

PENERAPAN *ORTHOGONAL ARRAY* L9 UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS MESIN PENGGERAK DIESEL R 175

Joko Yuniarto Prihatin^{1*}, Tota Pirdo Kasih²

¹Program Studi D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta,
Sukoharjo, Indonesia

²Program Profesi Insinyur, Universitas Bina Nusantara, Jakarta, Indonesia

*Email: jokoyp.sttw@gmail.com

ABSTRAK

Mesin penggerak diesel R 175 merupakan *engine* yang cukup tangguh digunakan sebagai penggerak pada kebanyakan alat pertanian dan perkebunan juga perikanan hingga generator listrik. Contoh penerapannya di UMKM wilayah Kabupaten Sukoharjo Provinsi Jawa Tengah adalah pada pengolahan pengaduk dan pencetak tanah liat di ukm genteng. Permasalahan utama dewasa ini adalah bahwa penggunaan mesin diesel R 175 dikenal tidak tahan lama atau tidak awet, bahkan ada yang menyebutkan berasap hitam dan susah distarter (penyalan awal engkol), dan rpm tidak stabil. Penyebab utamanya adalah kualitas sistem pengabutan bahan bakar pada injektor yang tidak sempurna, bahkan terkadang menetes atau tersumbat hanya menghasilkan diameter kabut 40 mm, dan menggunakan bahan bakar *biosolar*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai peningkatan pembentukan kabut melalui optimasi Taguchi *orthogonal array* L9. Metode penelitian ini adalah eksperimen dengan menerapkan 4 faktor dan 3 level pada respon pembentukan diameter kabut. Data diameter kabut injektor tersebut dilakukan analisa statistik *Signal to Noise Ratio Larger The Better* (SNR LTB) dan nilai efek tiap faktor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai peningkatan pembentukan kabut mesin penggerak R 175 yang dicapai adalah 27,84 mm atau meningkat 68,74% dari kondisi awal 40,5 mm menjadi 68,34 mm. Komposisi level faktor yang menghasilkan diameter hasil pengkabutan yang optimal adalah pada nomor pengujian ke 3 A1B3C3D3, yaitu nilai viskositas bbm menggunakan dexlite, jarak tuas pengungkit pompa 20 cm, waktu pemompaan 15 kali/30detik, setelan nozzle +3 putaran.

Kata kunci: *orthogonal array*; injektor diesel; mesin R 175; diameter kabut

ABSTRACT

The R 175 diesel engine is powerful enough to drive most agricultural and plantation equipment, fisheries, and even electric generators. An example of its application in SMEs in the Sukoharjo Regency area of Central Java Province is processing clay mixers and printers in tile SMEs. The main problem today is that the use of the R 175 diesel engine is known not to last long or not last long; some even say it burns easily (smokes black) and is difficult to start (starting the crank), and the rpm is unstable. The main cause is the quality of the fuel misting system in the injector, which is not perfect (sometimes even dripping or clogged), only produces a mist diameter of 40mm, and uses biodiesel fuel. The aim of this research is to determine the value of increasing fog formation through optimization of the Taguchi orthogonal array L9. This research method is experimental by applying 4 factors and 3 levels to the response to the formation of fog diameter. The injector mist diameter data was subjected to statistical analysis of the Signal Noise Ratio Larger The Better (SNR LTB) and the effect value of each factor. The research results show that the value of increased fog formation achieved by the R 175 driving engine was 27.84 mm, or an increase of 68.74% from the initial condition of 40.5 mm to 68.34 mm. The factor level composition that produces the optimal fogging diameter is test number 3 A1B3C3D3, namely the fuel viscosity value using dexlite, pump lever distance 20cm, pumping time 15 times/30 seconds, nozzle setting +3 revolutions.

Keywords: *orthogonal array*; diesel injector; R 175 engine; fog diameter

1. PENDAHULUAN

Metode desain eksperimen *Taguchi* adalah teknik untuk memperbaiki kualitas dengan waktu yang relatif cepat dan biaya ekonomis. Sejumlah variasi faktor dan level yang digunakan diatur pada sebuah tabel *matrik* OA (*Orthogonal Array*), sehingga komposisi pengujiannya menjadi lebih ringkas terwakili tanpa menghilangkan komposisi dasarnya. Nilai hasil perbaikan mutu dapat dianalisis pada LTB, STB, dan NTB (*Signal to Noise Ratio Larger The Better, Small The Better, Normally The Better*) dan analisis efek tiap faktor yang berpengaruh. Nilai optimal dicapai jika hasil kedua analisis tersebut bernilai sama [1].

Mesin penggerak diesel R 175 merupakan *engine* yang cukup tangguh digunakan sebagai penggerak pada kebanyakan alat pertanian dan perkebunan juga perikanan hingga generator listrik. Contoh penerapannya di umkm wilayah Kabupaten Sukoharjo Provinsi Jawa Tengah pada pengolahan pengaduk dan pencetak tanah liat di ukm genteng [2].

Keunggulan mesin diesel tersebut diantaranya adalah efisien dalam konsumsi bahan bakar dan torsi yang dikeluarkan cukup besar mencapai 360 Nm. Perbandingan kompresi udara terhadap bahan bakar cukup hemat, yaitu 22 : 1. Dengan karakteristik kemampuan menghasilkan panas kompresi yang cukup tinggi (900 K atau 600 °C), sehingga hanya diperlukan ketepatan waktu dan kabut bahan bakar yang berkualitas untuk mencapai pembakaran yang sempurna. Dengan nilai torsi yang lebih besar maka semakin besar pula tenaga yang dihasilkan dan sehingga banyak diterapkan pada pengerjaan beban yang besar [3].

Konsumsi bahan bakar dihasilkan dari hasil proses pengabutan. Pengabutan ini dilaksanakan dengan penginjeksian fluida pada tekanan tinggi. Jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam ruang pembakaran diatur oleh katup pemasukan bahan bakar. Sesuai tidaknya kebutuhan bahan bakar yang masuk ke dalam silinder ditentukan oleh kinerja injektor. Jika injektor menyemprotkan bahan bakar dalam bentuk kabut mempermudah pembakaran dalam silinder [4].

Permasalahan utama dewasa ini adalah bahwa penggunaan mesin diesel R 175 dikenal tidak tahan lama atau tidak awet, bahkan ada yang menyebutkan berasap hitam dan susah distarter (penyalaaan awal engkol), dan rpm tidak stabil. Penyebab utamanya adalah kualitas sistem pengabutan bahan bakar yang tidak sempurna (terkadang menetes atau tersumbat) hanya menghasilkan diameter kabut 40 mm, sehingga tenaga yang dihasilkan tidak dapat maksimal. Selama ini menggunakan bahan bakar minyak subsidi *biosolar*, pengaturan rpm tinggi (jarak pendek dengan jumlah langkah banyak) dan setelan *nozzle* standar. Dampak negatifnya adalah waktu yang dibutuhkan selama pengoperasian sebagai mesin penggerak menjadi lebih lama karena pengerjaannya harus dilakukan lebih dari sekali. Secara otomatis mengakibatkan biaya operasional penggunaan menjadi lebih mahal. Pada akhirnya para pengelola ukm genteng di Desa Ngebakkalang Kecamatan Mojolaban Kabupaten Sukoharjo tersebut mengalami pengurangan pendapatan usahanya. Mengingat pentingnya peranan injektor dalam proses pembakaran di mesin diesel, maka perlu dilakukan perawatan terhadap injektor dan seluruh komponennya agar tetap berfungsi sebagaimana mestinya.

Pada penelitian ini menitikberatkan pada upaya meningkatkan produktivitas mesin penggerak diesel R 175 atau nilai optimal diameter kabut menggunakan desain eksperimen *Taguchi Orthogonal Array* L9. Rumusan masalah pada penelitian ini meliputi tentang menganalisis parameter optimal mesin penggerak diesel R 175 melalui penerapan *Orthogonal Array* L9. Disamping itu juga terkait nilai peningkatan pembentukan kabut melalui optimasi *Taguchi Orthogonal Array* L9.

2. METODE

Objek dan pelaksanaan penelitian ini menggunakan komponen injektor di mesin penggerak R 175 pada mesin pengaduk dan pencetak genteng di ukm genteng Desa Ngebakalang Kecamatan Mojolaban Kabupaten Sukoharjo pada tahun 2023, sedangkan analisis dilaksanakan pada bulan Desember 2023 di Laboratorium Fluida Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta. Hal ini disajikan pada Gambar 1.



(a)



(b)

Gambar 1. (a) R 175 mesin penggerak pengaduk dan pencetak genteng; (b) Injektor

Kondisi idealis jika diameter kabut berada dibawah 74 mm diartikan kualitas pengkabutan kurang sempurna. Sedangkan nilai diameter kabut diatas 74 mm atau mencapai sudut 45° disebut juga proses pengkabutan yang sempurna [5].

Variabel terikat adalah respon diameter kabut injektor (mm). Variabel bebas terdiri dari variasi bbm, jarak tuas pengungkit pompa, waktu dan setelan injektor. Tiap faktor memiliki 3 level yang berlainan sesuai dijelaskan pada Tabel 1.

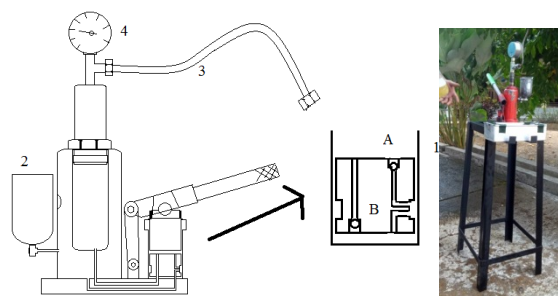
Tabel 1. Level faktor penelitian diameter kabut injektor

Faktor	Level		
	1	2	3
A Nilai Viskositas BBM (mm^2/s)	2.0 Dexlite	2.0 PertDex	2.0 Biosolar
B Jarak tuas pengungkit pompa	$\frac{1}{2} = 10\text{cm}$	$\frac{3}{4} = 15\text{cm}$	Full = 20cm
C Waktu (s) = jumlah tiap 30 detik	5	10	15
D Setelan nozzle(jumlah putaran)	-3x std	Standar	+3x std

Tabel 2. Desain eksperimen uji kabut injektor

No Eksperimen	Faktor dan level			
	Nilai viskositas (mm^2/s)	Jarak tuas pengungkit pompa (mm)	Waktu ($\Sigma / 30\text{s}$)	Setelan kekencangan injektor (Σ putaran)
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Pada Tabel 2 menjelaskan bahwa pengujian dan pengambilan data menerapkan desain eksperimen *Orthogonal Array* L9 3⁴. Diameter hasil pengujian tersebut diperoleh pada 3 tahapan. Pelaksanaan pengujian diawali dengan pemasangan injektor ke injektor nozzle tester sesuai nomor eksperimen pada Tabel 2. Media kertas *duplex* diletakkan di depan mulut injektor (dibawahnya dengan jarak 150 mm). Mekanisme alat tersebut sama dengan dongkrak hidrolik botol 2 ton, namun dilengkapi pipa tekanan tinggi dan manometer. Selanjutnya *jack injector tester* yang berisikan bahan bakar minyak tersebut dilakukan penekanan tuas penekan ke atas dan kebawah berdasarkan frekuensi langkah setiap waktu 30 detik. Data diambil sebanyak 3 kali dengan jarak jeda 5 menit. Hasil kabut yang menempel pada media kertas *duplex* tersebut diukur diameternya menggunakan jangka sorong atau *vernier kaliper* dengan satuan milimeter. Sehingga penerapan alat ini bisa menguji tekanan kerja injektor secara terukur tanpa harus menyalakan mesin. Secara detail dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Jack nozzle tester kapasitas 2 ton

Analisis data dari hasil pengujian menunjukkan nilai minimal dan maksimal dari masing masing faktor level yang sudah dibuat di tabel. Setelah itu data dituangkan dalam bentuk grafik *Mean* dan *Signal to Noise Ratio Larger The Better* terhadap standart efek tiap faktor pada respon diameter kabut. Selanjutnya berdasarkan analisis statistik tersebut dapat diambil keputusan nilai optimalnya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Secara spesifik hasil pengukuran diameter kabut pada setiap pengujian sesuai Gambar 3 diameter kabut pada kertas *duplex*.



Gambar 3. Hasil pengujian pengkabutan injektor pada kertas *duplex*

Pengujian berlangsung dengan kondusif tepat waktu, baik pada tahapan persiapan dan proses pengambilan data. Data tersebut diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil uji kabut injektor

No Eksperimen	Faktor dan level				Hasil uji diameter kabut (mm)		
	Nilai viskositas (mm ² /s)	Jarak tuas pengungkit pompa (mm)	Waktu (Σ/30s)	Setelan kekencangan injektor (Σ putaran)	1	2	3
1	1	1	1	1	41,7	46,3	37,6
2	1	2	2	2	43,05	46,07	50,00
3	1	3	3	3	71,00	67,00	67,03
4	2	1	2	3	45,00	46,4	51,7
5	2	2	3	1	57,00	54,06	60,00
6	2	3	1	2	43,5	48,06	49,00
7	3	1	3	2	41,00	38,9	41,6
8	3	2	1	3	45,00	49,00	49,5
9	3	3	2	1	56,4	55,5	57,15

3.2. Pembahasan

Tahapan penelitian ini fokus pada penerapan desain eksperimen taguchi 4 faktor pada 3 level dengan 1 respon diameter kabut. Berdasarkan data hasil pengujian respon diameter kabut pada Tabel 3 selanjutnya dilakukan analisis statistik *Signal to noise ratio Larger The Better*. Karakteristik kualitas tersebut menyampaikan bahwa jika semakin besar diameter kabut yang dihasilkan, maka semakin baik kualitasnya. Sehingga bisa dianalisis efek tiap faktor berdasarkan komposisi tiap rata-rata pada semua hasil pengujian tersebut. Secara deskripsi dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Analisis nilai rata –rata dan SNR LTB hasil pengujian

No Eksperimen	Hasil uji diameter kabut (mm)			ΣX (jumlah)	$\bar{X}$ (Rata –rata)	SNR LTB
	1	2	3			
1	41,7	46,3	37,6	125,6	41,87	42,01
2	43,05	46,07	50,00	139,12	46,37	42,88
3	71,00	67,00	67,03	205,03	68,34	46,24
4	45,00	46,4	51,7	143,1	47,70	43,13
5	57,00	54,06	60,00	171,06	57,02	44,67
6	43,5	48,06	49,00	140,56	46,85	42,97
7	41,00	38,9	41,6	121,5	40,50	41,70
8	45,00	49,00	49,5	143,5	47,83	43,14
9	56,4	55,5	57,15	169,05	56,35	44,56

Selanjutnya dari nilai rata –rata tersebut dilakukan menghitung SNR LTB berdasarkan komposisi pada tabel pengisian efek tiap faktor.

$$S/N_{LTB} = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

$$S/N_{LTB.eks1} = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{41.7^2} + \frac{1}{46.3^2} + \frac{1}{37.6^2} \right) \right]$$

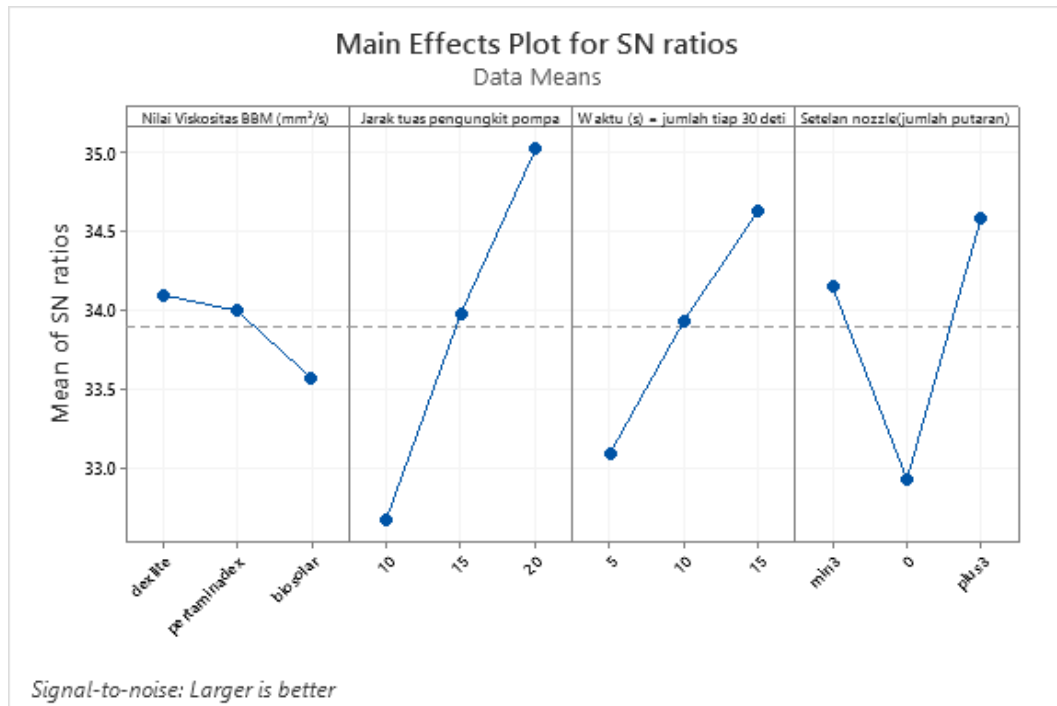
$$S/N_{LTB.eks1} = -10 \log [0.33(6.26 \times 10^{-5})] = 42.01$$

Nilai rata rata dan SNR tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan efek tiap faktor pada masing-masing faktor tersebut sesuai ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil analisis SNR LTB pada uji injektor diesel terhadap respon diameter kabut

Level	Nilai Viskositas BBM (mm^2/s)	Jarak tuas pengungkit pompa	Waktu (s) = jumlah tiap 30 detik	Setelan nozzle (jumlah putaran)
1	34,10	32,67	33,10	34,15
2	34,00	33,98	33,94	32,93
3	33,57	35,03	34,64	34,59
Delta	0,53	2,36	1,54	1,66
Rank	4	1	3	2

Berdasarkan Tabel 5 tersebut dapat dicermati secara terperinci analisa selisih dan peringkat SNR LTB tiap level faktor pada grafik pada Gambar 4.

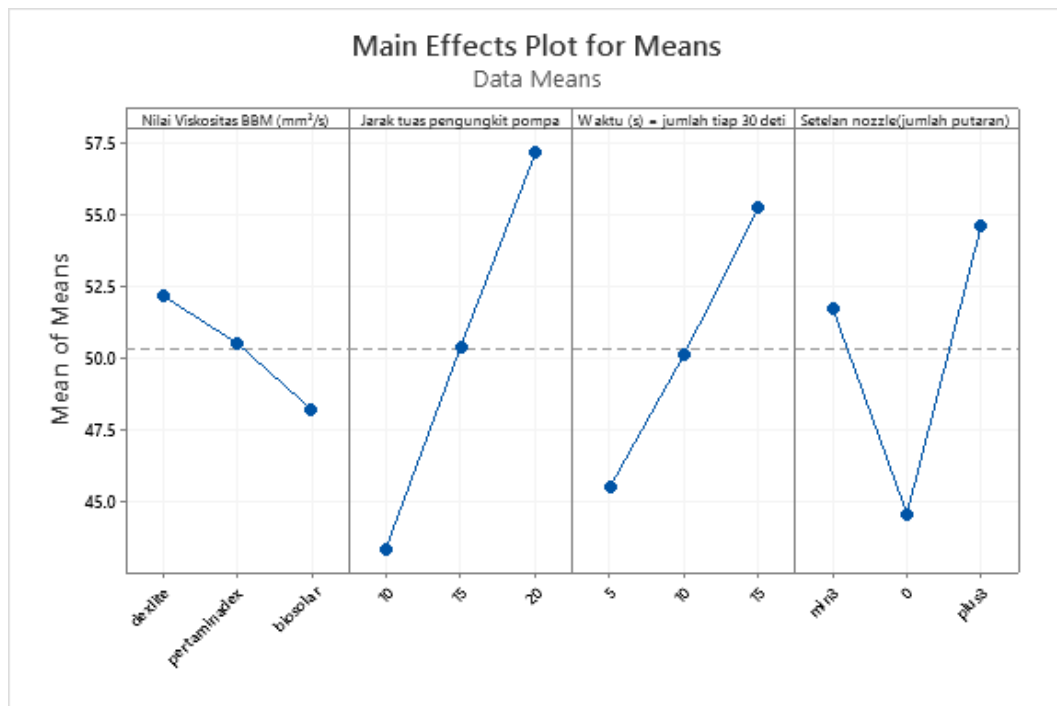
**Gambar 4.** Analisis SNR LTB pada uji injektor diesel terhadap respon diameter kabut

Secara detail dijelaskan pada Tabel 6, bahwa tahapan analisis hasil pengujian injektor tersebut selanjutnya adalah menganalisa efek tiap faktor. Sehingga dapat diperoleh data nilai pengaruh terendah dan tertinggi terhadap respon ukuran diameter kabut tersebut.

Tabel 6. Hasil analisis efek tiap faktor pada uji injektor diesel (respon diameter kabut)

Level	Nilai Viskositas BBM (mm^2/s)	Jarak tuas pengungkit pompa	Waktu (s) = jumlah tiap 30 deti	Setelan nozzle (jumlah putaran)
1	52,19	43,36	45,52	51,75
2	50,52	50,41	50,14	44,58
3	48,23	57,18	55,29	54,63
Delta	3,97	13,83	9,77	10,05
Rank	4	1	3	2

Dari Tabel 6 dapat dicermati secara detail analisis selisih dan peringkat efek tiap faktor pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil analisis efek tiap faktor pada uji injektor diesel (respon diameter kabut)

Sehingga dengan kondisi demikian, kombinasi level faktor optimal adalah A1B3C3D3, artinya untuk memaksimalkan nilai diameter kabut (mm) dibutuhkan kombinasi level faktor nilai viskositas bbm menggunakan dexlite, jarak tuas pengungkit pompa 20 cm, waktu pemompaan 15 kali/30detik, setelan nozzle +3 putaran.

Hasil penelitian yang serupa terkait kualitas pembakaran menjadi tidak sempurna dan berasap hitam tebal disebabkan oleh penggunaan bahan bakar oli bekas kendaraan pada mesin diesel R 175. Dengan nilai viskositas yang terlalu rendah berdampak kepada naiknya nilai opasitas (terlalu banyak udara), sehingga nyala pembakaran tersendat-sendat [6].

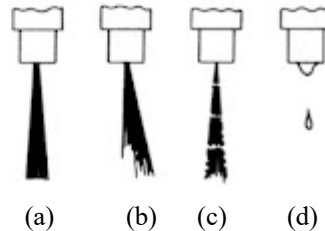
Penelitian serupa yang sesuai dengan pembahasan setelan injektor tersebut adalah bahwa proses pengabutan tidak sempurna disebabkan oleh *needle nozle* terhadap *needle body* yang tidak merata dan kendornya *retaining nut* [7]. Hasil penelitian serupa yang menunjukkan bahwa perkembangan kendali injektor sistem elektronik diperlukan kepresisian penerimaan sensor terhadap jenis kerusakan yang terjadi [8]. Penelitian terkait pemberian variasi tekanan injektor menunjukkan bahwa memiliki pengaruh terhadap kualitas unjuk kerja mesin diesel dual sistem. Sehingga tekanan injektor harus dalam kondisi bertekanan seragam dan konstan [9].

Penelitian terkait pembahasan pengujian injektor mesin diesel tersebut serupa dengan penerapan alat uji tekanan injektor pengembangan dari pompa dongkrak hidrolik. Dengan pendekatan Kaizen maka nilai kualitas kebocoran dan kualitas semprotan pada *nozzle* dapat diketahui secara efektif [10].

Penelitian berjudul pengaruh viskositas bahan bakar terhadap karakteristik aliran fluida pada pompa sentrifugal yang diteliti oleh Susilo E J pada tahun 2021. Menunjukkan bahwa jenis aliran yang terjadi pada alat uji menggunakan tiga media bahan bakar adalah jenis aliran turbulen. Karena bilangan Reynoldnya lebih dari 4000. Perubahan tekanan berbanding lurus dengan viskositas dan berbanding terbalik dengan

kecepatan dengan hasil pengujian perubahan tekanan pada solar pada pipa pembesaran $204,04 \text{ N/m}^2$ [11].

Karakteristik Injektor dilihat dari bentuk semburan kabut yang dihasilkan. Pada bentuk (d) tidak sempurna karena hanya menetes bahan bakar cair, bentuk (b, c) kurang sempurna karena semburannya tidak menyebar. Pada bentuk (a) Pembakaran sempurna atau optimal dikarenakan semburan merata secara luas [12]. Secara terperinci ditunjukkan pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Karakter pengabutan injektor: a. Optimal; b. *Bad*; c. *Bad*; d. *Bad*

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hafuza, 2021 tentang menurunnya viskositas bahan bakar MFO (*Marine Fuel Oil*) terhadap kinerja injektor. Penyebab utama adalah kurang tepatnya pengaturan suhu bahan bakar dan *purifier* bekerja dengan *flow rate* yang tidak sesuai standar kapasitas. Dampak yang terjadi akibat menurunnya viskositas bahan bakar adalah pengabutan bahan bakar MFO didalam silinder tidak sempurna dan pembakaran tidak terkendali [13].

Kualitas bahan bakar minyak yang mengandung viskositas tinggi dalam hal ini kandungan bahan biologis sebagai campuran, maka berdampak pada kualitas pembakaran yang tidak cukup sempurna [14].

Kandungan sulfur rendah akan membuat emisi gas buang, saluran bahan bakar, filter solar, dan ruang bakar lebih bersih. Diketahui, Solar bersubsidi atau biosolar menjadi jenis BBM paling rendah dengan CN 48 dan *sulfur* 3.500 ppm (*part per million*). Sedangkan solar yang non subsidi atau *Dexlite* memiliki nilai CN 51 dan kandungan sulfur minimal 1.200 ppm. Dan solar yang lebih baik lagi *Pertamina Dex* memiliki nilai CN 53 dengan kandungan sulfur di bawah 300 ppm [15].

Dari pembahasan analisis statistik *Taguchi Signal to Noise Ratio Larger The Better*, efek tiap faktor dan analisa mekanika fluida juga tinjauan pustaka terkait, maka dapat diperoleh kesesuaian kesamaan hasil kesimpulan. Bahwa kombinasi level faktor optimal adalah A1B3C3D3 berada pada pengujian nomor 3 mencapai diameter pengabutan 3 replika pengujian 71 mm, 67 mm, 67,03 mm dengan rata rata 68,34 mm. Sistem pengabutan bahan bakar tersebut lebih sempurna dan mengalami peningkatan terhadap kondisi awal yang hanya menghasilkan diameter kabut rata rata 40,5 mm. Penggunaan bahan bakar minyak subsidi *biosolar*, pengaturan rpm tinggi (jarak pendek dengan jumlah langkah banyak) dan setelan *nozzle* standar. Peningkatan kualitas diameter pengkabutan sebesar $68,34 \text{ mm} - 40,5 \text{ mm} = 27,84 \text{ mm}$ atau naik 68,74%.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah analisis parameter optimal mesin penggerak diesel R 175 melalui penerapan *Orthogonal Array* L9 berada pada nomor pengujian ke 3 A1B3C3D3, yaitu nilai viskositas bbm menggunakan *dexlite*, jarak tuas pengungkit pompa 20 cm, waktu pemompaan 15 kali/30detik, setelan *nozzle* +3 putaran. Nilai peningkatan pembentukan kabut melalui optimasi *Taguchi Orthogonal Array* L9 pada mesin penggerak R 175 yang dicapai adalah 27,84 mm atau meningkat 68,74% dari kondisi awal 40,5 mm menjadi 68,34 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suwarno, N. N. Debatara, and S. W. Rizki, "Optimasi kualitas Hallow Block dengan Metode Taguchi," *Optimasi kualitas Hallow Block dengan Metode Taguchi*, vol. 6, no. 01, pp. 61–68, 2017.
- [2] J. Y. Prihatin, "Optimasi Parameter Mesin Pelumat 4 Rol 1 Screw Pada Pembuatan Genteng Keramik Pres Di Ukm Sukoharjo Menggunakan Metode Statistik Taguchi," *SNATIF UMK*, pp. 125–130, 2015.
- [3] A. Ribo, "Kurang optimalnya pengabutan injektor pada mesin induk di lct al jaber 9," Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar., Makassar, 2021.
- [4] Jhonski, "Analisis Kurang Menurunnya Kinerja Injektor Terhadap Proses Pembakaran Motor Diesel Di Kapal MV. Sumber Abadi 178," POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR, 2021.
- [5] D. Siallagan, E. Fahmi Ginting, and D. Rahmadiansyah, "Sistem Pakar Mendeteksi Kerusakan Pada Mesin Diesel Dongfeng Menggunakan Metode Certainty Factor," *Jurnal CyberTech*, vol. 3, no. 5, pp. 784–791, 2020.
- [6] A. Sasmita, Y. Yohanes, and A. R. Widyanto, "Pengaruh waktu operasi dan daya mesin diesel dongfeng r175 berbahan bakar oli bekas terhadap emisi CO, CO₂, HC, dan opasitas," *Dinamika Teknik Mesin*, vol. 11, no. 2, p. 124, 2021, doi: 10.29303/dtm.v11i2.440.
- [7] Ahmad Puji Nugroho, Darjono, and Okvita Wahyuni, "Pengaruh Pengabutan Bahan Bakar Terhadap Kualitas Pembakaran Pada Mesin Induk Di Mt. Bauhinia," *Dinamika Bahari*, vol. 9, no. 1, pp. 2204–2217, 2018, doi: 10.46484/db.v9i1.88.
- [8] A. Pranoto and A. Purwanto, "Analisa Kerusakan Dan Model Perawatan Injektor Pada Sistem Injeksi Bahan Bakar Elektronik," 2014.
- [9] Sudarmanta. B. Ahmad.A.S, "Studi Eksperimen Unjuk Kerja Mesin Diesel Sistem Dual Fuel Dengan Variasi Tekanan Penginjeksian Pada Injektor Mesin Yanmar Tf 55 R Di," Surabaya, 2017.
- [10] I. Daud, "Perancangan Ulang Alat Penguji Injektor Motor Diesel Menggunakan Metode Kaizen Di Lab Motor Diesel Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya Perancangan Ulang Alat Penguji Injektor Motor Diesel Menggunakan Metode Kaizen Di Lab Motor," *JRM*, vol. 5, no. 3, pp. 7–14, 2019.
- [11] E. J. Susilo, U. S. Dharma, and D. Irawan, "Pengaruh viskositas bahan bakar terhadap karakteristik aliran fluida pada pompa sentrifugal," *ARMATUR : Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, vol. 2, no. 1, pp. 27–32, 2021, doi: 10.24127/armatur.v2i1.740.
- [12] A. Geraiteknologi.com, "Komponen dan Cara Kerja Injektor Nozzle Mesin Diesel Konvensional," geraiteknologi.com. [Online]. Available: <https://www.geraiteknologi.com/2020/12/komponen-dan-cara-kerja-injektor-nozzle.html>
- [13] W. D. Hafuza, "Analisis Menurunnya Viskositas Bahan Bakar MFO terhadap Kinerja Injector pada Mesin Induk di MV. Meratus Kapuas," *Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang*, vol. 1, no. 1, pp. 1–54, 2021.
- [14] M. Wafir, D. Listyadi, R. Rei, and N. Ilminnafik, "Analisis Unjuk Kerja Mesin Diesel dengan Bahan Bakar Campuran Pertadex dan Biodiesel Biji Kemiri," 2019.
- [15] Pertamina, *Spesifikasi Produk BBM, BBN & LPG*. 2018.