

PENGARUH KATALIS TiO_2 TERHADAP EMISI GAS BUANG PEMBAKARAN DROPLET MINYAK KELAPA SAWIT

Wigo Ardi Winarko¹, Rio Candra Aldiansyah², Yuke Hary Laksono³, Irfan Isdhianto⁴,

e-mail : wigo@akabi.ac.id¹, yuke@akabi.ac.id³, irfan@akabi.ac.id⁴

^{1,3,4}Jurusan Teknik Alat Berat, Akademi Teknik Alat Berat Indonesia
Malang, Indonesia

e-mail : Riocandra27072000@gmail.com²

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Maarif Hasyim Latif
Sidoarjo, Indonesia

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi katalis TiO_2 terhadap emisi gas buang hidrocarbon dan carbon monoksida pembakaran droplet minyak kelapa sawit. Konsentrasi katalis yang diamati pada penelitian ini yaitu 1%, 2% dan 3%. Pengujian droplet dilakukan dengan menempatkan CPO sebanyak 1,25-1,31 ml pada thermocouple. Variabel droplet yang diamati meliputi evolusi api, emisi gas hidrocarbon dan carbon monoksida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan katalis TiO_2 pada minyak kelapa sawit memiliki dampak yang kurang baik pada pembakaran yang dihasilkan. Terbukti dimana dengan penambahan katalis TiO_2 pada yang semakin besar berakibat pada semakin panjangnya umur nyala api serta terjadi peningkatan emisi gas HC dan CO yang dihasilkan. Ini terjadi karena adanya perbedaan titik didih yang dimiliki oleh CPO dan TiO_2 . Selain itu penambahan katalis TiO_2 juga berdampak pada reaksi pembakaran yang semakin melambat akibat peningkatan viskositas CPO sehingga mengakibatkan pembakaran kurang sempurna serta timbul lebih banyak jelangga yang menyebabkan CO dan HC menjadi meningkat.

Kata kunci: emisi gas buang, minyak nabati, katalis TiO_2 , pembakaran droplet

PENDAHULUAN

Polusi udara Indonesia terus mengalami peningkatan yang cukup signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Salah satu faktor merupakan peningkatan penggunaan transportasi dan mesin industri. Dari beberapa data, polutan yang ada di udara saat ini menurut penelitian Sriyanto, transportasi menyumbang 30% emisi polutan, dan 90% berasal dari transportasi darat (Sriyanto, 2018). Sedangkan pada tahun sebelumnya menurut Sankey Kendaraan bermotor menyumbang 80,22% - 92,00% polutan Carbon Monoksida (Sengkey et al., 2011). Dalam rentan waktu tersebut tidak ada perubahan emisi yang lebih baik. Penyumbang emisi gas buang paling besar masih terjadi pada pembakaran mesin industri dan transportasi yang masih menggunakan energi fosil sebagai bahan bakar utamanya. Untuk itu perlu adanya peralihan bahan bakar fosil menjadi bahan bakar terbarukan yang ramah lingkungan (*renewable energy*) untuk menunjang kebutuhan bahan bakar transportasi maupun industri. Minyak nabati (*Crude Vegetable Oil*) memiliki potensi yang sangat besar jika dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar fosil.

Terdapat beberapa minyak nabati yang dapat dikembangkan untuk menjadi bahan bakar minyak

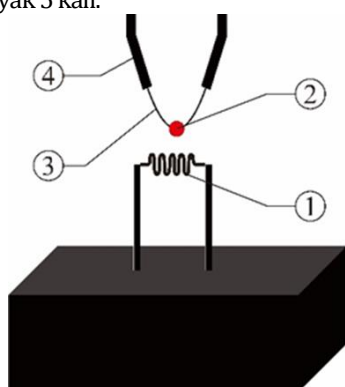
nabati. Beberapa minyak nabati sudah dilakukan penelitian sebelumnya oleh (Perdana et al., 2018; Winarko et al., 2022), dari beberapa minyak yang diteliti, minyak kelapa sawit (CPO) cukup menarik untuk diteliti karena ketersediaan yang melimpah di Indonesia. Disisi lain CPO pemerintah Indonesia melalui Pertamina juga mengembangkan CPO untuk dapat dijadikan bahan bakar pengganti solar.

Penelitian tentang minyak nabati telah dilakukan dalam beberapa dekade terakhir. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa minyak nabati sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel karena karakteristiknya hampir mirip dengan solar (Wardana, 2010), tetapi sebagian besar masih melakukan pengamatan pada biodiesel yang mana itu merupakan produk turunan dari minyak nabati (Bachtiar et al., 2019; Nisak et al., 2021; Pambudi et al., 2021). Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif masih diragukan karena masih menghasilkan emisi gas buang (EUROPEAN COMMISSION, 2012). Selain itu tingginya biaya produksi, kebutuhan energi yang besar dan beberapa peralatan penunjang dalam proses produksi biodiesel juga menjadi pertimbangan (Bautista et al., 2009; Ogden et al., 1999). Oleh karena itu perlu adanya alternatif lain supaya minyak nabati secara langsung dapat digunakan.

Beberapa penelitian dilakukan dengan menambahkan katalis pada minyak nabati (Marlina et al., 2021; Nanlohy et al., 2020). Penambahan katalis tersebut bertujuan untuk menurunkan kejenuhan rantai alkil yang ada pada minyak nabati. Dari beberapa penelitian yang dilakukan, beberapa peneliti menggunakan katalis cair Rhodium (Bouriazos et al., 2015; Grosselin et al., 1991; Nanlohy et al., 2018; Saikia et al., 2014; Vasiliou et al., 2014). Tetapi hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur senyawa asam lemak dan konfigurasinya, panjang dan posisi ikatan rangkap memiliki pengaruh yang tidak signifikan sifat penyalaaan bahan bakar minyak nabati (Knothe, 2014). Penggunaan katalis nabati pada pembakaran droplet juga pernah diamati Mustiadi. Dari hasil penelitian tersebut terdapat peningkatan energy yang ditandai dengan peningkatan temperatur pembakaran (Mustiadi et al., 2018). Karena karakteristik yang dimiliki oleh minyak nabati begitu kompleks. Perlu penyelidikan lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh katalis TiO_2 terhadap pembakaran kelapa sawit pada pembakaran droplet.

METODE PENELITIAN

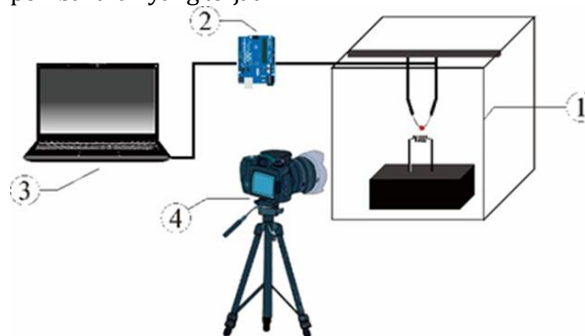
Penelitian ini menggunakan minyak kelapa sawit (CPO) yang diberi tambahan katalis titanium dioksida (TiO_2) dengan variasi 1%, 2% dan 3%. Supaya larutan katalis dan CPO dapat tercampur secara sempurna digunakan *Hotplate Magnetic Stirrer* dengan durasi 15 menit dan temperatur ruangan pada setiap variasi katalis. Setelah itu 1,25-1,31 ml CPO ditempatkan pada kawat termokopel tipe K berdiameter 0,1 mm seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Untuk mendapatkan data yang akurat setiap variasi katalis dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali.



Gambar 1. Posisi droplet:
1. Elemen pemanas, 2. Droplet, 3. Termokopel

Gambar 2 menunjukkan instalasi penelitian. Pada saat penelitian berlangsung komponen Termokopel dan *heater* diletakkan didalam *chamber* supaya nyala api yang terbentuk lebih stabil karena minim gangguan dari luar. Termokopel dihubungkan pada Arduino sehingga data temperatur nyala api selama pembakaran terjadi

dapat terekam. Untuk menganalisa karakteristik nyala api yang terjadi selama pembakaran, secara bersamaan camera video akan merekam proses terjadinya pembakaran yang terjadi

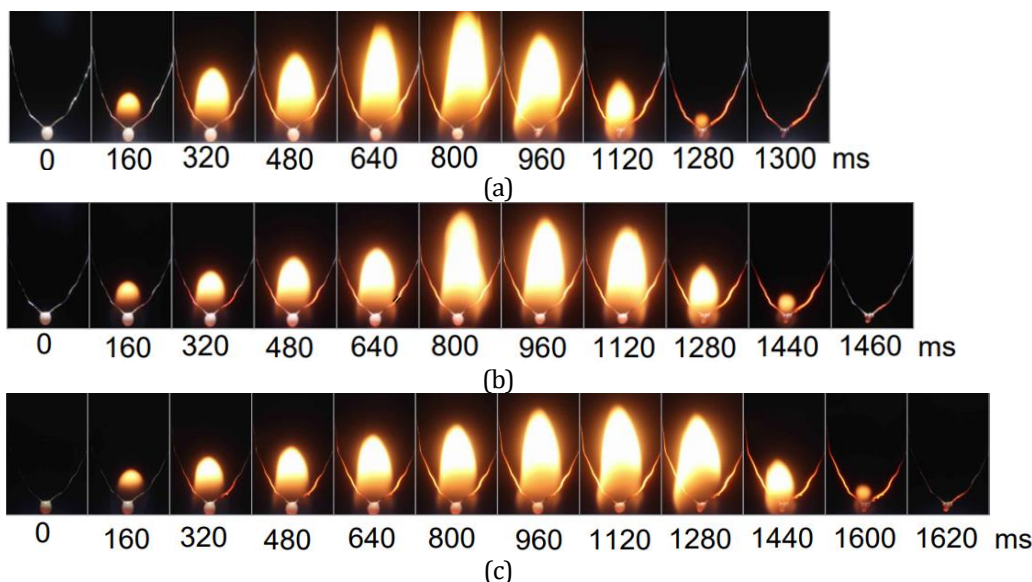


Gambar 2. Alat penelitian:
1. Ruang pembakaran, 2. Data logger, 3. Laptop, 4. Kamera

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evolusi nyala api pada variasi katalis TiO_2

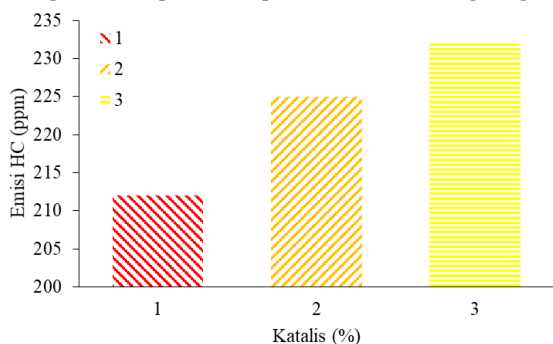
Gambar 3 merupakan nyala api yang terjadi pada saat pembakaran berlangsung. Evolusi nyala api ini didapat pada saat nyala api mulai terbentuk hingga api padam. Jika diamati dari tiga variasi katalis yang di uji, masing-masing konsentrasi katalis menghasilkan karakteristik nyala api yang berbeda beda. CPO dengan katalis 1% menghasilkan umur nyala api yang paling singkat yaitu 1300 ms, kemudian disusul CPO dengan katalis 2% yang menghasilkan umur anyala api 1460ms, sedangkan CPO dengan katalis 3% menghasilkan umur nyala api yang paling panjang yaitu 1620 ms. Peningkatan umur nyala api pada setiap penambahan konsentrasi katalis ini menunjukkan bahwa TiO_2 yang semakin tinggi berdampak terhadap kualitas nyala api yang semakin buruk. Ini ditandai dengan semakin panjangnya umur nyala api yang dihasilkan pada saat penambahan TiO_2 . Penurunan kualitas pembakaran pada saat konsentrasi TiO_2 semakin besar ini disebabkan oleh perbedaan boiling point yang cukup signifikan antara CPO dan TiO_2 . Dimana CPO akan terbakar (*flash point*) pada temperatur 280° (Perdana et al., 2018) sedangkan TiO_2 akan meleleh (*melting point*) pada temperatur 1843° (Suryawanshi & Pattiwari, 2018). Sehingga dengan adanya perbedaan tersebut, saat terjadi nyala api tidak ada reaksi yang terjadi pada TiO_2 karena temperature tertinggi yang dihasilkan oleh CPO pada saat terjadi pembakaran mencapai 858° (Perdana et al., 2018). Disisi lain penambahan konsentrasi katalis TiO_2 juga berdampak terhadap nilai kalor yang dihasilkan oleh CPO. Nilai kalor yang semakin menurun tersebut juga berdampak terhadap energy yang dihasilkan oleh CPO. Penurunan nilai kalir tersebut dapat juga diamati dengan minimnya ledakan micro yang dihasilkan selama terjadi pembakaran



Gambar 3. Hubungan variasi katalis TiO_2 terhadap evolusi nyala api: (a) 1%, (b) 2%, dan (c) 3%

Emisi gas HC pada variasi katalis TiO_2

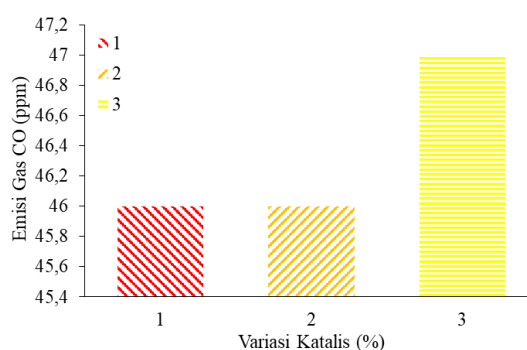
Jika dilihat pada Gambar 4, emisi hydrocarbon paling tinggi terjadi pada katalis 3% yang menghasilkan 232 ppm, katalis 2% menempati peringkat kedua yaitu sebanyak 225 ppm dan kandungan hydrocarbon paling rendah terjadi pada variasi campuran katalis 1% yaitu 212 ppm. Peningkatan HC pada variasi katalis yang lebih tinggi ini menandakan terjadinya penurunan kualitas pembakaran yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh banyaknya partikel TiO_2 yang tidak terbakar pada saat pembakaran berlangsung. Partikel yang tidak terbakar tersebut terjadi karena temperatur titik didih TiO_2 mencapai 2500° . Disisi lain, hal ini juga menghambat reaksi yang terjadi antara oksigen dan bahan bakar karena pada saat konsentrasi TiO_2 semakin besar akan meningkatkan viskositas bahan bakar. Sehingga pembakaran yang terjadi juga akan semakin menurun. Penurunan kualitas pembakaran tersebut ditandai dengan semakin pekatnya jelanga yang muncul pada saat pembakaran berlangsung. Dalam kasus ini, karena sebagian besar TiO_2 tidak terbakar pada saat terjadinya pembakaran maka partikel-partikel tersebut akan menguap ke udara sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan HC pada saat pembakaran berlangsung.



Gambar 4. Hubungan variasi katalis TiO_2 terhadap emisi gas HC

Emisi gas CO pada variasi katalis TiO_2

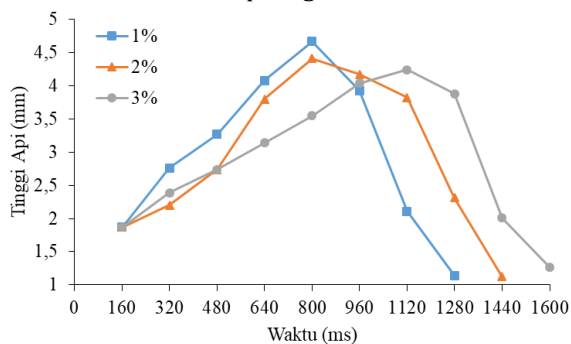
Variasi katalis menghasilkan Emisi gas CO yang berbeda-beda seperti ditunjukkan pada gambar 5. Dari tiga variasi katalis yang diamati, CPO dengan variasi katalis 1% dan 2% masing masing menghasilkan emisi gas CO yang sama yaitu 46 ppm sedangkan CPO dengan katalis 3% menghasilkan emisi gas CO paling tinggi yaitu 47 ppm. Peningkatan emisi gas CO tersebut mengindikasikan bahwa penambahan katalis TiO_2 akan berdampak terhadap penurunan kualitas pembakaran yang dihasilkan CPO. Hal ini disebabkan karena dengan penambahan katalis TiO_2 yang berlebih akan meningkatkan viskositas bahan bakar itu sendiri sehingga oksigen yang diserap oleh bahan bakar menjadi lebih sedikit. Kurangnya oksigen yang bereaksi dengan bahan bakar tersebut menyebabkan pembakaran menjadi kaya sehingga sebagian bahan bakar tidak terbakar habis dan menguap menjadi jelaga. Adanya bahan bakar yang tidak terbakar secara sempurna dan menjadi jelaga tersebut akan berdampak terhadap peningkatan CO yang semakin besar. Hal ini sesuai data hasil penelitian pada gambar 5 yang menunjukkan terjadinya peningkatan CO pada saat penambahan katalis TiO_2 yang semakin besar.



Gambar 5. Hubungan variasi katalis TiO_2 terhadap emisi gas CO

Tinggi api pada variasi katalis TiO₂

Dari 3 variasi katalis yang di uji menunjukkan terjadinya perbedaan tinggi nyala api pada masing - masing katalis. CPO dengan katalis 3% menghasilkan nyala api yang paling pendek yaitu 4,24 mm sedangkan CPO dengan katalis 1% menghasilkan tinggi api maksimum yaitu 4,67cm, kemudian tertinggi ke 2 yaitu CPO dengan penambahan katalis 2%. Perbedaan ketinggian nyala api tersebut disebabkan karena tingkat penguapan yang berbeda - beda pada setiap konsentrasi katalis, dimana CPO dengan katalis 3% memiliki tingkat penguapan yang lebih rendah sehingga nyala api yang dihasilkan juga lebih pendek. Disisi lain jika diamati dari segi lama waktu terjadinya nyala api juga lebih lama. Hal berbeda terjadi pada konsentrasi katalis 1% dimana tingkat penguapan lebih cepat sehingga bahan bakar yang terbakar lebih banyak dan secara otomatis nyala apinya menjadi lebih besar. Kedua hal diatas tersebut saling berkaitan dengan nilai viskositas bahan bakar pada masing-masing konsentrasi TiO₂. Dengan penambahan katalis yang semakin besar maka viskositas CPO juga semakin meningkat sehingga menyebabkan proses penguapan CPO menjadi lebih lambat. Karena penguapan yang semakin lambat maka bahan bakar yang terbakar pada saat terjadi pembakaran juga akan lebih sedikit sehingga nyala api yang dihasilkan juga semakin kecil. Hal ini dibuktikan pada gambar 6.



Gambar 6. Hubungan variasi katalis TiO₂ terhadap tinggi api

KESIMPULAN

Telah dilakukan penelitian tentang minyak kelapa sawit dengan variasi katalis TiO₂ 1%, 2%, dan 3% menggunakan metode pemakaran droplet guna mengetahui emisi gas bang dan karakteristiknya. Penambahan katalis TiO₂ pada CPO memiliki dampak yang kurang baik pada pembakaran yang dihasilkan. Terbukti dimana dengan penambahan katalis TiO₂ pada yang semakin besar berakibat pada semakin panjangnya umur nyala api serta terjadi peningkatan emisi gas HC dan CO yang dihasilkan. Ini terjadi karena adanya perbedaan titik didih yang dimiliki oleh CPO dan TiO₂. Selain itu penambahan katalis TiO₂ juga berdampak pada peningkatan viskositas CPO sehingga mempengaruhi kecepatan pembakaran yang terjadi dan mengakibatkan pembakaran kurang sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar, H. H., Fachri, B. A., & Ilminnafik, N. (2019). Flame characteristics of diffusion of calophyllum inophyllum methyl ester on mini glass tube. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 57(1), 40–47.
- Bautista, L. F., Vicente, G., Rodríguez, R., & Pacheco, M. (2009). Optimisation of FAME production from waste cooking oil for biodiesel use. *Biomass and Bioenergy*, 33(5). <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.01.009>
- Bouriazos, A., Vasiliou, C., Tsihla, A., & Papadogianakis, G. (2015). Catalytic conversions in green aqueous media. Part 8: Partial and full hydrogenation of renewable methyl esters of vegetable oils. *Catalysis Today*, 247. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2014.08.021>
- EUROPEAN COMMISSION. (2012). *amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources. 0288.*
- Grosselin, J. M., Mercier, C., Allmang, G., & Grass, F. (1991). Selective Hydrogenation of α,β -Unsaturated Aldehydes in Aqueous Organic Two-Phase Solvent Systems Using Ruthenium or Rhodium Complexes of Sulfonated Phosphines. *Organometallics*, 10(7). <https://doi.org/10.1021/om00053a014>
- Knothe, G. (2014). A comprehensive evaluation of the cetane numbers of fatty acid methyl esters. *Fuel*, 119. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.11.020>
- Marlina, E., Nanlohy, H. Y., Gusti Ketut Puja, I., & Riupassa, H. (2021). Droplet combustion behavior of crude palm oil-carbon nanoparticles blends. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1034(1), 012039. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1034/1/012039>
- Mustiadi, L., Wardana, I. N. G., Hamidi, N., & Sasongko, M. N. (2018). Efek Pembakaran Sebuah Droplet Dari Campuran Minyak Jarak Pagar Dengan Partikel Karbon Sekam Padi. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri 2018*, 82–85.
- Nanlohy, H. Y., Wardana, I. N. G., Hamidi, N., Yuliati, L., & Ueda, T. (2018). The effect of Rh³⁺ catalyst on the combustion characteristics of crude vegetable oil droplets. *Fuel*, 220, 220–232. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.001>
- Nanlohy, H. Y., Wardana, I. N. G., Yamaguchi, M., &

- Ueda, T. (2020). The role of rhodium sulfate on the bond angles of triglyceride molecules and their effect on the combustion characteristics of crude jatropha oil droplets. *Fuel*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118373>
- Nisak, R. Z. K., Ilminnafik, N., & Junus, S. (2021). Performance and Emissions of Mixed Ethanol-Biodiesel Calophyllum Inophyllum Fueled Diesel Engine. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 9(8), 1124–1128. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2021/16982021>
- Ogden, J. M., Steinbugler, M. M., & Kreutz, T. G. (1999). Comparison of hydrogen, methanol and gasoline as fuels for fuel cell vehicles: implications for vehicle design and infrastructure development. *Journal of Power Sources*, 79(2). [https://doi.org/10.1016/S0378-7753\(99\)00057-9](https://doi.org/10.1016/S0378-7753(99)00057-9)
- Pambudi, S., Ilminnafik, N., Junus, S., & Kustanto, M. N. (2021). Experimental study on the effect of nano additives $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$ and equivalence ratio to Bunsen flame characteristic of biodiesel from nyamplung (Calophyllum Inophyllum). *Automotive Experiences*, 4(2). <https://doi.org/10.31603/ae.4569>
- Perdana, D., Wardana, I. N. G., Yuliati, L., & Hamidi, N. (2018). The role of fatty acid structure in various pure vegetable oils on flame characteristics and stability behavior for industrial furnace. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(8–95), 65–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.144243>
- Saikia, K., Deb, B., & Dutta, D. K. (2014). Synthesis of cationic rhodium(I) and iridium(I) carbonyl complexes of tetradentate $\text{P}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{PPh}_2)_3$ ligand: An implication of steric inhibition and catalytic hydroformylation reaction. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 381. <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2013.10.016>
- Sengkey, S. L., Jansen, F., & Wallah, S. (2011). Tingkat pencemaran udara CO akibat lalu lintas dengan model prediksi polusi udara skala mikro. *Jurnal Ilmiah MEDIA ENGINEERING*, 1(2), 119–126.
- Sriyanto, J. (2018). Pengaruh tipe busi terhadap emisi gas buang sepeda motor. *Automotive Experiences*, 1(3). <https://doi.org/10.31603/ae.v1i03.2362>
- Suryawanshi, S. R., & Pattiwar, J. T. (2018). Effect of TiO_2 nanoparticles blended with lubricating oil on the tribological performance of the journal bearing. *Tribology in Industry*, 40(3). <https://doi.org/10.24874/ti.2018.40.03.04>
- Vasiliou, C., Bouriazos, A., Tsihla, A., & Papadogianakis, G. (2014). Production of hydrogenated methyl esters of palm kernel and sunflower oils by employing rhodium and ruthenium catalytic complexes of hydrolysis stable monodentate sulfonated triphenylphosphite ligands. *Applied Catalysis B: Environmental*, 158–159. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2014.04.046>
- Winarko, W. A., Ilminnafik, N., Kustanto, M. N., & Perdana, D. (2022). Karakteristik pembakaran droplet minyak nabati Indonesia. 12(2), 103–110. <https://doi.org/10.29303/dtm.v12i2.540>