara otomatis sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional Boiler melalui penyesuaian kecepatan putaran motor yang optimal menggunakan VFD, dengan menganalisis secara komprehensif kecepatan putaran motor pada *Force Draught Fan*, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi pada pengetahuan dalam bidang sistem Boiler industri [10].

II. STUDI PUSTAKA

Referensi pertama [11] adalah *Energy saving analysis of air fan motor in power plant boiler controlled by variable frequency drive*, Pada tahun 2018, LEMTEK UI melaporkan hasil Audit Energi yang menunjukkan bahwa sistem kipas udara yang digunakan di PLTU Tanjung Jati B Jepara tidak efisien. Efisiensi energi pada FDF hanya mencapai 32% dan efisiensi PAF sebesar 49.01%. Ketidakefisienan sistem kipas udara ini menyebabkan terbuangnya energi listrik sebesar 13.352.929 KWh (13,35 GWh) setiap tahun dengan kerugian keuangan sebesar Rp 13.352.929.140. Untuk mengatasi kondisi ini, dilakukan pemasangan *variable frequency drive* (VFD) yang dapat mengatur aliran udara sesuai kebutuhan, sehingga limbah energi dapat dikurangi. Simulasi MATLAB diajukan untuk menganalisis metode VFD ini. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan menggunakan VFD, dapat menghemat energi sebesar 8.233.573,444 KWh (8,45 GWh) per tahun. Manfaat biaya total yang diperoleh adalah sebesar Rp 8.233.573.444 atau 32,1% dari biaya penghematan. Efisiensi FDF meningkat menjadi 72,57% dan PAF menjadi 66,84%.

Referensi kedua [12] [13] adalah Penerapan *Variable Frequency Drive* Pada Motor *Fuel Screw Feeder* Untuk Bahan Bakar Pada Sistem Boiler, penelitian ini mengkaji penggunaan sistem pemasukan bahan bakar tipe ulir, yang merupakan alternatif dalam proses pembakaran menggunakan batubara pada sebuah instalasi pembangkit tenaga. Masalah yang sering terjadi dalam pembakaran batubara adalah pemanjatan pada saluran masukan sebelum masuk ke ruang bakar. Sistem pemasukan bahan bakar tipe ulir ini memungkinkan batubara untuk bergerak mengikuti ulir dengan kecepatan tertentu. Feeder yang digunakan terbuat dari nilon pejal dengan dimensi antar ulir 20 mm dan panjang 300 mm, dengan kapasitas 30 ton/jam. Pipa saluran dilengkapi dengan *water jacket*. Kecepatan putaran motor divariasikan antara 300 Rpm hingga 1500 Rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju aliran batubara rata-rata pada kecepatan 300 RPM adalah 1 ton/jam, sedangkan pada kecepatan 1500 RPM adalah 30 ton/jam, dalam konteks ini,

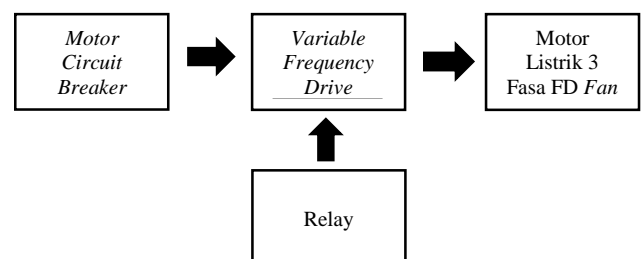
VFD (*Variable Frequency Drive*) dapat digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor secara fleksibel. Penelitian ini relevan dalam konteks optimisasi sistem pemasukan bahan bakar pada boiler.

Referensi ketiga [14] adalah *Energy conservation in boiler house by using variable speed control*, penyediaan udara pembakaran yang lebih banyak daripada yang dibutuhkan secara teori selalu diperlukan dalam boiler untuk memastikan pembakaran yang lengkap dan operasi yang aman. Pada saat yang sama, efisiensi boiler sangat bergantung pada tingkat udara berlebih. Oleh karena itu, udara berlebih harus dioptimalkan untuk meningkatkan efisiensi sistem, dalam penelitian ini, efek rasio udara berlebih terhadap efisiensi sistem boiler diteliti pada boiler tabung air dengan kapasitas produksi uap 20 bar dan 55 ton pada suhu 245°C. Udara pembakaran boiler dipasok dari kipas yang digerakkan oleh motor induksi 30kW pada 1450 RPM, karena motor kipas, yang berjalan pada kecepatan nominal, telah memasok laju aliran udara yang sama, jumlah udara berlebih dan suhu gas buang sangat tinggi pada beban rendah. Pada tahap tersebut, efisiensi boiler rendah akibat kerugian energi termal, yang juga mengakibatkan kerugian energi listrik. Kebutuhan uap di pabrik berubah karena proses pembuatan ban. Misalnya, pada mesin pemasak ban, uap, dan air panas tidak diperlukan saat penggantian cetakan ban. Untuk meningkatkan efisiensi boiler, kecepatan motor kipas dikurangi dari 1450 RPM menjadi 400 RPM dengan menggunakan pengendali kecepatan variabel (VFD), setelah penerapan VFD, suhu cerobong reduksi dari 195°C menjadi 145°C. Hal ini menyebabkan peningkatan efisiensi boiler sebesar 2,5 persen, dan 10.000 kW energi listrik dapat dihemat dalam satu bulan, dalam artikel ini, kerugian energi yang terkait dengan tingkat udara berlebih dievaluasi dan diperhitungkan biayanya bagi produsen. Ikhtisar tentang langkah-langkah konservasi tersebut, lengkap dengan analisis, potensi penghematan energi dan biaya, biaya implementasi, dan periode pengembalian modal yang sederhana juga diberikan.

III. METODE

A. Sistem Kendali VFD pada *Force Draught Fan* Boiler

Proses ini akan dilakukan setelah data diperoleh dan dianalisa terhadap metode yang ditetapkan. Gambar 1. berikut adalah Diagram Blok VFD pada *Force Draught Fan* Boiler .



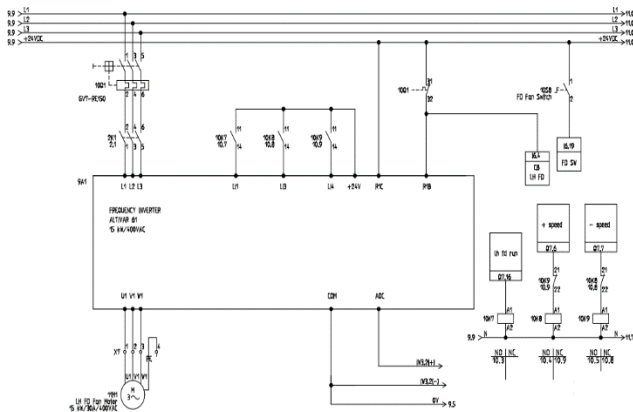
Gambar 1. Berikut adalah diagram blok dari sistem

Pada gambar 1. ditunjukkan bahwa motor listrik 3 fase pada *Force Draught Fan* Boiler dikendali oleh VFD (*Variable Frequency Drive*), di mana terdapat *Motor Circuit Breaker*

sebagai pengaman seluruh rangkaian (pengaman utama) yang dihubungkan dengan VFD serta motor listrik 3 fasa, dengan didukung komponen relay sebagai kendali mode terminal VFD, sumber tegangan VFD adalah 380 VAC[15]–[17].

B. Wiring Diagram Kendali VFD pada FD Fan Boiler

FD Fan [18], [19] (*force draught*) adalah Fan yang menghasilkan udara pembakaran dipasang di bawah stoker. Fan ini dioperasikan oleh VFD, yang memungkinkan pengaturan batas tertinggi dan terendahnya dalam satuan Hz. Kecepatan putaran motor FD Fan dapat diatur secara manual atau otomatis sesuai dengan kebutuhan, dalam mode otomatis, jika tekanan uap belum mencapai *Setting Point*, maka putaran motor akan tetap pada kecepatan tertinggi, jika tekanan uap mencapai *setting point*, putaran motor akan secara perlahan berkurang hingga mencapai kecepatan yang seimbang dengan penggunaan uap atau perubahan tekanan, sebaliknya, jika tekanan uap terus meningkat melebihi *setting point*, putaran motor akan menurun ke kecepatan terendah. berikut adalah *Wiring Diagram* VFD pada *Force Draught Fan* Boiler ditunjukkan pada gambar 2 .



Gambar 2. *Wiring Diagram*.

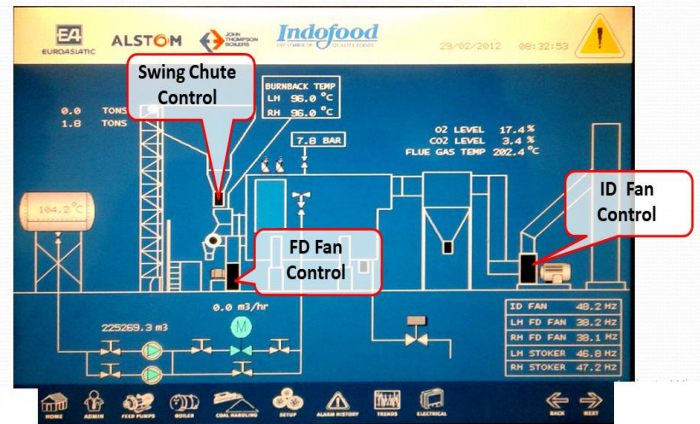
Pada gambar 2. ditunjukkan bahwa beban pada motor FD Fan memiliki nilai konstan, di mana kecepatan motor hanya dipengaruhi oleh frekuensi, karena kecepatan rotor motor induksi berkaitan secara linear dengan frekuensi. Prinsip kerja motor induksi didasarkan pada interaksi elektromagnetik. Ketika sumber tegangan tiga fase diterapkan pada kumparan medan (*stator*), medan putar terbentuk dengan kecepatan sinkron yang dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$N_s = 120.f/p \text{ (RPM)} \quad (1)$$

di mana N_s adalah kecepatan medan putar *stator* dalam rotasi per menit, f adalah frekuensi dalam Hertz, dan p adalah jumlah kutub magnet yang digunakan dalam motor. Dengan demikian, kecepatan putaran motor induksi sangat bergantung pada frekuensi sumber daya yang digunakan dan jumlah kutub magnet pada kumparan motor [20].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kecepatan Putaran Motor 3 Fase pada *Force Draught Fan* Mesin Boiler 21 Ton di PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk. Divisi *Noodle* Semarang dilakukan dengan pengambilan data pada HMI (*Human Machine Interface*) pada panel kontrol [21]–[23], Tampilan HMI ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan HMI Mesin Boiler

Pada gambar 3. ditunjukkan bahwa FD Fan dapat dikontrol dan dipantu di HMI (*Human Machine Interface*) Boiler, perolahan data diambil dari layar HMI secara *real time*.

Tabel 1. Parameter yang tercatat dalam 8 jam (1 Shift kerja)

Jam Ke-	Tekanan Steam (Bar)	FD Fan	
		LH(Hz)	RH(Hz)
1	7	35	35
2	7.2	34	34
3	7.4	33	33
4	7.5	31	31
5	7.6	29	29
6	7.9	19	19
7	8	18	18
8	8	15	15

Frekuensi pada FD Fan dipengaruhi oleh tekanan pada Boiler, jika tekan 7 bar, maka Frekuensi FD Fan *high*, jika tekan tercapai (8 bar), maka Frekuensi FD Fan *low*.

Berikut adalah perhitungan kecepatan putaran motor berdasarkan persamaan 1 dan tabel 1, di mana Motor listriknya 3 Fase 380VAC dan 4 Pole, persamaan 1.

$$N_s = 120.f/p \text{ (RPM)}$$

Jam ke-1: $120.35/4 = 1050 \text{ RPM}$

Jam ke-2: $120.34/4 = 1020 \text{ RPM}$

Jam ke-3: $120.33/4 = 990 \text{ RPM}$

Jam ke-4: $120.31/4 = 930 \text{ RPM}$

Jam ke-5: $120.29/4 = 870 \text{ RPM}$

Jam ke-6: $120.19/4 = 570 \text{ RPM}$

Jam ke-7: $120.18/4 = 540 \text{ RPM}$

Jam ke-8: $120.15/4 = 450 \text{ RPM}$

Tabel 2. Kecepatan putaran motor dalam satuan RPM (1 Shift kerja)

Jam Ke-	Tekanan Steam (Bar)	FD Fan	FD Fan	FD FAN
		LH(Hz)	RH(Hz)	RPM
1	7	35	35	1050
2	7.2	34	34	1020
3	7.4	33	33	990
4	7.5	31	31	930
5	7.6	29	29	870
6	7.9	19	19	570
7	8	18	18	540
8	8	15	15	450

Kecepatan putaran motor ID *Fan* dipengaruhi oleh frekuensi dari VFD, hal tersebut sesuai dengan persamaan 1, di mana makin tinggi frekuensi, maka makin tinggi putarannya, begitu juga saat frekuensi rendah, maka putarannya semakin rendah, sedangkan tinggi rendahnya frekuensi dipengaruhi oleh tekanan *steam* Boiler, hal tersebut menunjukkan kinerja boiler dapat beroperasi secara otomatis.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah dicapai selama penelitian, ditemukan bahwa kecepatan putaran motor ID *Fan* pada boiler dipengaruhi oleh frekuensi dari *Variable Frequency Drive* (VFD), sesuai dengan persamaan 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi yang diterapkan pada VFD, maka semakin tinggi pula kecepatan putaran motor ID *Fan*, sebaliknya, saat frekuensi yang diterapkan rendah, kecepatan putaran motor ID *Fan* akan menurun. Faktor penentu tinggi rendahnya frekuensi VFD ini adalah tekanan uap pada boiler, hasil ini menunjukkan bahwa boiler dapat beroperasi secara otomatis dengan mengatur frekuensi VFD berdasarkan tekanan uap yang ada, artinya boiler dapat menjaga kinerja optimalnya secara mandiri sesuai dengan kebutuhan produksi mie di PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk Divisi *Noodle* Semarang. Otomatisasi sistem Boiler ini memberikan manfaat yang signifikan, antara lain meningkatkan efisiensi operasional dan performa boiler, dengan mengoptimalkan kecepatan putaran motor ID *Fan* melalui pengaturan frekuensi VFD secara otomatis, proses produksi mie dapat berjalan dengan lebih efisien dan berkualitas. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antara kecepatan motor dan performa boiler, serta memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi optimalisasi Boiler di industri pangan.

REFERENSI

- [1] S. Hasnain, M. K. Ali, J. Akhter, B. Ahmed, and N. Abbas, "Selection of an industrial boiler for a soda-ash production plant using analytical hierarchy process and TOPSIS approaches," *Case Stud. Therm. Eng.*, 2020.
- [2] C. Schoeneberger, J. Zhang, C. McMillan, J. B. Dunn, and E. Masanet, "Electrification potential of U.S. industrial boilers and assessment of the GHG emissions impact," *Adv. Appl. Energy*, 2022.
- [3] R. Saidur, E. A. Abdelaziz, A. Demirbas, M. S. Hossain, and S. Mekhilef, "A review on biomass as a fuel for boilers," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011.
- [4] S. R. Arbaaz, P. W. V Patil, and S. Panchal, "Review on Boiler Control Automation for Sugar Industries," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, 2017.
- [5] O. D. Ernawati, "Inspeksi K3 Terhadap Potensi Bahaya Indofood Sukses Makmur Tbk Divisi Noodle Cabang Semarang," *Sebel. Maret*, 2017.
- [6] T. Priohutomo and R. Prasetyo, "Optimasi Proses Pemesinan Sudu Turbin FD FAN Terhadap Waktu Dan Biaya Produksi," *J. Online Sekol. Tinggi Teknol. Mandala*, 2019.
- [7] S. Yadav and G. S. Sharma, "Noise reduction techniques for FD & ID fan in thermal power plant using chamber based silencer," *Int. J. Mech. Prod. Eng. Res. Dev.*, 2019.
- [8] J. N. Eneh and P. C. Ene, "Optimizing the control and automation of variable torque on 3-phase induction motor using programable neuro logic controller and variable frequency drive," *Niger. J. Technol.*, 2020.
- [9] S. V. John, K. S. Rama Rao, and R. Srinivasa Rao, "Analysis of VFD Induction Motor Current Disturbances by Prony Analysis and Motor Redesign by Intelligent Optimization Techniques," in *ICPEE 2021 - 2021 1st International Conference on Power Electronics and Energy*, 2021.
- [10] M. R. Amrullah and L. Aditya, "Analisa Inverter Drive Sebagai Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Ac," *J. Ilm. Elektrokrisna*, 2015.
- [11] P. M. Wibowo, M. Haddin, and A. Marwanto, "Energy saving analysis of air fan motor in power plant boiler controlled by variable frequency drive," *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, 2021.
- [12] S. J. Lee and J. Y. Lee, "Tuning boiler controls to minimize disruption on a FD fan VFD trip," in *ISA - The Instrumentation, Systems, and Automation Society - 17th Annual Joint ISA POWID/EPRI Controls and Instrumentation Conference and 50th Annual ISA POWID Symposium 2007*, 2007.
- [13] Gomgom and I. Effendi, "Penerapan Variable Frequency Drive Pada Motor Fuel Screw Feeder Untuk Bahan Bakar Pada Sistem Boiler," *J. Desiminasi Teknol.*, 2014.
- [14] I. Kilicaslan and E. Ozdemir, "Energy conservation in boiler house by using variable speed control," *Energy Eng. J. Assoc. Energy Eng.*, 2004.
- [15] S. A. Achelpohl, J. A. Mathias, and J. A. Green, "Installation and results of variable-frequency drives at a mid-sized power generation facility," in *ASHRAE Transactions*, 2014.
- [16] C. L. Su, C. H. Liao, T. C. Chou, M. H. Chou, and J. M. Guerrero, "Variable flow controls of closed system pumps for energy savings in maritime power systems," in *IEEE Industry Application Society, 52nd Annual Meeting: IAS 2016*, 2016.
- [17] C. L. Su, C. H. Liao, T. C. Chou, S. Y. Tsai, and K. T. Yu, "Design and application of variable frequency constant pressure technology in closed system pumps on marine vessels," in *Proceedings - 2015 IEEE IAS Joint Industrial and Commercial Power Systems / Petroleum and Chemical Industry Conference, ICPSPIC 2015*, 2017.
- [18] M. S. Bhatt, "Effect of ash in coal on the performance of coal fired thermal power plants. Part II: Capacity and secondary energy effects," *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, 2006.
- [19] P. J. O'Donnell, "Control Systems Engineering," *J. Oper. Res. Soc.*, 1961.

Ahmad Faidlon, dkk.: Analisis Kecepatan Putaran Motor 3 Fase pada *Force Draught Fan* Mesin Boiler 21 Ton di
PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk. Divisi Noodle Semarang

- [20] A. W. Septiana and I. Setiono, "PENGATURAN PERGESERAN SUDUT FASA 120° SEBAGAI PEMBANGKIT GELOMBANG KOTAK PADA INVERTER TIGA FASA," *Gema Teknol.*, 2016.
- [21] S. Lin *et al.*, "A touch-based multimodal and cryptographic bio-human-machine interface," *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 2022.
- [22] N. Kumar and S. C. Lee, "Human-machine interface in smart factory: A systematic literature review," *Technol. Forecast. Soc. Change*, 2022.
- [23] T. A. Sitompul, "Human-Machine Interface for Remote Crane Operation: A Review," *Multimodal Technologies and Interaction*. 2022.