
Desain *Opacity meter* dengan *Image processing* Berdasarkan *Risk Based Measurement*

**Argi Ananda Wardana¹, Diky Eryanto¹, Farika Tono Putri^{2*}, Ragil Tri Indrawati³, Saifudin⁴,
Suroto Munahar⁴**

¹ Laboratorium Otomotif, Fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Magelang, Indonesia

² Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang, Indonesia

³ D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang, Indonesia

⁴ Mesin Otomotif, Fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Magelang, Indonesia

*Corresponder author: farika.tonoputri@polines.ac.id

<https://doi.org/10.31603/benr.6936>

Abstract

Diesel engine exhaust is one of the causes of global warming. The content of this exhaust gas includes opacity that comes from black pollutants. Elemental carbon from diesel engine combustion in opacity is very harmful to the environment. For this reason, the opacity of diesel engine combustion products needs to be controlled. This control method includes measuring exhaust gases using an opacity meter testbench. The price is very high, impractical, and requires a special place is the weakness of the opacity meter testbench. Therefore, this study proposes the development of an opacity meter based on digital image processing. The advantages of the developed tools are that they are quite affordable, practical, and the processing can be done online. This tool works based on the color difference in the exhaust gas. The camera captures the exhaust gas color saved in a jpg file. The jpg file is converted into RGB (Red Green Blue) digital data. In addition to changing digital data, this research designs a program that can work on a computer. The opacity meter testbench can validate the designed program. The developed tool was tested on the microbus and pick-up vehicles. The opacity test results on the microbus vehicle have an opacity of 19.9% and an RGB value (217, 224, 246). At the same time, the opacity test on the pick-up vehicle resulted in opacity of 20.9% and an RGB value (193, 214, 215). Validation with the opacity meter testbench reads less than 5%. For this reason, the opacity meter design with image processing that has been made is already operational and can be developed in further research.

Keywords: *Opacity meter; Risk Based Measurement; diesel engine.*

Abstrak

Gas buang mesin diesel merupakan salah satu penyebab terjadinya pemanasan global. Kandungan gas buang ini diantaranya *opacity* yang berasal dari polutan warna hitam. Unsur karbon dari pembakaran mesin diesel yang ada dalam *opacity* sangat berbahaya bagi lingkungan. Untuk itu, *opacity* hasil pembakaran mesin diesel perlu dikendalikan. Metode pengendalian ini diantaranya dengan melakukan pengukuran gas buang menggunakan *opacity meter testbench*. Harga sangat mahal, tidak praktis dan memerlukan tempat khusus

merupakan kelemahan dari *opacity meter testbench*. Oleh karena itu, Penelitian ini mengusulkan pengembangan *opacity meter* berdasarkan *digital image processing*. Kelebihan alat yang dikembangkan memiliki harga cukup terjangkau, praktis dan proses pengolahan dapat dilakukan secara *online*. Alat ini bekerja berdasarkan perbedaan warna pada gas buang. Kamera menangkap warna gas buang disimpan dalam *file jpg*. *File jpg* selanjutnya dikonvert dalam data digital RGB (*Red Green Blue*). Selain merubah data digital, penelitian ini merancang program yang dapat bekerja dalam komputer. *Opacity meter testbench* dapat untuk memvalidasi program yang dirancang. Alat yang dikembangkan diuji pada kendaraan *micro bus* dan *pick up*. Hasil uji *opacity* pada kendaraan *micro bus* memiliki *opacity* sebesar 19,9% dan nilai RGB (217, 224, 246). Pada saat yang sama, uji *opacity* pada kendaraan *pick up* menghasilkan *opacity* 20,9% dan nilai RGB (193, 214, 215). Validasi dengan *opacity meter testbench* terbaca kurang dari 5%. Untuk itu, Desain *opacity meter* dengan *image processing* yang telah dibuat sudah dapat beroperasi dan dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

Kata Kunci: *Opacity meter; Risk Based Measurement; Mesin Diesel.*

1. Pendahuluan

Opacity merupakan polutan warna hitam yang mengandung unsur karbon berasal dari pembakaran dari mesin diesel. Polutan ini sangat berbahaya bagi lingkungan. Untuk itu *opacity* mesin diesel perlu dikendalikan. Pengendalian *opacity* mesin diesel ada beberapa metode, diantaranya penggunaan bahan bakar mesin diesel yang memiliki kualitas lebih tinggi, metode penyemprotan bahan bakar dan inspeksi/pengukuran *opacity* pada emisi mesin diesel. Pengukuran *opacity* mesin diesel yang ada saat ini menggunakan *smoke tester* atau *opacity meter*. Teknologi ini bekerja berdasarkan sensor yang dipasangkan pada saluran *exhaust manifold*.

Teknologi pengendalian gas buang kendaraan dengan mesin diesel telah banyak dilakukan. Salah satu pengendalian emisi gas buang mesin diesel dengan mengukur *opacity*. *Opacity* ini merupakan partikel karbon yang dihasilkan oleh hasil pembakaran mesin diesel. Pengukuran *opacity* ini dapat diukur dengan *smoke tester* atau *opacity meter* (Armas, García-contreras, & Ramos, 2014). *Opacity meter* yang berkembang saat ini memiliki kelemahan harga cukup mahal dan pengukuran sangat *rigid*. Saat ini *opacity meter* telah dikembangkan dengan berbagai variable, diantaranya dengan menggunakan *opacity meter testbench*. Teknologi bekerja berdasarkan sensor yang dipasangkan pada *muffler*. Hasilnya pengukuran *opacity* ditampilkan dalam sebuah monitor. Produk ini memiliki kelemahan diantaranya memiliki dimensi cukup besar dengan harga relative mahal.

Pengembangan selanjutnya dengan menggunakan teknologi *Digital Image processing* - DIP (Putra, Fernandez, & Wagino, 2018); (Georgeses & Lipner, 2018); (Blyankinshtein et al., 2017). Ketiga penelitian ini menggunakan DIP untuk mengukur dampak pencemaran akibat emisi gas buang kendaraan. Metode yang ditempuh mengukur tingkat keburaman asap mesin diesel menggunakan kamera. Penelitian ini menghasilkan analisis *opacity* dengan basis gambar untuk pembacaan keburaman asap. Kelemahan yang ada dalam penelitian ini belum menggunakan aspek risiko.

Smoke tester untuk melakukan pengukuran *exhaust gas* pada kendaraan diesel dengan pencapaian target emisi standar Euro IV (Minagawa et al., 2018). Namun, Penelitian yang dilakukan belum mengarah pada teknologi *image processing*. Pengukuran *opacity* menggunakan sinar laser

(Audish, *et al.*, 2012). Penelitian ini mengembangkan pengukuran *opacity* menggunakan sinar laser sebagai media pengukuran *opacity*. Media uji studi ini menggunakan mesin Isuzu 1900 cc, namun studi ini belum melakukan pengembangan pada teknologi *image processing*.

Pengukuran *opacity* dilakukan dengan penambahan bahan bakar alternatif (Chen *et al.*, 2019). Penelitian ini fokus pada pengurangan *opacity* berdasarkan karakteristik Particulate Meter (PM). Untuk mengukur *opacity* masih menggunakan smoke tester konvensional. Kelemahan alat yang digunakan pada penelitian ini memiliki harga cukup mahal, kurang praktis dan tidak terdapat analisis risiko.

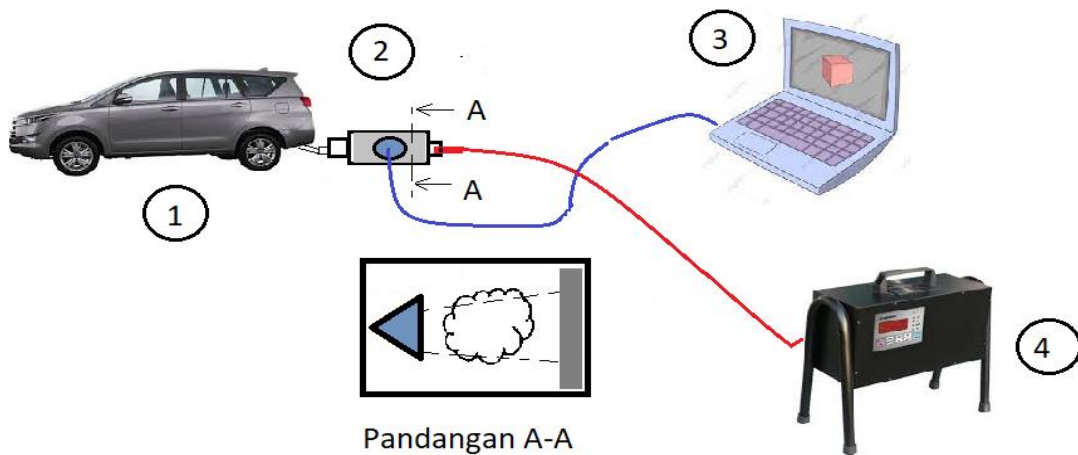
Opacitymeter/smoke tester dikembangkan melalui pengendalian secara otomatis (Piccolo & Joseph, 2015). Peneliti ini mematenkan *smoke tester* hasil penemuannya pada sistemnya. Prototipe yang dipatenkan berupa sistem deteksi pada sumber asap yang keluar. Penemuan ini belum mengembangkan *smoke tester* pada sistem *image processing*. Studi selanjutnya tentang *opacity* dengan membandingkan dua jenis bahan bakar yang berbeda pada mesin diesel model *direct injection* (Du *et al.*, 2013). Tujuan kegiatan ini untuk mengurangi pencemaran udara dengan percobaan digital. Variable yang diukur dengan pengamatan *opacity* pada gas buang. Kelemahan penelitian ini belum mengaplikasikan analisis *opacity meter* berbasis risiko.

Pengukuran *opacity* dilakukan dengan penambahan bahan bakar alternatif (Chen *et al.*, 2019). Penelitian ini fokus pada pengurangan *opacity* berdasarkan karakteristik Particulate Meter (PM). Untuk mengukur *opacity* masih menggunakan smoke tester konvensional. Kelemahan alat yang digunakan pada penelitian ini memiliki harga cukup mahal, kurang praktis dan tidak terdapat analisis risiko. Melihat permasalahan ini perlu mengembangkan teknologi *opacity meter* yang praktis, *flexible* dan memiliki harga terjangkau. Untuk itu dalam penelitian ini mengusulkan pengembangan desain *opacity meter* berdasarkan digital *image processing*. Kelebihan alat yang dikembangkan memiliki harga lebih terjangkau, lebih praktis dan *flexible*. Novelty/kebaruan dari alat yang dikembangkan terletak pada penerapan teknologi *image processing* dengan penambahan fitur analisis emisi berdasarkan *Risk Based Measurement* (RBM).

2. Metode

2.1. Set Up Peralatan

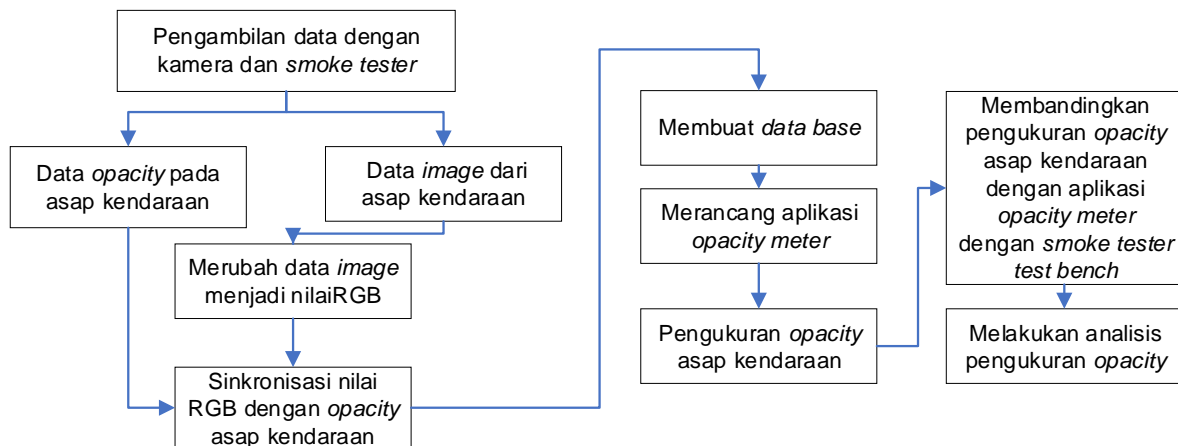
Adapun set up pengujian aplikasi *opacity meter* dimulai dengan memasang komponen-komponen disajikan dalam Gambar 1. Data *opacity* pada gas buang yang diperoleh melalui pengambilan gambar oleh kamera yang dipasang pada box uji (2). Kamera menghasilkan *image* berupa file *jpg*. File *jpg* yang dihasilkan dirubah dalam data digital *Red Green Blue* (RGB) yang berupa bilangan numerik. Besaran nilai *opacity* dari gas buang divalidasi menggunakan *smoke tester* test bend (4). Alat ini bekerja berdasarkan sensor *infra red*, sehingga data yang dihasilkan sangat *rigid*. Proses pengolahan data RGB dari hasil file image diubah dengan aplikasi *opacity meter* yang di install dalam sebuah komputer (3). Kendaraan uji (1) memiliki mesin diesel dengan spesifikasi yang disajikan dalam Tabel 1.



Gambar 1. Set up pengujian.

2.2. Perancangan Aplikasi

Proses perancangan aplikasi *opacity meter* memiliki beberapa tahapan yang harus dilakukan, diantaranya dengan memulai observasi terhadap objek yang akan dianalisis. Saat observasi perlu mengumpulkan data *opacity* sebagai material untuk masuk ke dalam perencanaan sistem. Setelah diperoleh data-data, maka langkah selanjutnya dengan menguji polutan yang dihasilkan dari pembakaran melalui foto/gambar yang diambil oleh kamera. Tahapan perancangan aplikasi *opacity meter* disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan perancangan aplikasi *opacity meter*.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi Kendaraan, kamera, komputer, aplikasi *developer*, box dan *opacity meter testbench*. *Opacity* yang diambil oleh *testbench* diukur dalam satuan persen (%). Selain untuk mengukur smoke gas buang, *opacity testbench* digunakan untuk memvalidasi aplikasi *opacity meter* yang dikembangkan. Spesifikasi peralatan yang digunakan dalam penelitian disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi peralatan yang digunakan dalam penelitian.

No	Kendaraan	Spesifikasi
1.	<i>Microbus</i>	<i>Engine</i> : Diesel Volume mesin :2771 cc Tahun : 2016
2.	<i>Pick up</i>	<i>Engine</i> : Diesel Volume mesin : 2500 cc Tahun : 2015
3.	Kamera <i>power shot SX70HS</i>	<i>Tipe</i> : Digital <i>Processor</i> : 8 Gb
4.	Komputer	<i>Hardisc</i> : 1 tera <i>Processor</i> : Intel RAM : 4 GB
5.	Aplikasi <i>developer</i>	Visual basic.NET
6.	Box pengambilan data	Galvalum ukuran 30 x 30 x 30 cm
7.	<i>Opacity</i> meter	<i>Dimensi</i> : 45 x 43 x 20 cm <i>Waktu respon</i> : 0,5 detik.

2.3. Data Penelitian

Data yang digunakan memiliki beberapa tipe, diantaranya data primer dan data sekunder. Data primer pada penelitian ini berupa data *opacity* dan file *image*/gambar yang dihasilkan melalui pengukuran secara langsung. Data sekunder berupa data spesifikasi peralatan yang digunakan dalam penelitian. Data ini berasal dari sumber literatur.

3. Hasil dan pembahasan

Pengujian gas buang kendaraan yang dinyatakan layak untuk beroperasi di jalan raya maksimal memiliki nilai kandungan smoke 70%. Hal ini berdasarkan Undang – undang yang dikeluarkan oleh Dinas Perhubungan Pusat. Hal ini memberikan informasi pada pengguna kendaraan agar gas buang yang dihasilkan tidak membahayakan bagi lingkungan.

Proses pengujian smoke kendaraan dilakukan dengan menginjak pedal akselerasi secara bebas. Gas buang kendaraan dilewatkan dalam *smoke tester* untuk diukur kandungan smokenya. Metode pengujian sebagai berikut: Mesin dioperasikan pada putaran antara 2.000 rpm - 3.000 rpm. Putaran tahan selama 30 detik dan kembalikan pada kondisi idle. Proses ini setidaknya dilakukan satu kali. Hasil dari uji smoke dapat langsung dibaca dalam bentuk *print out*. Nilai rata-rata smoke asap dari pengujian menjadi hasil akhirnya pengujian gas buang atau *smoke tester* . Proses pengujian *opacity* asap kendaraan dibagi menjadi dua proses pengujian.

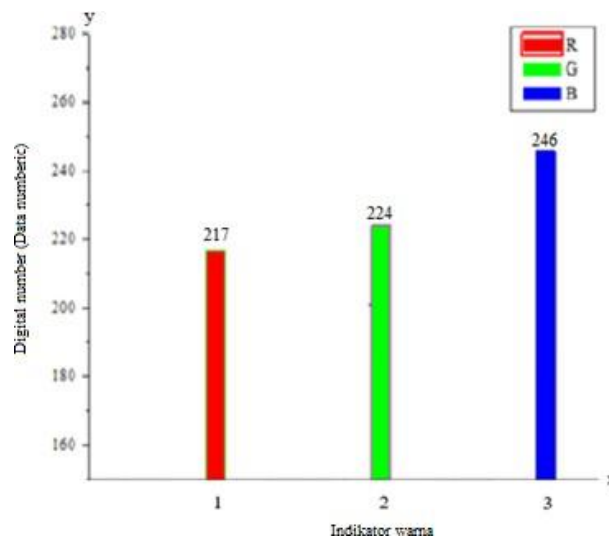
3.1. Pengujian Data Proses Pertama

Pengujian pertama dilakukan pada kendaraan / mobil Isuzu ELF tahun 2016 dengan bahan bakar solar serta kapasitas mesin 2771 CC. Hasil uji kandungan smoke yang dibaca *smoke tester* memiliki nilai *smoke* sebesar 19,9%. Sedangkan pengujian dengan menggunakan box uji mendapatkan hasil *image* yang disajikan dalam [Gambar 3](#) Hasil pengujian pertama.



[Gambar 3](#). Hasil pengujian pertama.

Hasil data pengujian pertama yang dirubah dalam data digital dalam bentuk nilai RGB disajikan dalam [Gambar 4](#) data memiliki nilai kandungan warna merah 217 hijau 224 dan biru 246.



[Gambar 4](#). Data RGB pada pengujian tahap pertama.

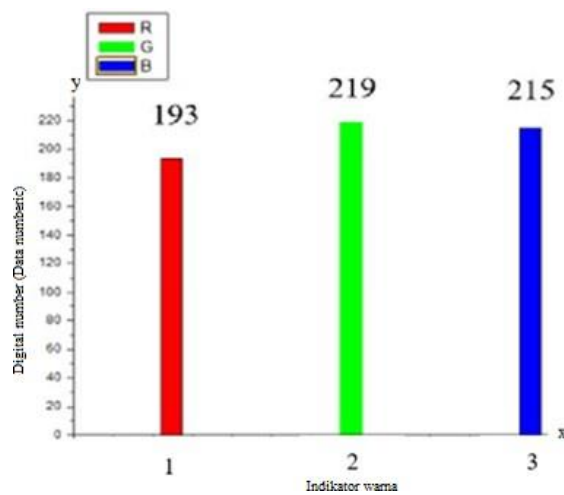
3.2. Pengujian Data Proses Kedua

Pengujian kedua dilakukan pada kendaraan L300 tahun 1981 type DP. Kapasitas mesin 2500 cc dengan menggunakan *smoke tester* mendapatkan nilai smoke sebesar 20,9%. Sedangkan pengujian dengan menggunakan box uji terhadap mobil mendapatkan hasil foto dengan tingkat keburaman yang sedang dapat dilihat pada [Gambar 5](#) hasil pengujian kedua.



Gambar 5. Hasil pengujian kedua.

Hasil data pengujian kedua yang dirubah dalam data digital dalam bentuk nilai RGB. Data ini memiliki nilai kandungan warna merah 193, hijau 214 dan biru 215 yang disajikan dalam Gambar 6.

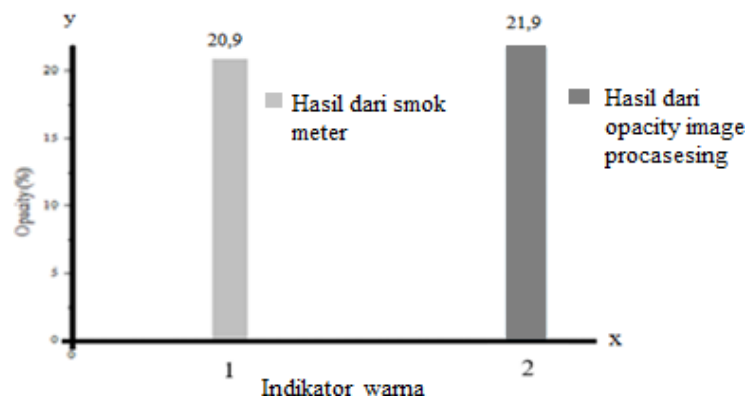


Gambar 6. Diagram *smoke tester* L 300.

Berdasarkan aturan baku yang ditetapkan Dinas Perhubungan Darat Pusat terhadap, nilai maximal hasil pengujian *opacity* mesin diesel 70%. Nilai di atas 70% dinyatakan bahaya bagi lingkungan. Proses Pengujian digital RGB menggunakan sistem *online*. Pembacaan hasil *image* dengan menggunakan aplikasi yang berbasis *visual basic .net* dengan menerapkan input berupa *image*.

3.3. Proses Validasi

Proses validasi ini meliputi beberapa langkah, diantaranya membandingkan gambar nilai *opacity* asap kendaraan yang berasal dari aplikasi *opacity meter* dengan *image processing* dengan *opacity meter testbench*. Hasil image disajikan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan nilai *opacity* asap kendaraan.

Tahap kedua membandingkan RGB yang dihasilkan oleh *opacity meter testbench* dan aplikasi *opacity* dengan *image processing*. Hasil nilai RGB dengan *opacity meter testbench* 20,9 sedangkan hasil dari *image processing* 21,9 jadi tingkat keakurasiannya masih dalam batas yang di perbolehkan tidak melebihi 5% maka dari hasil ini bias di gunakan. Analisis *opacity* yang dihasilkan oleh kendaraan uji pertama dan kedua masuk dalam kluster aman. Kluster ini merupakan kesimpulan dari aplikasi *opacity meter* yang dikembangkan berdasarkan *Risk Based Measurement* yang mengacu pada undang – undang Dinas Perhubungan Darat Pusat.

4. Simpulan

Berdasarkan pembahasan yang sudah di uraikan, maka dapat di ambil kesimpulan dapat mendesain *smoke tester* dengan *image processing* berdasarkan *Risk Based Measurement* untuk membantu pemeriksaan gas buang pada mesin diesel, dengan alat yang terjangkau, flexible dan tidak memerlukan tempat khusus untuk menggunakannya dengan hasil validasi tidak melebihi 5%. Penelitian yang dikembangkan belum menerapkan pada kendaraan saat beroperasi di jalan raya, sehingga proses akselerasi belum dipertimbangkan.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Mesin Otomotif Universitas Muhammadiyah Magelang sebagai tempat uji serta Politeknik Negeri Semarang yang telah membantu penyusunan artikel ini.

Referensi

- Armas, O., García-contreras, R., & Ramos, Á. (2014). Pollutant emissions from New European Driving Cycle with ethanol and butanol diesel blends. *Fuel Processing Technology*, 122(x), 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2014.01.023>
- Audish, J., Ko, B., Ma, E., & McDaniel, T. (2012). *Active Diesek Soot Measurement by Laser Opacity*.
- Blyankinshtein, I., Askhaboy, A., Voevodin, E., Kashura, A., & Malchikov, S. (2017). Concept and models for evaluation of black and white smoke components in diesel engine exhaust.

- Transport Problems*, 12(3). <https://doi.org/10.20858/tp.2017.12.3.8>
- Chen, C., Yao, A., Yao, C., Wang, B., Lu, H., Feng, J., & Feng, L. (2019). Study of the characteristics of PM and the correlation of soot and smoke *opacity* on the diesel methanol dual fuel engine. *Applied Thermal Engineering*.pdf. *Applied Thermal Engineering*, 148, 391–403. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.11.062>
- Du, K., Shi, P., Rood, M. J., Wang, K., Wang, Y., & Varma, R. M. (2013). Digital Optical Method to quantify the visual *opacity* of fugitive plumes. *Atmospheric Environment*, 77, 983–989. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.06.017>
- Georgeses, C., & Lipner, S. R. (2018). Surgical smoke : Risk assessment and mitigation strategies. *Journal of American Dermatology*, 79(4), 746–755. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2018.06.003>
- Minagawa, T., Nagaoka, D., Yuza, H., & Nakada, T. (2018). Development of a High Sensitivity and High Response Portable *Smoke tester* . *SAE International Journal*, (September 2014). <https://doi.org/10.4271/2014-01-1580>.Copyright
- Piccolo, & Joseph. (2015). Self-testing smoke detector with integrated smoke sorce. INternational Application Published Under The Paten Cooperation Teaty (PCT).
- Putra, D. S., Fernandez, D., & Wagino. (2018). Optimization of Digital *Image processing* Method to Improve Smoke *Opacity meter* Accuracy. *International Journal On Informatics Visualization*, 2, 88–91.
-