

PENGARUH VARIASI TEKANAN PADA PEMBAKARAN *SPRAY* BAHAN BAKAR MINYAK KELAPA MURNI TERHADAP SUDUT, PANJANG NYALA API, DIAMETER *DROPLET*, *FLASHBACK*

Irwan Tri Murdianto

Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Indonesia
e-mail : irwan-tri-murdianto@student.umaha.ac.id

ABSTRAK

Ditengah tingginya kebutuhan bahan bakar fosil membuat ketersediannya menipis, Berbagai penelitian tentang minyak nabati dilakukan untuk mencari bahan bakar alternatif lain mengurangi pemakaian bahan bakar fosil Sumber minyak nabati yang mudah diperoleh ialah minyak kelapa murni Pohon kelapa telah banyak tersebar Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental pembakaran *spray* bahan bakar yang dipakai minyak kelapa murni dengan memvariasikan tekanan 50 bar 75 bar dan 100 bar serta diameter *nozzle* 0,2mm bertipe *spray solid cone* proses pengujian dilakukan secara berulang ulang hingga mendapat data yang maksimal dari uji eksperimental ini didapat bahwa tekanan bisa mempengaruhi besar kecil sudut *spray* panjang nyala api diameter droplet *flashback* nyala api hasil pengujian ini diketahui semakin tinggi tekanan maka sudut akan besar sebaliknya tekanan rendah membuat sudut akan mengecil panjang nyala api bertambah panjang ketika tekanan semakin tinggi terjadinya *flashback* pada penyalaan awal jarak 100mm dan 500mm diameter *droplet* akan bertambah kecil saat tekanan semakin tinggi

Kata kunci : *droplet*, nyala api, minyak kelapa, pembakaran *spray*, sudut, tekanan

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi terus meningkat seiring semakin majunya teknologi dan bertambahnya jumlah penduduk didunia. Penggunaan bahan bakar minyak fosil yang terus meningkat ini mengakibatkan cadangan semakin menipis. Para peneliti berusaha mencari energi yang baru, seperti minyak nabati termasuk energi terbarukan. Pohon Kelapa merupakan tanaman yang tersebar di indonesia serta banyak tumbuh di dataran tinggi maupun rendah. Buah kelapa bisa diolah menjadi minyak kelapa dengan beberapa proses yakni secara pemanasan dan pengepresan.



Gambar 1. Minyak kelapa

Minyak kelapa murni memiliki Kandungan asam lemak rantai cukup panjang serta asam lemak jenuh yang tinggi sebesar 90 %, asam lemak jenuh banyak di dominasi asam laurat yang berantai. Serta Bahan bakar minyak

kelapa murni tersusun dari beberapa molekul triglyceride terdiri dari glycerol yaitu alkohol yang berjumlah tiga rantai karbon sebagai rantai utama dan tiga cabang asam lemak dengan rantai berjumlah 18 karbon atau 16 karbon.

Tabel 1. Kandungan asam lemak minyak kelapa

No	Asam Lemak	Formula	Minyak Kelapa (Coconut Oil-%)
1	Caproic	$C_6H_{12}O_2$	0.2 - 0.8
2	Caprylic	$C_8H_{16}O_2$	6 - 9
3	Capric	$C_{10}H_{20}O_2$	8 - 10
4	Lauric	$C_{12}H_{24}O_2$	46 - 50
5	Myristic	$C_{14}H_{28}O_2$	17 - 19
6	Palmitic	$C_{16}H_{32}O_2$	8 - 10
7	Stearic	$C_{18}H_{36}O_2$	2 - 3
8	Oleic	$C_{18}H_{34}O_2$	5 - 7
9	Linoleic	$C_{18}H_{32}O_2$	1 - 2.5

Pada tabel 1 diatas memperlihatkan kandungan minyak kelapa murni. Minyak kelapa salah satu minyak nabati yang bisa digunakan dalam pembakaran *spray*. Kandungan asam lemak yang cukup tinggi membuat berbeda dibandingkan dengan jenis minyak nabati yang lain, dan tinggi viscositas cukup tinggi. Setiap minyak nabati terdapat sifat – sifat fisik yang berbeda, tabel 2 di bawah ini menunjukkan sifat fisik pada minyak nabati terutama minyak kelapa murni.

Tabel 2. Sifat fisik minyak nabati murni

Property	ASTM metode	Instrument	Model	Value Ceiba patandra oil	Jatropha curcas lin Oil	Cotton seed oil	Coconut oil	Palm kernel oil
Density at 40°C (kg/m ³)	D1298	Hydrometer	Nidky, Japan	974	921	955	936	940
Kinematic viscosity at 40°C (cSt)	D445	Kinematic viscometer	Leybold Didactic, Germany	45,55	35,48	41,65	55,55	52,65
Flash point (°C)	D93	Pensky-Martens closed cup tester	Leybold Didactic, Germany	260	240	250	265	270
pH	D6423	pHep tester	HANNA Instrument UAS	5,0	4,5	4,0	6,0	6,0

Menurut pengaertian Pembakaran *spray* ialah proses pembakaran dimana bahan bakar yang masih berupa cairan diubah ke fase pengabutan atau berbentuk butiran – butiran *droplet* yang bertujuan bahan bakar tersebut terbakar dengan sempurna. Proses tersebut terjadi tiga tahapan yakni lembaran tipis (*sheet*) akan membentuk ikatan (*ligament*) dan kemudian pecah menjadi butiran (*droplet*). Apabila memiliki ukuran yang sangat kecil dan halus *droplet* tersebut bisa dikatakan bagus dan mempengaruhi efek yang signifikan pada proses pembakaran *spray*.

Proses pembakaran *spray* dipengaruhi oleh seberapa besar tekanan dan diameter lubang *nozzle*. Kombinasi dari *spray* bertekanan tinggi dapat menghasilkan ukuran *droplet* yang kecil, mempercepat penguapan dan meningkatkan proses atomisasi hingga membuat pembakaran bahan bakar lebih baik. Penelitian ini tentang pembakaran *spray* menggunakan minyak kelapa murni pada kali ini ingin mengetahui besar sudut *spray*, diameter *droplet*, panjang nyala api, dan *flashback* nyala api.

METODE PENELITIAN

Perencanaan penelitian merupakan proses awal kegiatan untuk mendapatkan hasil yang sesuai diinginkan, setelah perencanaan awal selesai maka pelaksanaan penelitian bisa dilakukan. Penelitian ini dimulai dari studi literatur yaitu mempelajari jurnal penelitian sebelumnya tentang pembakaran *spray* serta melakukan observasi alat yang akan digunakan sebagai penelitian maupun eksperimen kemudian melakukan persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan, setelah itu proses perakitan alat uji, selanjutnya pengujian alat apabila masih terdapat kesalahan maka dilakukan proses pengujian ulang sampai mendapat data yang relevan, setelah pengujian berhasil bisa dilakukan proses pengambilan data kemudian dianalisa hasil data penelitian tersebut dan

penyusunan laporan bisa dilakukan. Adapun instalasi pembakaran *spray* pada gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 2. Instalasi pembakaran *spray* Alat dan Bahan

Alat :

1. Pompa *Jet Cleaner High Pressure* 150 Bar
2. Selang
3. Ember penampung minyak
4. Meja pengujian
5. Selang tekanan tinggi
6. Selang *by pass valve*
7. *Pressure gauge*
8. *Nozzle*
9. Penggaris besi
10. Wadah penampung minyak

Bahan :

Minyak kelapa murni

Tempat dan waktu kegiatan

- a. Persiapan bahan baku Minyak kelapa murni dibeli di *online shop* (toko minyak kelapa murni SHOPEE).
- b. Penelitian ini dilakukan di Di laboratorium Teknik Mesin Universitas Ma'arif Hasyim Latif. alamat di JL. Raya Ngelom Megare No 30 Megare, Taman, Sidoarjo, Jawa Timur.

Pengujian alat pembakaran *spray* ini menggunakan jenis minyak kelapa murni. Pengujian dilakukan dengan cara memvariasikan tekanan pada pompa *jet cleaner* yaitu sebesar 50 bar, 75 bar, dan 100 bar, serta menggunakan diameter lubang *nozzle* 0,2mm. Data yang ingin diperoleh pada pengujian ini meliputi sudut *spray*, diameter *droplet*, panjang nyala api dan *flashback* nyala api. Langkah pengambilan data sudut *spray* bahan bakar minyak kelapa murni disemprotkan bertekanan tinggi dari pompa dan dialirkan ke *nozzel* melewati selang. Kemudian

minyak kelapa keluar berbentuk kabut melalui *nozzel* hingga membentuk sudut. untuk panjang nyala api langkah pengambilan data seperti sudut *spray* namun diperlukan pemantik api agar diketahui panjang nyala api tersebut. Kemudian pengambilan *flashback* nyala api dilakukan dengan 3 kali penyalaan pada 3 jarak masing - masing yaitu 100 mm, 500mm, 900mm dari ujung *nozzel*, Pengamatan rambatan api atau *flashback* direkam menggunakan kamera.

Proses pengambilan data ini direkam menggunakan kamera cannon 1100D, untuk proses pengolahan data menggunakan *software free video to JPG converter, image j, dan software corel draw x7.*

HASIL DAN PEMBAHASAN

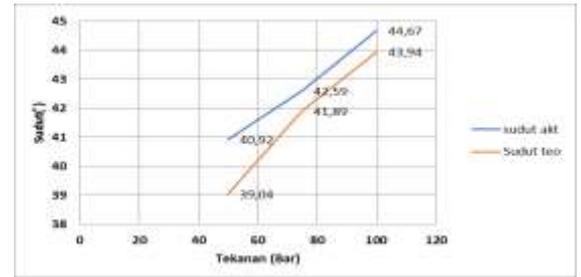
Berikut merupakan Analisa dari hasil pengujian *spray* dengan menggunakan bahan bakar minyak kelapa murni. Pada gambar 2 ialah pengujian secara actual pada sudut *spray* dengan diameter lubang *nozzle* 0,2 mm dan variasi tekanan yang digunakan 50 bar, 75 bar, 100 bar.



Gambar 3. Sudut spray pada masing – masing pengujian

Tabel 3. Hasil olah data pengujian sudut spray

No	Nosel (mm)	Tekanan (Bar)	Sudut akt (°)	Sudut teo (°)	Kec Sempr(m/s)
1	0,2	50	40,92	39,04	70,24
2	0,2	75	42,59	41,89	86,02
3	0,2	100	44,67	43,94	99,34



Gambar 4. Grafik perbandingan sudut spray variasi tekanan

Pada tabel 3 diketahui nilai kecepatan semprotan yang terjadi pada tekanan sebesar 50 bar yaitu 70,24 m/s sedangkan nilai kecepatan semprotan paling tinggi yaitu 99,34 m/s pada tekanan 100 bar. Kecepatan semburan bahan bakar dapat diperkirakan secara teoritis menggunakan rumus persamaan sebagai berikut (Liguang, 2007).

$$v_i = C_d \sqrt{\frac{2 \Delta p_i}{\rho_l}}$$

Dimana:

$$C_d = 0,68 \text{ (asumsi)}$$

$$\rho_l = 936 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta p_i = 50 \text{ bar} = 5 \times 10^6 \text{ kg/ms}^2$$

Maka perhitungan kecepatan semprotan bahan bakar ialah :

$$v_i = C_d \sqrt{\frac{2 \Delta p_i}{\rho_l}} = 0,68 \sqrt{\frac{2 \times 5 \times 10^6 \text{ kg/ms}^2}{936 \text{ kg/m}^3}} = 70,24 \text{ m/s}$$

Sedangkan secara teoritis, besarnya sudut spray ini juga dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan pada berikut (Borman, 1998).

$$\theta_1 = 0,05 \left(\frac{\Delta p_i \cdot d^2}{\rho_l \cdot \mu v} \right)^{1/4}$$

Dimana

$$\Delta p_i = 50 \text{ bar} = 5 \times 10^6 \text{ kg/ms}^2$$

$$d^2 = 0,2 \text{ mm}$$

$$\rho_l \text{ (densitas)} = 936 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu v \text{ (viscositas)} = 55,7 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Sehingga

$$\theta_1 = 0,05$$

$$\left(\frac{5.10^6 \text{ kg/ms}^2 \cdot (0,2 \text{ mm})^2}{936 \text{ kg/m}^3 \cdot (55,55 \text{ mm}^2/\text{s})^2} \right)^{1/4}$$

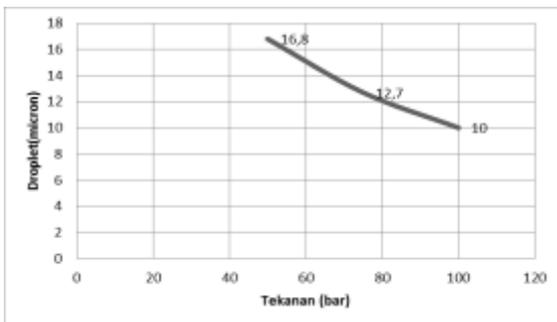
$$= 39,04^\circ$$

Nilai ini sedikit lebih kecil dari nilai sudut secara actual pada pengujian sudut spray dengan minyak kelapa murni, nilai sudut spray pada tekanan 50 yang didapat secara actual yakni 40,92°. Hal tersebut bisa terjadi karena dipengaruhi oleh tegangan permukaan minyak nabati saat melewati lubang *nozzel*. Semakin besar tekanannya dapat menurunkan tegangan permukaan minyak yang melewati lubang *nozzel* tersebut.

Pada tabel 4 berikut merupakan hasil perhitungan secara teoritis diameter *droplet* pada masing – masing tekanan 50 bar, 75 bar dan 100 bar.

Tabel 4. Diameter *droplet* terhadap variasi tekanan

No	Tekanan (bar)	Nozzel (mm)	Droplet (µm)
1	50	0,2	16,8
2	75	0,2	12,7
3	100	0,2	10



Gambar 5. Grafik diameter *droplet* terhadap variasi tekanan

Pada tabel 4 diatas diketahui diameter *droplet* terkecil pada minyak kelapa terjadi di tekanan sebesar 100 bar yaitu 10 µm, sedangkan diameter *droplet* terbesar terdapat pada tekanan 50 bar yaitu 16,8 µm. Hal ini memperlihatkan bahwa tekanan bisa mempengaruhi ukuran diameter *droplet*. Selain itu *viskositas* minyak kelapa juga berperan pada diameter *droplet* tersebut, semakin rendah nilai *viskositas* maka tingkat kekentalan minyak tersebut rendah. Untuk menghitung nilai diameter *droplet* menggunakan persamaan *Sauter Mean Diameter* (SMD) berikut (Viriatoet al,1996)

$$D_{32} = 4.12d_n Re^{0,12} We^{-0,75} \left\{ \frac{\mu_f}{\mu_a} \right\}^{0,54} \left\{ \frac{\rho_f}{\rho_a} \right\}^{0,18}$$

Agar persamaan diatas bisa ditentukan nilainya maka harus ditentukan terlebih dahulu nilai *Reynolds number* (Re) *spray* dan *Weber number* (We) *droplet*. Dimana nilai *Reynolds number* dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$Re_{spray} = \frac{v_f d_n}{\nu_f} = \frac{70,24 \text{ m/s} \times 0,2 \text{ mm}}{55,55 \text{ mm}^2/\text{s}}$$

$$= 252,88$$

Sedangkan nilai *Weber number* dapat ditentukan menggunakan rumus persamaan :

$$We_{drop} = \frac{\rho_f v_f^2 d_n}{\sigma_l}$$

$$= \frac{936 \text{ kg/m}^3 (70,24 \text{ m/s})^2 0,2 \text{ mm}}{33,4 \text{ N/m}} = 27652$$

Dimana dari data sifat minyak kelapa murni :

- σ_f (tegangan permukaan) = 33,4 N/m
- ρ_f (berat jenis) = 936 kg/m³
- ρ_a (ro udara) = 1,2 kg/m³
- ν_f (viskositas) = 55,55 mm²/s
- v_f (kecepatan inject) = 70,24 m/s
- d_n (Diameter nozzle) = 0,2 mm
- μ_f (Viscositas dinamis) = 31 Ns/m²
- μ_a (viskositas udara) = 0,89 Ns/m²

Setelah nilai *Reynolds number* dan *weber number* sudah diketahui maka untuk mencari dimensi *droplet* ialah

$$D_{32} = 4,12$$

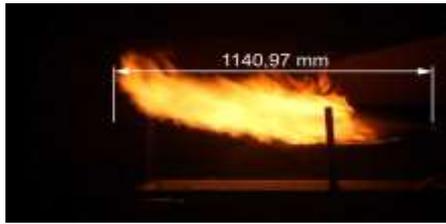
$$\times 0,2 \text{ mm} (252,88)^{0,12} (27652)^{-0,75} \left\{ \frac{31 \text{ Ns/m}^2}{0,89 \text{ Ns/m}^2} \right\}^{0,54}$$

$$\left\{ \frac{9936 \text{ kg/m}^3}{1,2 \text{ kg/m}^3} \right\}^{0,18} = 16,8 \mu\text{m}$$

Sehingga diketahui diameter *droplet* pada tekanan 50 bar yaitu 16,8 µm

Pada gambar dibawah ini memperlihatkan panjang nyala api pembakaran minyak kelapa murni dengan beberapa tekanan yakni 50 Bar, 75

Bar, 100 Bar serta menggunakan diameter lubang nozzle 0,2 mm.



Gambar 6. Panjang nyala api pada tekanan 50 bar



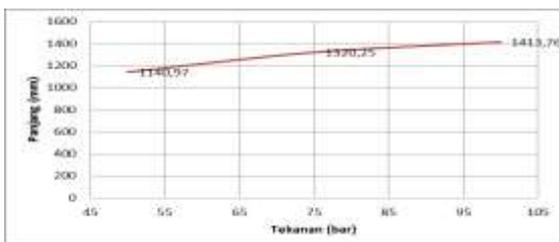
Gambar 7. Panjang nyala api pada tekanan 75 bar



Gambar 8. Panjang nyala api pada tekanan 100 bar

Tabel 5. Panjang nyala api terhadap variasi tekanan

No	Tekanan	Nozzel	Panjang
1	50	0,2	1140,97
2	75	0,2	1320,25
3	100	0,2	1413,76



Gambar 9. Grafik panjang nyala api variasi tekanan

Pada gambar 6 grafik dan tabel 5 tersebut terlihat bahwa semakin besar tekanan terhadap nozzle

sangat berpengaruh pada nyala api yang di terjadi, bertambahnya panjang nyala api terjadi karena dipengaruhi oleh debit bahan bakar yang melewati lubang nozzle. Dari hasil perhitungan secara teoritis debit bahan bakar paling kecil terdapat pada tekanan sebesar 50 bar dimana debit yang keluar melewati lubang nozzle sebesar 2,177 m³/s sedangkan debit paling besar terjadi pada tekanan 100 bar yakni 3,079 m³/s. Untuk mengetahui nilai debit bahan bakar minyak kelapa pada masing - masing tekanan maka menggunakan rumus persamaan sebagai berikut :

$$Q = A \cdot v$$

Dimana luas penampang lubang nozzle 0,2mm (A) harus diketahui sebagai berikut :

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

$$A = \frac{3,14}{4} \cdot (0,2)^2$$

$$A = 0,000000031 \text{ m}^2$$

Kecepatan semprotan bahan bakar minyak kelapa murni yang diketahui pada tekanan 50 bar yakni :

$$v_i = 70,24 \text{ m/s}$$

Sehingga nilai debit bahan bakar pada nozzle 0,2 pada tekanan 50 Bar adalah :

$$Q = A \cdot v$$

$$= 0,000000031 \text{ m}^2 \cdot 70,24 \text{ m/s}$$

$$= 2,177 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

Dalam penelitian ini tekanan terhadap nozzle bervariasi dan diameter nozzle yang digunakan tetap. Menurut perhitungan secara teoritis akan terjadi peningkatan debit bahan bakar pada saat tekanan terhadap nozzle diperbesar.

Pada gambar dibawah ini merupakan hasil pengujian flashback nyala api menggunakan minyak kelapa murni dengan variasi tekanan 50 bar, 75 bar dan 100 bar serta diameter nozzle 0,2 mm. Untuk jarak penyalaan awal nyala api divariasikan menjadi 3 jarak diukur dari ujung nozzle yaitu 100mm, 500 mm dan 900mm. Berikut merupakan gambar flashback nyala api pada penyalaan awal 100mm dari ujung nozzle dengan beberapa tekanan.



Gambar 10. *Flashback* nyala api tekanan 50 bar pada penyalaan awal 100mm



Gambar 11. *Flashback* nyala api tekanan 75 bar pada penyalaan awal 100mm



Gambar 12. *Flashback* nyala api tekanan 100 bar pada penyalaan awal 100mm

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa tidak terjadi *flashback* pada saat pemantik atau sumber nyala api berada pada posisi 100 mm yang ditandai pada penggaris seperti pada gambar tekanan 50 bar dan 75. Pada tekanan 50 bar nyala api terjadi pada 58,81 mm dibelakang penggaris, terjadi peningkatan pada saat tekanan diperbesar menjadi 75 bar dimana nyala api menempel pada penggaris. ketika pada saat tekanan dinaikkan kembali ke 100bar baru terjadinya *flashback* nyala api dengan panjang 21,17mm.

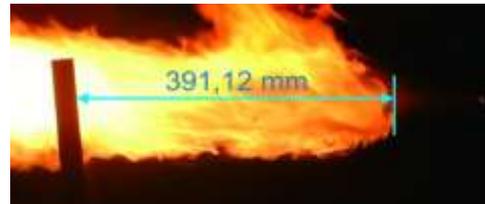
Kemudian gambar dibawah ini menunjukkan terjadinya *flashback* nyala api pada tekanan 50 bar, 75 bar dan 100 bar. dengan penyalaan awal 500mm dari ujung nozzle.



Gambar 13. *Flashback* nyala api tekanan 50 bar pada penyalaan awal 500mm



Gambar 14. *Flashback* nyala api tekanan 75 bar pada penyalaan awal 500mm



Gambar 15. *Flashback* nyala api tekanan 100 bar pada penyalaan awal 500mm

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa telah terjadi *flashback* pada saat pemantik api berada pada posisi 500 mm yang ditandai dengan penggaris seperti pada gambar diatas. Pada tekanan 50 bar nyala api terjadi pada 290,80 mm didepan penggaris, terjadi peningkatan lagi pada saat tekanan terhadap *nozzle* diperbesar menjadi 75 bar dimana Panjang nyala api *flashback* pada tekanan 75 bar meningkat sebesar 72,69 mm. Sedangkan pada saat tekanan dinaikkan kembali menjadi 75 bar ujung nyala api *flashback* semakin mendekat ke *nozzel* pada posisi 391,12 mm didepan penggaris. Gambar diatas menunjukkan pada posisi pemantik 500mm terjadi *flashback* yang cukup panjang. Saat tekanan terhadap *nozzle* sebesar 50 bar terjadi *flashback* sepanjang 290,80mm semakin tekanan diperbesar terjadi peningkatan yang cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa pada posisi 500 mm di depan penggris bahan bakar sudah berbentuk *droplet* yang sempurna sehingga dapat terjadi *flashback* yang cukup panjang.

Gambar dibawah merupakan hasil pengujian *flashback* nyala api menggunakan minyak kelapa murni pada tekanan 50 bar, 75 bar, dan 100 bar. dengan penyalaan awal 900mm dari ujung nozzle.



Gambar 16. *Flashback* nyala api tekanan 50 bar pada penyalaan awal 900mm



Gambar 17. *Flashback* nyala api tekanan 75 bar pada penyalaan awal 900mm



Gambar 18. *Flashback* nyala api tekanan 100 bar pada penyalaan awal 900mm

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa tidak terjadi nyala api *flashback* pada posisi pemantik di 900mm dari ujung *nozzle*. Bahan bakar tidak bisa terbakar secara stabil, pada tekanan 50 bar menunjukkan hanya terjadi ledakan kecil saat tekanan dinaikkan lagi terdapat peningkatan nyala api namun tidak sampai terjadi *flashback*. Nyala api semakin membesar seiring dengan bertambahnya tekanan.

PENUTUP

Dari hasil penelitian pengaruh variasi tekanan pada pembakaran *spray* bahan bakar minyak kelapa murni terhadap sudut, panjang nyala api, diameter *droplet*, *flashback* nyala api dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Bahwa variasi tekanan pada *nozzle* mempengaruhi besar sudut *spray*, semakin rendah tekanan maka sudut *spray* semakin kecil dan sebaliknya tekanan tinggi maka sudut *spray* besar. Sudut yang dihasilkan menggunakan diameter *nozzle* 0,2mm dengan tekanan 50 bar sebesar 40,92°, 75 bar sebesar 42,59° dan 100 bar sebesar 44,67°. Besar sudut *spray* paling baik terjadi pada tekanan 100 bar yakni sebesar 44,67°

Semakin tinggi tekanan semakin turun diameter *droplet*. Pada tekanan 50 bar diameter *droplet* yang didapat sebesar 16,8 micronm, tekanan 75 bar 12,7 micronm, dan tekanan 100 bar sebesar 10micronm. Diameter paling sempurna ialah terjadi pada tekanan 100 bar yakni 10 micronm semakin kecil droplet membuat pembakaran menjadi sempurna.

Panjang nyala api semakin panjang berbanding lurus dengan besar tekanan. Panjang nyala api yang dihasilkan dari diameter *nozzle* tetap 0,2mm dengan tekanan 50 bar sebesar 1140,97mm, tekanan 75 bar sebesar 1320,25mm dan tekanan 100 bar sebesar 1413,76mm. Panjang nyala api paling bagus dan panjang terjadi pada tekanan 100 bar yakni 1413,76 mm.

Besar tekanan mempengaruhi panjang *flashback* nyala api di ujung *nozzel*. *Flashback* nyala api yang dihasilkan pada jarak penyalaan api 100mm tekanan 100 bar sebesar 21,17mm. Jarak penyalaan api 500 mm dengan tekanan 50 bar sebesar 290,80mm, tekanan 75 bar sebesar 363,49mm dan tekanan 100 bar sebesar 391,12mm. Untuk *flashback* nyala api yang paling mendekati *nozzle* terjadi pada penyalaan 500mm dengan tekanan 100 bar yakni 391,12mm.

Dalam pengerjaan Penelitian ini kami yakin masih banyak kekurangan sehingga perlu adanya penyempurnaan lanjutan pada alat pengujian. Beberapa saran yang perlu diperhatikan untuk dapat mencapai hasil yang lebih baik antara lain :

Perlu dilakukan pada ruangan khusus (tertutup) pada saat proses pengujian maupun pengambilan data.

Untuk aspek keamanan pada saat pengujian perlu dilakukan agar mencegah hal yang tidak diinginkan.

Alat pengujian masih perlu disempurnakan karena masih banyak kekurangan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada seluruh Dosen Umaha, Khususnya Dosen Teknik Mesin (Bapak Dony perdana ST., MT.) atas bimbingan dan saran diberikan sehingga Saya dapat menyelesaikan penelitian ini tepat waktu. Serta *TEAM SPRAY COMBUSTION* dan keluarga atas dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, A., Rizalman, M., & Yatsufusa, T. (2015). Analysis of Diesel Spray Droplets Behavior Using Shadowgraph Technique Images. *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*, 3(1), 60–64. <https://doi.org/10.7763/ijmmm.2015.v3.167>
- Afifah, Y. N. (2016). *ALIRAN TAK TUNAK FLUIDA NANO MAGNETOHIDRODINAMIK (MHD) YANG MELEWATI BOLA*.

- Afifah, Y. N. (2019). (2019). Analysis of Unsteady Magneto Hydro Dynamic (MHD) Nano Fluid Flow Past A Sliced Sphere Analysis of Unsteady Magneto Hydro Dynamic (MHD) Nano Fluid Flow Past A Sliced Sphere. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 494, 012033. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/494/1/012033>
- Afifah, Y. N., & Putra, B. C. (2018). Model Matematika Aliran Tak Tunak Pada Nano Fluid Melewati Bola Teriris Dengan Pengaruh Medan Magnet. *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 2(2), 119–124.
- Deshmukh, D., Madan Mohan, A., Anand, T. N. C., & Ravikrishna, R. V. (2012). Spray characterization of straight vegetable oils at high injection pressures. *Fuel*, 97(July), 879–883. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.01.078>
- Equipment, E. (2013). *Concept and Theory Training*. 24–25.
- Ergianto, M. D., Ghurri, A., Gede, I. D., & Swastika, P. (2018). Pengaruh Tekanan Injeksi terhadap Tingkat Atomisasi dan Karakteristik Spray pada Airblast Atomizer. 7(4), 312–315.
- I Wayan Suma Wibawa, Kusuma, I. G. B. W., & Budiarsa, I. N. (2015). Uji Variasi Tekanan Nosel Terhadap Karakteristik Semprotan Bahan Bakar Biodiesel. 1(2), 35–44.
- Indonesia, U., Mahandari, C. P., Teknik, F., Pasca, P., & Teknik, S. (2010). *FENOMENA FLAME LIFT-UP FENOMENA FLAME LIFT-UP*.
- Juniarta, I. K., Wirawan, I. K. G., & Ghurri, A. (2017). Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Sudut Semburan Minyak Jelantah. 6(2), 2–6.
- K, J. C. (2006). Pengaruh Variasi Persentase Minyak Kelapa Pada Bahan Bakar Solar Terhadap Intermittensi Api Pembakaran.
- Novilla, A., Nursidika, P., & Mahargyani, W. (2017). Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) yang Berpotensi sebagai Anti Kandidiasis. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 2(2), 161. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v2i2.1447>
- Sánchez, A. L., Urzay, J., & Liñán, A. (2015). The role of separation of scales in the description of spray combustion. *Proceedings of the Combustion Institute*, 35(2), 1549–1577. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2014.08.018>
- Sasongko, M. N. (2018). Pengaruh Prosentase Minyak Goreng Bekas Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Biodiesel. IV(2).
- Shafae, M., Banitabaei, S. A., Ashjaee, M., & Esfahanian, V. (2011). Effect of flow conditions on spray cone angle of a two-fluid atomizer. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 25(2), 365–369. <https://doi.org/10.1007/s12206-010-1215-5>
- Yunita Nur Afifah, MNH Qomarudin, & Imamatul Ummah. (2020). Optimal Control Model Pemanenan Prey-Predator di Area Konservasi Ikan. *Buana Matematika : Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 10(1), 1–16. <https://doi.org/10.36456/buanamatematika.v10i1.2410>
- Zulfadli, T. (2018). Kajian Sistem Pengolahan Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) dengan Metode Pemanasan. *International Journal of Natural Sciences and Engineering*, 2(1), 34–41.