

**ANALISA PERBANDINGAN KONSUMSI BAHAN BAKAR *ULTRAFINE BUBBLE*  
SOLAR, DEXLITE, PERTAMINA DEX DAN B100 PADA MOTOR BAKAR  
MESIN DIESEL TRAKTOR RODA DUA**

**Sam Herodian  
Anto Sugiarto  
Syamsul Fajar Alfath**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

# ANALISA PERBANDINGAN KONSUMSI BAHAN BAKAR *ULTRAFINE BUBBLE* SOLAR, DEXLITE, PERTAMINA DEX DAN B100 PADA MOTOR BAKAR MESIN DIESEL TRAKTOR RODA DUA

Sam Herodian<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Dosen Teknik Mesin & Biosistem IPB  
 Anto Sugiarto, Peneliti BRIN  
 Syamsul Fajar Alfath, Mahasiswa Teknik Mesin dan Biosistem

## ABSTRAK

Perbandingan konsumsi bahan bakar *ultrafine bubble* solar, dextrite, pertamina dex dan B100 pada motor bakar mesin diesel traktor roda dua diteliti dengan menambahkan *ultrafine bubble* pada bahan bakar dengan membanding konsumsi bahan bakar dan laju konsumsi bahan bakar spesifik kondisi normal tanpa *ultrafine bubble* serta kondisi konsumsi bahan bakar pada mesin diesel traktor roda dua setelah di tambahkan *ultrafine bubble*. dari hasil pengamatan di peroleh hasil, penambahan gelembung halus oksigen pada bahan bakar solar, dextrite, pertamina dex dan b100 mesin diesel traktor roda dua, ternyata bahan bakar solar dan Biosolar B100 *ultrafine bubble* dapat mengurangi konsumsi bahan bakar sebesar -0,15 % disusul Perta Dex -0,12% dan dextrite -0,4 % pada putaran mesin maximum 2300 Rpm. Laju konsumsi bahan bakar spesifik pada mesin diesel traktor roda dua yang di tambahkan *ultrafine bubble* pada bahan bakar solar dapat mengurangi laju konsumsi sebesar -0,22 % sedangkan pada bahan bakar biosolar B100 dapat mengurangi laju konsumsi spesifik sebesar -0,20 % serta bahan bakar pertamina dex -0,17 % dan dextrite -0,01 %

Key word : *Ultrafine bubble*, bahan bakar, solar, dextrite, pertamina dex, B100 traktor roda dua

## PENDAHULUAN

Bahan Bakar Motor Diesel, bahan bakar motor diesel yang sering digunakan di Indonesia ada berbagai jenis diantaranya adalah Pertamina Dex, Dextrite, dan Solar (Elfiano *et al.* 2017). Namun ada juga bahan bakar biodiesel murni (B100) yang dapat digunakan untuk motor diesel. Selain itu ada juga bahan bakar B0 yang memiliki komposisi biodiesel 0% dengan Solar sebanyak 100% dan bahan bakar B30 yang memiliki komposisi biodiesel sebanyak 30% dengan Solar sebanyak 70%. Standar mutu dari bahan bakar Solar, Dextrite, Pertamina Dex dan B100 dapat dilihat pada Tabel 1 berikut. Tabel 1 Karakteristik bahan bakar diesel.

Tabel 1. Karakteristik bahan bakar diesel

Karakteristik	Satuan	Jenis Bahan Bakar			
		Solar B30	Dextrite B30	PertaDex B30	B100
Angka Setana	-	min 48	min 51	min 53	min 58,6
Berat Jenis	kg/m <sup>3</sup>	815-870 (15°C)	815-880 (15°C)	815-860 (15°C)	878,23 (40°C)
Viskositas (40°C)	mm <sup>2</sup> /s	2,0-4,5	2,5-5,0	2,0-4,5	-
Kandungan Sulfur	% m/m	max 0,05	max 0,2	max 0,05	3,85
Titik Nyala	°C	min 52	min 52	min 55	160
Titik Kabut	°C	max 18	max 18	max 18	9
Titik Tuang	°C	min 18	max 18	max 18	-
Residu Karbon	% m/m	max 0,1	max 0,1	max 0,1	Nihil
Kandungan FAME	% v/v	max 20	30	30	100
Kandungan Abu	% m/m	max 0,01	max 0,01	max 0,01	-
Kandungan Sedimen	% m/m	max 0,01	max 0,01	max 0,01	Nihil

(Sumber: SK Dirjen Migas 28 K/10/DJM.T/2016; SK Dirjen Migas 146 K/10/DJM/ 2020; B100Kementan)

Konsumsi Bahan Bakar, Konsumsi bahan bakar adalah banyak bahan bakar yang dipakai motor untuk beroperasi dalam jangka waktu tertentu. Ukuran konsumsi bahan bakar dapat dijadikan sebagai indikator tingkat efisiensi suatu motor. Menurut (Widianto 2014) berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat konsumsi bahan bakar. Putaran Motor Konsumsi bahan bakar berbanding lurus dengan putaran atau rotasi motor. Putaran motor yang tinggi akan meningkatkan konsumsi bahan bakar. Apabila putaran motor semakin kecil maka konsumsi bahan bakar akan relatif lebih kecil. Beban Motor Konsumsi bahan bakar suatu motor sangat ditentukan oleh besarnya beban yang ditanggung. Tingginya beban motor yang ditanggung mengakibatkan konsumsi bahan bakar yang semakin tinggi. Suhu Bahan Bakar Bahan bakar memiliki suhu optimal untuk melakukan pembakaran. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dari suhu optimal akan mengakibatkan konsumsi bahan bakar yang lebih boros dibandingkan bahan bakar dengan suhu optimal. Kapasitas Motor, konsumsi bahan bakar pada motor juga dipengaruhi oleh kapasitas motor tersebut. motor dengan volume silinder atau cc yang besar cenderung lebih boros bahan bakar dibandingkan motor dengan volume silinder lebih kecil. Angka Setana, Angka setana angka indikator yang menunjukkan kualitas bahan bakar Solar. Angka setana yang tinggi berarti bahan bakar akan mudah terbakar dalam kompresi sehingga banyak memberikan waktu untuk proses pembakaran. Hal ini akan menghindarkan motor dari kemungkinan terjadinya detonasi (bahan bakar terbakar bukan pada waktunya).

Rasio Perbandingan Udara dan Bahan Bakar / Air Fuel *Ratio* (AFR), Perbandingan udara dan bahan bakar memberikan pengaruh terhadap pembakaran yang terjadi. Komponen udara bebas terdiri dari Oksigen (O<sub>2</sub>), Nitrogen (N<sub>2</sub>), Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), Argon (Ar), Helium (He), Neon (Ne) dan gas lainnya. Oksigen sebagai syarat pembakaran memiliki persentase sebanyak 20% dalam udara. Penelitian sebelumnya yang mengendalikan AFR dengan bahan bakar LPG. Hasil penelitian tersebut menyatakan adanya peningkatan nyala api (dalam m/s) untuk AFR 12:1 ke AFR 13:1. Setelah itu terjadi penurunan kecepatan nyala api untuk AFR 13:1 hingga AFR 15:1. Penurunan yang terjadi cukup linear, pada Air Fuel *Ratio* 16:1 terjadi peningkatan kecepatan nyala api yang signifikan. 10 m/s pada AFR 15:1 menjadi 14 m/s ketika AFR 16:1 (Widodo *et al.* 2014).

Pengabutan (Atomisasi), Reaksi yang terjadi dalam pembakaran yaitu reaksi antara bahan bakar dengan oksidator seperti oksigen. Reaksi ini akan menghasilkan produk akhir berupa karbon dioksida dan air. Namun hasil tersebut (karbon dioksida dan air) tidak selalu dihasilkan setiap satuan waktu pembakaran. Harus ada tingkatan tingkatan reaksi tertentu untuk menghasilkan produk seperti itu. Tingkat tingkat proses itulah yang menyatakan mekanisme reaksi dari suatu proses pembakaran (Leonardy 2017). Pengabutan merupakan proses pemasukan bahan bakar ke ruang bakar untuk melakukan pembakaran. Bahan bakar akan disemprotkan menjadi kabut oleh *injector*. Semprotan tersebut harus disesuaikan dengan jenis ruang bakar.

Pembakaran awal akan mudah terjadi jika pengabutan terjadi dengan baik. Pengabutan akan memposisikan butiran kecil dari bahan bakar dikelilingi oleh partikel oksigen yang dapat bercampur sehingga pembakaran akan terjadi dengan baik. *Injector* yang kurang baik akan membuat konsumsi bahan bakar menjadi boros karena pengabutan yang tidak tersebar merata sehingga pencampuran oksigen dan bahan bakar tidak sempurna untuk melakukan pembakaran (Nugroho dan Wahyuni 2018).

## **Tujuan**

Membandingkan pengaruh injeksi *ultrafine bubble* dalam bahan bakar solar, dextrite, pertamina dex dan biodiesel B100 terhadap kinerja mesin diesel traktor roda dua.

## **Manfaat**

Memberi informasi untuk riset selanjutnya dan mekanisasi pertanian tentang rekayasa bahan bakar ultra fine bubble untuk motor diesel traktor roda dua.

## METODE PENELITIAN

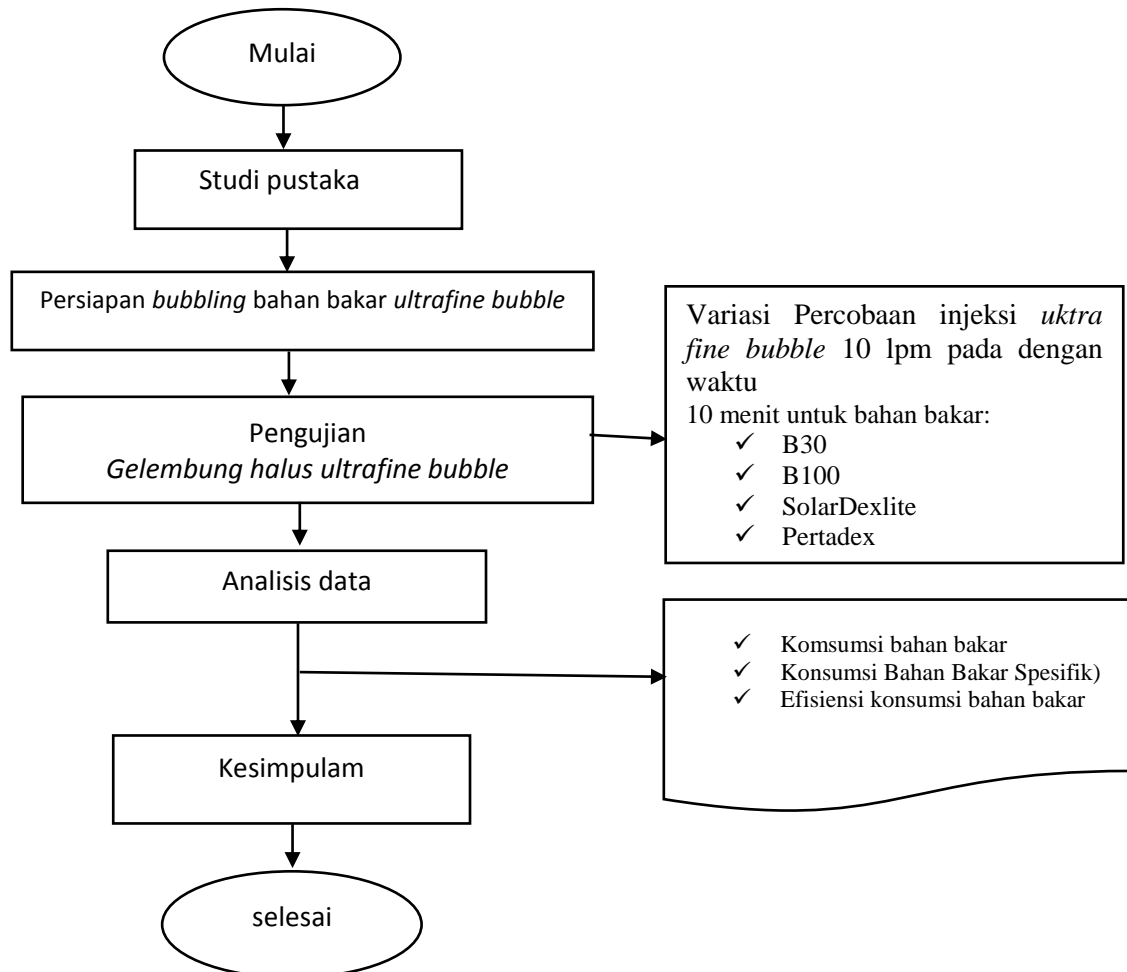
### Alat dan Bahan

Alat penelitian terdiri dari : motor bakar diesel, traktor roda dua (Traktor Roda Dua, Traktor yang digunakan adalah traktor Quick model G1000 Boxer. Rasio transmisi yang digunakan pada penelitian ini adalah 1:50, alat ukur ukuran partikel kecil/ *Malvern Zetasizer Nano*, Oksigen Konsentrator, *Stopwatch*, *Tachometer*, Satu unit Laptop, Sensor *flowmeter*, Kompresor, kamera, dan *smartphone*.

Bahan penelitian : bahan bakar solar, dexlite, pertamina dex dan biodiesel B100

### Flow chart penelitian

Tahapan penelitian dapat disajikan pada gambar 1. berikut :



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

## DATA DAN PEMBAHASAN

Pengujian massa jenis bahan bakar normal dan ber *ultrafine bubble* dapat disajikan pada Tabel 2. di bawah ini. Bahan bakar ber *ultrafine bubble* mengalami peningkatan yang tidak signifikan, meningkatnya massa jenis bahan bakar menunjukkan semakin padatnya bahan bakar setelah penambahan *ultrafine bubble*.

Tabel 2. Hasil pengukuran massa jenis bahan bakar

	Normal			Bubble			
	Vol	massa	massa jenis	Vol	massa	massa jenis	kenaikan
Solar		165	0,825		166,54	0,8327	0,93%
Dexlite	200	163,7	0,8185	200	165,76	0,8288	1,26%
Pertamina Dex		160,9	0,8045		161,11	0,80555	0,13%
B100		168,9	0,8445		170,61	0,85305	1,01%

**Data Pengujian kinerja bahan bakar ultra fine bubble**

Pengujian kinerja bahan bakar ultrafine bubble pada traktor roda dua dapat disajikan pada tabel.

Tabel 3. Data pengujian Bahan bakar B100 *ultrafine bubble*

Pengujian bahan bakar B100									
Injeksi oksigen	Torsi ((Nm)	Daya (kW)		Konsumsi BB (mL/s)		Penurunan KBB	Sfc (g/kW-h)		
		N	B	N	B		N	B	Penurunan Sfc
10 lpm	392	1,98	1,98	0,38	0,31	-0.07	577,80	480,69	-97.11
	588	2,96	2,97	0,47	0,38	-0.09	486,89	393,50	-93.39
	784	3,84	3,94	0,55	0,48	-0.07	433,26	374,45	-58.81
	882	4,09	4,40	0,63	0,53	-0.1	468,10	369,67	-98.43
	980	4,23	4,76	0,67	0,58	-0.09	481,03	376,70	-104.33
	1019,2	4,02	4,78	0,70	0,60	-0.1	527,04	385,52	-141.52
	1078	3,45	4,73	0,62	0,63	0.01	546,03	407,61	-138.42
Pengujian bahan bakar Solar									
10 lpm	392	1.98	1.99	0,34	0,26	-0.08	509,99	387,05	-122.94
	588	2,95	2.96	0,46	0,34	-0.12	463,31	347,49	-115.82
	784	3,91	3.93	0,54	0,44	-0.1	407,90	334,37	-73.53
	882	3,91	3.92	0,61	0,50	-0.11	429,12	338,87	-90.25
	980	4,20	4.39	0,63	0,56	-0.07	446,47	347,43	-99.04
	1019,2	4,17	4.83	0,60	0,61	0.01	484,10	374,59	-109.51
Pengujian bahan Dexlite									
10 lpm	392	1,99	1,99	0,28	0,25	-0.03	420,05	374,50	-45.55
	588	2,96	2,97	0,39	0,33	-0.06	388,16	328,53	-60.07
	784	3,91	3,93	0,49	0,45	-0.04	371,98	342,00	-29.98
	882	4,38	4,37	0,53	0,50	-0.03	356,91	341,15	-15.76
	980	4,77	4,52	0,60	0,60	0	371,08	395,70	24.62
	1019,2	4,79	4,47	0,62	0,62	0	383,19	411,81	28.62
	1078	4,72	4,20	0,63	0,61	-0.02	393,52	436,16	42.64
Pengujian bahan Pertadex									
10 lpm	392	1,98	1,99	0,28	0,23	-0.05	404,61	335,76	-68.85
	588	2,94	2,97	0,39	0,32	-0.07	380,92	309,64	-71.28
	784	3,90	3,93	0,50	0,41	-0.09	369,32	304,97	-64.35
	882	4,32	4,39	0,59	0,49	-0.1	393,01	323,95	-69.06
	980	4,39	4,64	0,63	0,56	-0.07	413,43	352,21	-61.22
	1019,2	4,08	4,61	0,63	0,59	-0.04	447,47	373,11	-74.36
	1078	3,43	4,38	0,60	0,62	0,02	503,11	408,37	-94.74

Keterangan :

Sfc: Laju konsumsi bahan bakar spesifik

N: Normal B: bubbled Nm : Newton meter mL/s: mili liter secon

**ANALISA DATA**

**Analisa Efisiensi Konsumsi Bahan bakar**

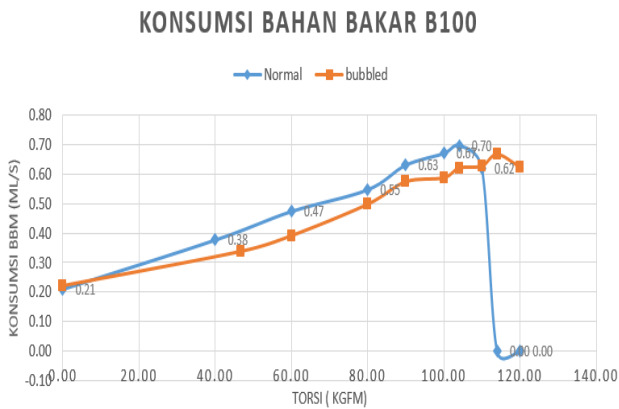
Efisiensi konsumsi bahan bakar pada traktor roda dapat dianalisa menggunakan tabel 4 dan gambar 2,3,4 dan 5 grafik analisa berikut.

Tabel 4 Efisiensi konsumsi bahan bakar

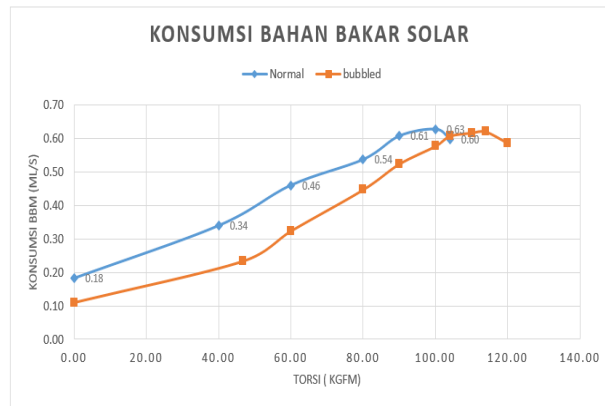
	Solar	B100	Dexlite	Pertamina Dex
Rpm	2300	2300	2300	2300
Efisiensi	-0.15 %	-0.15 %	0.4 %	0.12%

Analisa efisiensi konsumsi bahan bakar *ultrafine bubble* pada motor diesel traktor roda dua yang disajikan pada tabel 12.diatas, konsumsi bahan bakar solar dan B100 *ultrafine bubble* pada traktor dapat menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar -0,15 % sedangkan dan pertamina dex dapat menurunkan konsumsi bahan bakar -012 % serta bahan bakar dexlite dapat menurunkan konsumsi bahan bakar 0,04%.

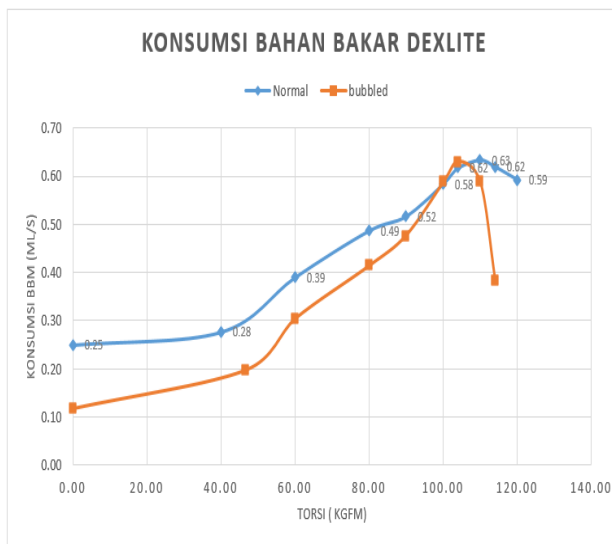
Grafik analisa konsumsi bahan bakar dapat disajikan pada gambar 2,3,4,dan 5. Berikut :



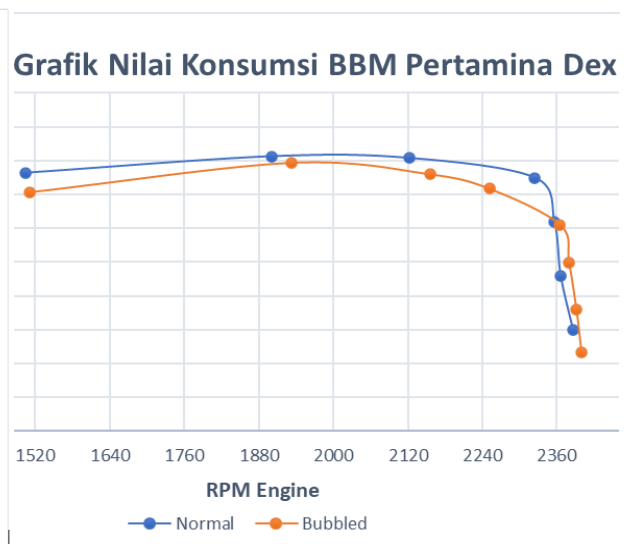
Gambar 2. Grafik Konsumsi bahan bakar B100



Gambar 3. Grafik Konsumsi bahan bakar Solar



Gambar 4. Grafik Konsumsi bahan bakar dexlite



Gambar 5. Grafik Konsumsi bahan bakar pertamina dex

### Analisa Efisiensi laju Konsumsi Bahan bakar Spesifik

Efisiensi konsumsi laju konsumsi bahan bakar pada traktor roda dapat dianalisa menggunakan Tabel 5 dan gambar 6. 7.8.9 grafik analisa berikut.

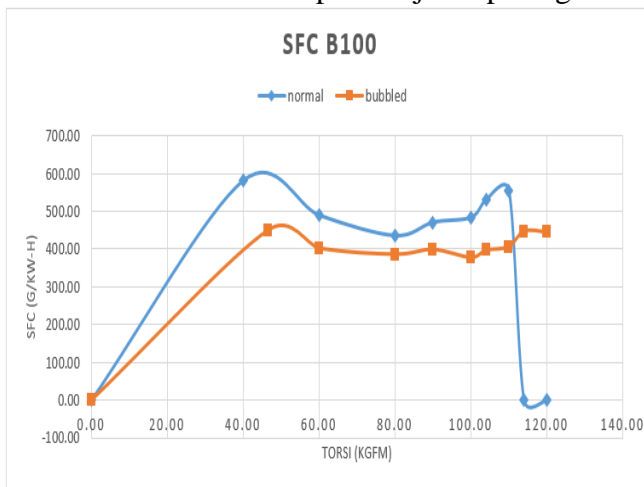
Tabel 5. Efisiensi konsumsi bahan bakar spesifik

	Solar	B100	Dexlite	Pertamina Dex
Rpm	2300	2300	2300	2300
Efisiensi	-0.22 %	-0.20 %	-0.09 %	-0.17 %

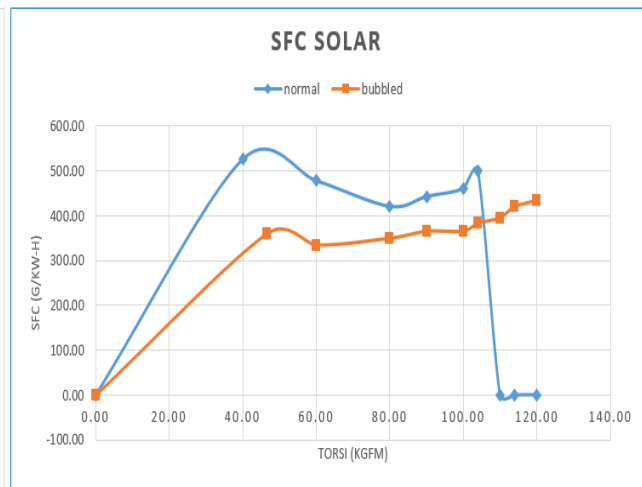
Berdasarkan tabel 13. Efisiensi laju konsumsi bahan bakar *ultrafine bubble* pada motor diesel traktor roda dua, konsumsi kaju bahan bakar solar *ultrafine bubble* pada traktor sebesar -22 % sedangkan B100 senesar -0,20 % dan pertamina dex -017 % serta bahan bakar dexlite 0,09%.

### Analisa Laju Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

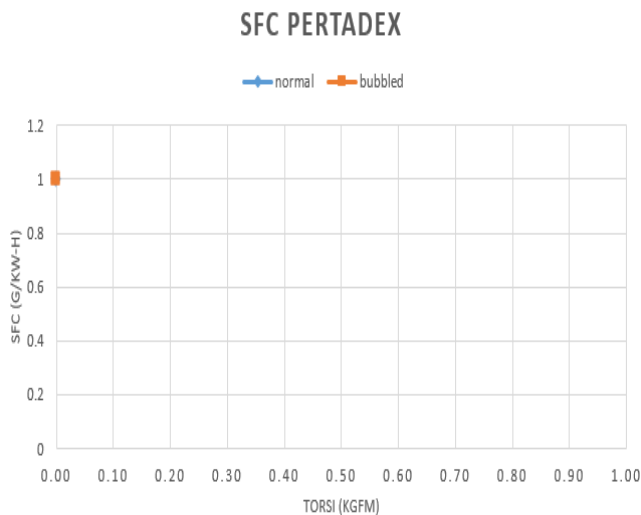
Analisa laju konsumai bahan bakar spesifik *ultrafine bubble* pada bahan bakar solar, dexlite, pertamina dex dan biodiesel B100 dapat disajikan pada gambar 6.7.8 .9 berikut:



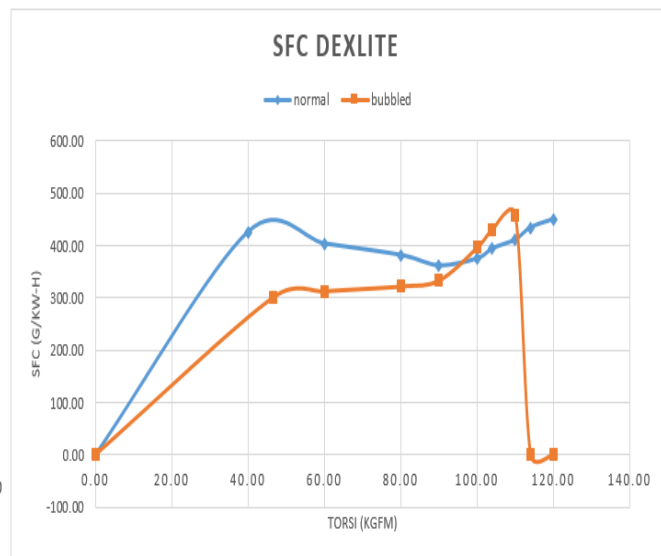
Gambar 6. Grafik Bahan bakar spesifik B100



Gambar 7. Grafik Bahan bakar spesifik Solar



Gambar 8. Grafik Bahan bakar spesifik Pertadex



Gambar 9. Grafik Bahan bakar spesifik dexlite

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan gelembung halus oksigen pada bahan bakar mesin diesel traktor roda dua, bahan bakar solar dan B100 *ultrafine bubble* dapat mengurangi konsumsi bahan bakar sebesar -0,15 % disusun Perta Dex -0.12% dan dextrite -0,4 % pada putaran mesin maximum 2300 Rpm.
2. Laju konsumsi bahan bakar spesifik pada mesin diesel traktor roda dua yang di tambahkan *ultrafine bubble* pada bahan bakar solar dapat mengurangi laju konsumsi sebesar -0,22 % sedangkan pada bahan bakar biosolar B100 dapat mengurangi laju konsumsi spesifik sebesar -0,20 % serta bahan bakar pertamina dex -0,17 % dan dextrite -0,01 %

### Saran

Penelitian lebih lanjut tentang aplikasi penggunaan bahan bakar *ultrafine bubble* biosolar B100 dan Solar di lapangan pada mesin diesel traktor roda dua untuk mengetahui performa mesin pada di lapangan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Balai besar Mekanisasi pertanian Serpong, Ir. Joko Pitoyo, M.Eng, P.hD, Kepala Balai Besar Mektan, Badan Riset Mekatronika Cerdas Bandung, Salman, Yubil Christyan Parasian Gultom, Husen Asbanu yang sudah berkontribusi pada penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alam HS, Sutikno P, Soelaiman TAF, Sugiarto AT. 2022. Bulk Nanobubbles: generation using a two-chamber swirling flow nozzle and long-term stability in water. *J. Flow Chem.*
- aprobi.or.id. Realisasi laporan data produksi-distribusi-ekspor biodiesel APROBI periode Januari - Desember 2022 - APROBI. [diunduh 2023 Jan 7]. Tersedia pada: <https://www.aprobi.or.id/data/rekap-laporan-data-produksi-distribusieksport-biodiesel-aprobi-periode-januari-desember-2022/>
- Ariani F, Ginting E, Burhanuddin TS. 2017. Karakteristik Kinerja Mesin Diesel Stasioner dengan Bahan Bakar Campuran Biodiesel dari Biji Kemiri Sunan. *J. Teknol.* 12(1):36-45.
- Attard P. 2014. The stability of nanobubbles. *Eur. Phys. J. Spec.*
- Azevedo A, Oliveira H, Rubio J. 2019. Bulk nanobubbles in the mineral and environmental areas: Updating research and applications. *Adv. Colloid Interface Sci.*
- Cho SH, Kim JY, Chun JH, Kim JD. 2005. Ultrasonic formation of nanobubbles and their zeta-potentials in aqueous electrolyte and surfactant solutions. *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* 269(1-3):28- 34. doi:10.1016/j.colsurfa.2005.06.063.
- Chowdhury H, Alam F, Khan I, Djamovski V, Watkins S. 2012. Impact of vehicle add-ons on energy consumption and greenhouse gas emissions. *Procedia Eng.*
- Darban KA, Ahmadi R. 2013. Modelado y optimización de la generación de nano burbujas. Proceso utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Int. J. Nanosci. Nanotechnol.*
- Darsono D. 2010. Simulasi CFD pada Mesin Diesel Injeksi Langsung dengan Bahan Bakar Biodiesel dan Solar [Tesis]. Depok. Universitas Indonesia.
- Demangeat JL. 2015. Gas nanobubbles and aqueous nanostructures: The crucial role of dynamization. *Homeopathy.*



- FanM, Tao D, Honaker R, Luo Z. 2010. Nanobubble generation and its applications in froth flotation (part II): fundamental study and theoretical analysis. *Min. Sci. Technol.* Fikri N. 2017. Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Udara Pembakaran Terhadap Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Engine Honda CB150R Berbahan Bakar Bioethanol E100 [Skripsi]. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Holmberg M, Kühle A, Garnæs J, Mørch KA, Boisen A. 2003. Nanobubble trouble on gold surfaces. *Langmuir*. Khan P, Zhu W, Huang F, Gao W, Khan NA. 2020. Micro-nanobubble technology and water-related application. *Water Sci. Technol. Water Supply*. Kim T il, Kim Y ha, Han M. 2012. Development of novel oil washing process using bubble potential energy. *Mar. Pollut. Bull.* 64(11):2325- 2332.doi:10.1016/j.marpolbul.2012.08.031.
- Kristanto P. 2015. Motor bakar torak : teori & aplikasinya / Ir. Philip Kristanto ; editor, Fl. Sigit Suyantoro OPAC Perpustakaan Nasional RI. *Yogyakarta Penerbit ANDI*. [diunduh 2022 Apr 7]. Tersedia pada: <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=1172346>
- Kulkarni AA, Joshi JB. 2005. Bubble formation and bubble rise velocity in gasliquid systems: A review. *Ind. Eng. Chem. Res.* 44(16):5873- 5931.doi:10.1021/ie049131p.
- Ljunggren S, Eriksson JC. 1997. The lifetime of a colloid-sized gas bubble in water and the ause of the hydrophobic attraction. *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp*Mara IM, Sayoga IMA, Yudhyadi IGNK, Nuarsa IM. 2018. Analisis emisi gas buang dan daya sepeda motor pada volume silinder diperkecil. *Din. Tek. Mesin*Nakatake Y, Kisu S, Shigyo K, Eguchi T, Watanabe T. 2013. Effect of nano airbubbles mixed into gas oil on common-rail diesel engine. *Energy*. Padang YA. 2011. Uji Eksperimental Konsumsi Bahan Bakar Mesin Berbahan Bakar Biodiesel Minyak Kelapa Hasil Metode Kering (Experimental Test On Engine Fuel Consumption Using Biodesel From Coconut Oil Produced By Dry Method). *Din. Tek. Mesin.* 1(2).
- Parmar R, Majumder SK. 2013. Microbubble generation and microbubble-aided transport process intensification a state of the art report. *Chem. Eng. Process. Process Intensif*.
- de Rijk SE, Jaap H.J.M. aivan der G, den Blanken JG. 1994. Bubble size in flotation thickening. *Water Sahoo BB, Sahoo N, Saha UK. 2009. Effect of engine parameters and type of gaseous fuel on the performance of dual-fuel gas diesel engines-A critical review. Renew. Sustain. Energy Rev*Setyadi P, Wibowo CS. 2015. Pengaruh Pencampuran Minyak Solar Dengan Biodiesel Pada Nilai Angka Setana. *J. Konversi Energi dan Manufaktur.* 2(2):93-99.doi:10.21009/jkem.2.2.6.
- Setyaningsih D, Faiziin MN, Muna N. 2018. Pemanfaatan Minyak Atsiri sebagai Bioaditif Penghemat Bahan Bakar Biosolar. *Indones. J. Essent. Oil*.
- Sinaga, N T, Priangkoso, Widayana, P A. 2010. Kaji Eksperimental Pengaruh Beberapa Parameter BerkTerhadap Tingkat Kaji Eksperimental Pengaruh Beberapa Parameter Berkendaraan Terhadap Tingkat Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Penumpang Kapasitas Silinder 1500 - 2000 CC. (November).
- Supardan MD, . S, . M. 2013. Biodiesel Production From Waste Cooking Oil Using Hydrodynamic Cavitation. *MAKARA J. Technol.* Ushikubo FY, Furukawa T, Nakagawa R, Enari M, Makino Y, Kawagoe Y, Shiina T, Oshita S. 2010. Evidence of the existence and the stability of nano-bubbles in water. *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp*