

Firman Lukman Sanjaya



Butanol Sebagai **Bahan Bakar Alternatif** **Mesin Bensin**



Butanol Sebagai **Bahan Bakar Alternatif** **Mesin Bensin**



eureka
media aksara
Anggota IKAPI
No. 225/JTE/2021

☎ 0858 5343 1992
✉ eurekamediaaksara@gmail.com
📍 Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-151-021-1



9 786231 510211

BUTANOL SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF MESIN BENSIN

Firman Lukman Sanjaya



eureka
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

**BUTANOL SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF MESIN
BENSIN**

Penulis : Firman Lukman Sanjaya

Desain Sampul : Ardyan Arya Hayuwaskita

Tata Letak : Meilita Anggie Nurlatifah

ISBN : 978-623-151-021-1

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, MEI 2023**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekamediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2023

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh
isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun,
termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman
lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Alkohol Butanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif Mesin Bensin merupakan wujud kepedulian terhadap krisis energi khususnya bahan bakar. Pemanfaatan alkohol butanol untuk bahan bakar alternatif mesin bensin menjadi fokus pengembangan.

Ucapan terimakasih disampaikan kepada para penyusun yang telah membantu dalam pembuatan buku ini dan yang telah mensupport dalam segala hal. Apabila terdapat kesalahan atau kekeliruan dalam buku ini, pintu kritik dan saran terbuka lebar.

Tegal, Februari 2023

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB 1 PARAMETER MOTOR.....	1
A. Prinsip Kerja Motor	1
B. Siklus Termodinamika Motor Bakar	4
C. Parameter Kinerja Motor.....	8
BAB 2 KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR.....	18
A. Angka Oktan (Octane Number)	18
B. Kemudahan Penguapan (Volatility)	20
C. Titik Nyala (Flash Point)	21
D. Massa Jenis (Density)	22
E. Kekentalan (Viscosity).....	23
F. Nilai Kalor (Calorific Value)	25
G. Kandungan Oksigen (Oxygen Conten)	26
BAB 3 BUTANOL SEBAGAI BAHAN BAKAR	
ALTERNATIF.....	27
A. Bahan Baku Butanol	27
B. Proses Pembuatan Butanol	28
C. Spesifikasi Butanol.....	29
BAB 4 PENGGUNAAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF	
BUTANOL PADA MOTOR BAKAR BENSIN	
SEBAGAI UPAYA PENGURANGAN POLUSI DAN	
KETERGANTUNGAN BAHAN BAKAR FOSIL	31
A. Pengaruh Penambahan Butanol Sebagai Campuran Bahan Bakar Premium Terhadap Torsi Dan Daya Mesin Bensin Dengan Sistem EGR.....	31
B. Brake Spesific Fuel Consumption dan Brake Thermal Efficiency Mesin Bensin EFI Dengan Sistem EGR Berbahan Bakar Premium dan Butanol	36
C. Efek Penambahan Butanol Terhadap Temperatur Dan Emisi Gas Buang Mesin Bensin EFI Menggunakan EGR	42
D. Uji Eksperimental Emisi Gas Buang Mesin Bensin 160 cc Berbahan Bakar Campuran Peralite-Butanol dan Peralite-Diethyl Ether (DEE)	50

DAFTAR PUSTAKA	57
TENTANG PENULIS	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Prinsip kerja motor 2 langkah (a) Langkah hisap dan kompresi (b) langkah daya dan buang.....	2
Gambar 1. 2 Prinsip kerja motor empat langkah.....	3
Gambar 1. 3 Diagram Siklus Otto Ideal.....	5
Gambar 1. 4 Siklus Aktual Otto.....	6
Gambar 1. 5 Diagram P-V dan T-S siklus diesel.....	7
Gambar 1. 6 Torsi Motor.....	9
Gambar 1. 7 Daya Motor.....	10
Gambar 2. 1 Reaksi Kimia dan Rating oktan.....	19
Gambar 2. 2 Proses pembakaran normal (a) dan Pembakaran prematur (b).....	20
Gambar 2. 3 Ilustrasi partikel bahan bakar bentuk cair (a) dan bentuk uap (b).....	21
Gambar 2. 4 Ilustrasi Flash Point.....	22
Gambar 2. 5 Ilustrasi perbedaan massa jenis air dan bahan bakar.....	22
Gambar 2. 6 Ilustrasi fluida dengan perbedaan nilai viskositas.....	23
Gambar 2. 7 Ilustrasi pengkabutan bahan bakar dengan perbedaan viskositas rendah (a) dan tinggi (b)....	25
Gambar 2. 8 Syarat terjadinya pembakaran.....	26
Gambar 3. 1 Bahan baku butanol/biobutanol.....	27
Gambar 4. 1 Eksperimental Setup mesin bensin.....	33
Gambar 4. 2 Torsi mesin bensin menggunakan EGR berbahan bakar bensin dan butanol.....	34
Gambar 4. 3 Daya mesin bensin menggunakan EGR berbahan bakar bensin dan butanol.....	35
Gambar 4. 4 Eksperimental Setup mesin bensin.....	38
Gambar 4. 5 Brake specific fuel consumption (BSFC) mesin bensin berbahan bakar bensin dan butanol.....	40
Gambar 4. 6 Brake Thermal Efficiency (BTE) mesin bensin menggunakan EGR berbahan bakar bensin dan butanol.....	41
Gambar 4. 7 Diagram Alir Penelitian.....	43
Gambar 4. 8 Set-up Mesin.....	44

Gambar 4. 9	Temperatur gas buang mesin bensin berbahan bakar bensin dan butanol dengan sistem EGR.....	46
Gambar 4. 10	Emisi CO mesin bensin EFI berbahan bakar bensin dan butanol menggunakan EGR.....	47
Gambar 4. 11	Emisi HC mesin bensin EFI berbahan bakar bensin dan butanol menggunakan sistem EGR....	48
Gambar 4. 12	Emisi CO ₂ mesin bensin EFI berbahan bakar bensin dan butanol menggunakan sistem EGR....	49
Gambar 4. 13	Diagram alur penelitian	50
Gambar 4. 14	Set-up Mesin	52
Gambar 4. 15	Emisi CO mesin bensin 160 CC berbahan bakar pertalite-butanol dan pertalite-DEE	54
Gambar 4. 16	Emisi HC mesin bensin 160 CC berbahan bakar pertalite-butanol dan pertalite-DEE	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Sifat fisik butanol, etanol dan bensin	28
Tabel 3. 2 Spesifikasi Butanol	29
Tabel 4. 1 Prosentase campuran bahan bakar premium dan butanol	32
Tabel 4. 2 Sifat fisik bahan bakar premium dan butanol	32
Tabel 4. 3 Spesifikasi mesin kijang toyota	32
Tabel 4. 4 Prosentase Campuran Bahan Bakar.....	37
Tabel 4. 5 Propertis bahan bakar	37
Tabel 4. 6 Sepesifikasi mesin bensin	37
Tabel 4. 7 Spesifikasi mesin bensin	43
Tabel 4. 8 Prosentase campuran bahan bakar	44
Tabel 4. 9 Karakteristik Bahan Bakar	44
Tabel 4. 10 Prosentase campuran bahan bakar pertlite, butanol dan DEE	51
Tabel 4. 11 Karakteristik Bahan Bakar	51
Tabel 4. 12 Spesifikasi mesin	52

BAB

1

PARAMETER MOTOR

A. Prinsip Kerja Motor

Berdasarkan prinsip kerja motor pembakaran dalam baik motor bensin maupun motor diesel dibedakan menjadi dua yaitu motor 2 langkah dan motor 4 langkah.

1. Motor Dua Langkah

Motor dua langkah merupakan motor yang menghasilkan kerja mesin (daya) dalam satu kali putaran engkol. Ini berarti, motor dua langkah hanya membutuhkan satu putaran engkol untuk menyelesaikan satu siklus kerja di dalam silinder. Motor dua langkah juga menggunakan gerakan naik turun piston sebagai pengganti katup. Saluran udara masuk dan keluar berada pada dinding silinder sehingga gerakan piston yang melewati saluran udara tersebut menjadi pengganti katup yang tugasnya membuka dan menutup saluran udara. Pada motor dua langkah terjadi dua kompresi. Kompresi pertama dilakukan pada bak engkol dimana saat piston menuju ke TMA campuran udara dan bahan bakar tertatik masuk menuju ke bak engkol. Selanjutnya kompresi kedua terjadi pada saat piston bergerak menuju ke TMB campuran bahan bakar dan udara terdorong melewati saluran transfer menuju ke bagian silinder (Heywood, 1988). Prinsip kerja motor dua langkah ditunjukkan pada Gambar 1.1.

BAB

2

KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR

Jenis bahan bakar mempengaruhi proses pembakaran didalam silinder. Hal ini karena karakteristik bahan bakar memiliki fungsi dalam membantu proses pembakaran. Bahan bakar yang digunakan dalam proses pembakaran harus memenuhi beberapa karakteristik penting yang ada.

A. Angka Oktan (Octane Number)

Prestasi motor dipengaruhi oleh angka oktan yang terkandung dalam bahan bakar. Angka oktan merupakan angka yang menunjukkan ketahanan bahan bakar saat menerima tekanan pada langkah kompresi. Langkah kompresi bertujuan untuk memberikan tekanan campuran udara dan bahan bakar pada silinder. Tekanan yang tinggi menghasilkan temperatur yang tinggi pula. Ketahanan bahan bakar dalam menerima tekanan didalam silinder menghasilkan kompresi campuran udara dan bahan bakar yang tinggi sehingga ledakan dari hasil pembakaran meningkat. Hal ini menghasilkan gaya dorong piston menuju titik mati bawah meningkat sehingga torsi yang dihasilkan tinggi pula.

BAB 3 | BUTANOL SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

A. Bahan Baku Butanol

Biobutanol merupakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Hal ini karena biobutanol terbuat dari bahan-bahan nabati yang tersedia di alam. Selain itu, biobutanol tidak mengganggu pasokan pangan dan cukup banyak tersedia di Indonesia. Bioetanol dapat dibuat dari ganggang (*algae*), Buah naga (*Dragon Fruit*), buah mahkota dewa (*phaleriamacrocarpa*) (Semar & Yuliarita, 2022).



Ganggang (*algae*)



Buah naga (*Dragon Fruit*)



Buah Mahkota Dewa (*phaleriamacrocarpa*)

Gambar 3. 1 Bahan baku butanol/biobutanol
(Semar & Yuliarita, 2022)

BAB 4

PENGGUNAAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF BUTANOL PADA MOTOR BAKAR BENJIN SEBAGAI UPAYA PENGURANGAN POLUSI DAN KETERGANTUNGAN BAHAN BAKAR FOSIL

Ketergantungan bahan bakar fosil pada kendaraan mengakibatkan terjadinya krisis energi dan polusi udara. Oleh karena itu, penggunaan bahan bakar alternatif alkohol seperti Butanol menjadi solusi mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan mengendalikan polusi udara. Penggunaan butanol sebagai campuran bahan bakar bensin terbukti mampu mengurangi emisi gas buang kendaraan dan meningkatkan performa mesin bensin. Berikut hasil penelitian yang membuktikan hal tersebut.

A. Pengaruh Penambahan Butanol Sebagai Campuran Bahan Bakar Premium Terhadap Torsi Dan Daya Mesin Bensin Dengan Sistem EGR

Penelitian ini dilakukan oleh Firman Lukman sanjaya dan Syarifudin dari Program Studi Diploma 3 Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan butanol pada premium terhadap torsi dan daya mesin bensin dengan system EGR. Bahan bakar yang digunakan adalah premium yang dilambangkan dengan huruf (P) dan Butanol yang dilambangkan dengan huruf (B). Prosentase campuran bahan bakar tersebut ditunjukkan pada Tabel 1. Karakteristik bahan bakar ditampilkan pada Tabel 2. Mesin yang digunakan adalah mesin bensin dengan spesifikasi seperti pada Tabel 3. Percobaan dilakukan dengan kecepatan putaran mesin tetap 2500 rpm. Peralatan uji pada mesin bensin disusun sesuai dengan gambar

DAFTAR PUSTAKA

- Ayodhya, A. S., Lamani, V. T., Bedar, P., & Kumar, G. N. (2018). Effect of exhaust gas recirculation on a CRDI engine fueled with waste plastic oil blend. *Fuel*, 227(X), 394–400. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.04.128>
- Barik, D., Murugan, S., Samal, S., & Sivaram, N. M. (2017). Combined effect of compression ratio and diethyl ether (DEE) port injection on performance and emission characteristics of a DI diesel engine fueled with upgraded biogas (UBG)-biodiesel dual fuel. *Fuel*, 209(August), 339–349. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.08.015>
- Dhamodaran, G., Esakkimuthu, G. S., Pochareddy, Y. K., & Sivasubramanian, H. (2017). Investigation of n-butanol as fuel in a four-cylinder MPFI SI engine. *Energy*, 125, 726–735. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.134>
- Elfasakhany, A. (2016). Engine performance evaluation and pollutant emissions analysis using ternary bio-ethanol–isobutanol–gasoline blends in gasoline engines. *Journal of Cleaner Production*, 139, 1057–1067. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.016>
- Fatkhurrozak, F., Sanjaya, F. L., Syarifudin, S., & Syaiful, S. (2020). Pengaruh Diethyl Ether Terhadap Torsi dan Daya Mesin Diesel Injeksi Langsung Berbahan Bakar Solar Campuran Jatropa. *Infotekmesin*, 11(2), 137–140. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v11i2.258>
- Fatkhurrozak, F., & Syaiful. (2019). Effect of Diethyl Ether (DEE) on Performances and Smoke Emission of Direct Injection Diesel Engine Fueled by Diesel and Jatropa Oil Blends with Cold EGR System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 494(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/494/1/012005>
- Feng, H., Zhang, H., Wei, J., Li, B., & Wang, D. (2019). The influence of mixing ratio of low carbon mixed alcohols on knock combustion of spark ignition engines. *Fuel*, 240(66), 339–348.

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.12.005>

- Hergueta, C., Bogarra, M., Tsolakis, A., Essa, K., & Herreros, J. M. (2017). Butanol-gasoline blend and exhaust gas recirculation, impact on GDI engine emissions. *Fuel*, 208, 662-672. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.07.022>
- Heywood, J. B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. N. York: McGraw-Hill.
- Jamrozik, A., Tutak, W., Pyrc, M., Gruca, M., & Kočiško, M. (2018). Study on co-combustion of diesel fuel with oxygenated alcohols in a compression ignition dual-fuel engine. *Fuel*, 221(September 2017), 329-345. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.098>
- Jatmiko, R. S., Winangun, K., & Malyadi, M. (2019). Pengaruh Pencampuran Bahan Bakar Pertalite Dengan Bio Etanol Terhadap Peforma Mesin Injeksi Yamaha Vixion 150Cc Tahun 2011. *Komputek*, 3(1), 33. <https://doi.org/10.24269/jkt.v3i1.200>
- Kumar, M. V., & Reddy, S. S. G. (2021). Study on the performance and emissions of diesel engine by fish methyl ester and DEE additive in a diesel engine fuel. *Materials Today: Proceedings*, 45(xxxx), 3323-3327. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.648>
- Mohammed, M. K., Balla, H. H., Al-Dulaimi, Z. M. H., Kareem, Z. S., & Al-Zuhairy, M. S. (2021). Effect of ethanol-gasoline blends on SI engine performance and emissions. *Case Studies in Thermal Engineering*, 25(May 2020), 100891. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.100891>
- Mohebbi, M., Reyhanian, M., Hosseini, V., Said, M. F. M., & Aziz, A. A. (2018). The effect of diethyl ether addition on performance and emission of a reactivity controlled compression ignition engine fueled with ethanol and diesel. *Energy Conversion and Management*, 174(March), 779-792. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.08.091>

- Nithyanandan, K., Zhang, J., Li, Y., Wu, H., Lee, T. H., Lin, Y., & Lee, C. F. F. (2016). Improved SI engine efficiency using Acetone-Butanol-Ethanol (ABE). *Fuel*, 174, 333–343. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.01.001>
- Putra, R. C., & Rosyidin, A. (2020). Pengaruh nilai oktan terhadap unjuk kerja motor bensin dan konsumsi bahan bakar dengan busi-koil standar-racing. *Jurnal POLIMESIN*, 18(01), 7–15.
- Sanjaya, F. L. (2020). Brake spesific fuel consumption , brake thermal efficiensy , dan emisi gas buang mesin bensin EFI dengan sistem EGR berbahan bakar premium dan butanol. 9(2), 170–176.
- Sanjaya, F. L., Syaiful, S., & Syarifudin, S. (2020). Brake spesific fuel consumption, brake thermal efficiensy, dan emisi gas buang mesin bensin EFI dengan sistem EGR berbahan bakar premium dan butanol. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 9(2), 170–176. <https://doi.org/10.24127/trb.v9i2.1178>
- Sanjaya, F. L., Syaiful, & Sinaga, D. N. (2019). Effect of Premium-Butanol Blends on Fuel Consumption and Emissions on Gasoline Engine with Cold EGR System. *Journal of Physics: Conference Series*, 1373(1), 11–17. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1373/1/012019>
- Sanjaya, F. L., Syarifudin, S., & Fatkhurrozak, F. (2022). Efek Penambahan Butanol Terhadap Emisi dan Temperatur Gas Buang Mesin Bensin EFI Menggunakan EGR. *Infotekmesin*, 13(1), 8–12. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v13i1.677>
- Semar, D., & Yuliarita, E. (2022). Meramu Bensin Ramah Lingkungan dengan Pemanfaatan Butanol. *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, 45(1), 1–10. <https://doi.org/10.29017/lpmgb.45.1.611>
- Sharudin, H., Abdullah, N. R., Najafi, G., Mamat, R., & Masjuki, H. H. (2017). Investigation of the effects of iso-butanol additives on spark ignition engine fuelled with methanol-gasoline blends. *Applied Thermal Engineering*.

<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.12.017>

- Syarifudin, Fatkhurrozak, F., Sanjaya, F. L., Yohana, E., Syaiful, & Wibowo, A. (2022). The Effect of Ethanol on Brake Torque, Brake Specific Fuel Consumption, Smoke Opacity, and Exhaust Gas Temperature of Diesel Engine 4JB1 Fueled by Diesel-Jatropha Oil. *Automotive Experiences*, 5(2), 230–237. <https://doi.org/10.31603/ae.6447>
- Syarifudin, S. (2019). Daya Dan Emisi Jelaga Dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar-Jatropha-Butanol. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(3), 142. <https://doi.org/10.32497/jrm.v14i3.1503>
- Syarifudin, S., & Syaiful, S. (2019). Pengaruh Penggunaan Energi Terbarukan Butanol Terhadap Penurunan Emisi Jelaga Mesin Diesel Injeksi Langsung Berbahan Bakar Biodiesel Campuran Solar Dan Jatropha. *Infotekmesin*, 10(1), 18–22. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v10i1.20>
- Tian, Z., Zhen, X., Wang, Y., Liu, D., & Li, X. (2020). Combustion and emission characteristics of n-butanol-gasoline blends in SI direct injection gasoline engine. *Renewable Energy*, 146, 267–279. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.041>
- Verma, A., Dugala, N. S., & Singh, S. (2021). Experimental investigations on the performance of SI engine with Ethanol-Premium gasoline blends. *Materials Today: Proceedings*, 48(xxxx), 1224–1231. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.255>
- Verma, S., Das, L. M., Kaushik, S. C., & Bhatti, S. S. (2019). The effects of compression ratio and EGR on the performance and emission characteristics of diesel-biogas dual fuel engine. In *Applied Thermal Engineering* (Vol. 150). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.01.080>
- Wei, H., Zhu, T., Shu, G., Tan, L., & Wang, Y. (2012). Gasoline engine exhaust gas recirculation - A review. *Applied Energy*, 99(X), 534–544. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.011>
- Xie, F., Hong, W., Su, Y., Zhang, M., & Jiang, B. (2017). Effect of

external hot EGR dilution on combustion, performance and particulate emissions of a GDI engine. *Energy Conversion and Management*, 142, 69–81. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.03.045>

Yesilyurt, M. K., & Aydin, M. (2020). Experimental investigation on the performance, combustion and exhaust emission characteristics of a compression-ignition engine fueled with cottonseed oil biodiesel/diethyl ether/diesel fuel blends. *Energy Conversion and Management*, 205(November 2019), 112355. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112355>

Yu, X., Guo, Z., He, L., Dong, W., Sun, P., Shi, W., Du, Y., & He, F. (2018). Effect of gasoline/n-butanol blends on gaseous and particle emissions from an SI direct injection engine. *Fuel*, 229(May), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.05.003>

Yusoff, M. N. A. M., Zulkifli, N. W. M., Masjuki, H. H., Harith, M. H., Syahir, A. Z., Kalam, M. A., Mansor, M. F., Azham, A., & Khuong, L. S. (2017). Performance and emission characteristics of a spark ignition engine fuelled with butanol isomer-gasoline blends. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 57(September), 23–38. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.09.004>

Zaharin, M. S. M., Abdullah, N. R., Masjuki, H. H., Ali, O. M., Najafi, G., & Yusaf, T. (2018). Evaluation on physicochemical properties of iso-butanol additives in ethanol-gasoline blend on performance and emission characteristics of a spark-ignition engine. *Applied Thermal Engineering*, 144, 960–971. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.08.057>

Zarghami, M., Hosseinnia, S. H., & Babazadeh, M. (2017). Optimal Control of EGR System in Gasoline Engine Based on Gaussian Process. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 3750–3755. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.476>

TENTANG PENULIS

FIRMAN LUKMAN SANJAYA

Sanjaya.firman51@gmail.com

Program Studi D3 Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama
(Motor Bakar. Energi Alternatif)