

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

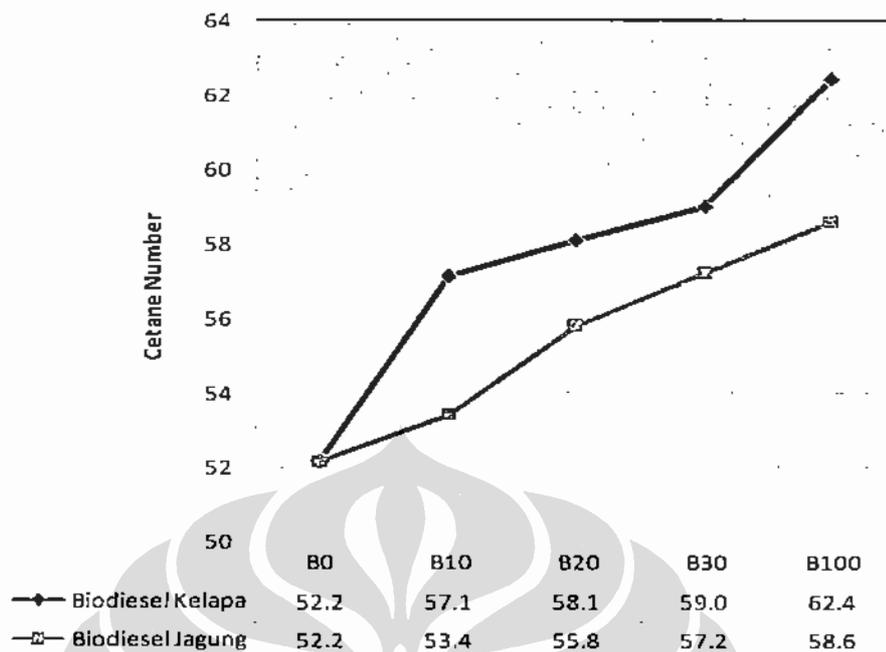
4.1. PENGARUH BIODIESEL KELAPA DAN JAGUNG TERHADAP PENINGKATAN CETANE NUMBER

Biodiesel minyak Kelapa dan minyak Jagung sangat berkontribusi terhadap peningkatan Cetane Number campuran. Semakin tinggi konsentrasi biodiesel minyak Kelapa dan minyak Jagung, Cetane Number semakin tinggi. Cetane Number bertambah dengan penambahan konsentrasi biodiesel (sebagai cetane improver) tetapi tidak linier. Dari hasil pengukuran Cetane Number dengan menggunakan mesin CFR Waukesha WI 53188, dengan penambahan konsentrasi biodiesel minyak Kelapa sebesar 10 sampai 30 % terjadi kenaikan Cetane Number antara 4,9 sampai 10,2. Dengan rincian : untuk konsentrasi B10 Kelapa mengalami kenaikan sebesar 9,4 % dengan Cetane Number baru sebesar 57,1. Konsentrasi B20 Kelapa mengalami kenaikan sebesar 11,3 % dengan Cetane Number baru sebesar 58,1 dan untuk konsentrasi B30 Kelapa mengalami kenaikan sebesar 13 % dengan Cetane Number baru sebesar 59.

Sedangkan dengan penambahan konsentrasi biodiesel minyak Jagung sebesar 10 % sampai 30 % terjadi kenaikan Cetane Number antara 1,2 sampai 6,4 dengan rincian sebagai berikut : konsentrasi B10 Jagung mengalami kenaikan sebesar 2,3 % dengan Cetane Number baru sebesar 53,4. Konsentrasi B20 Jagung mengalami kenaikan sebesar 6,9 % dengan Cetane Number baru sebesar 55,8 dan untuk konsentrasi B30 Jagung mengalami kenaikan sebesar 9,6 % dengan Cetane Number baru sebesar 57,2.

Dari table 4.1 terlihat bahwa perbedaan Cetane Number antara biodiesel minyak Kelapa (murni 100 %) dari biodiesel minyak Jagung (murni 100 %) sebesar 3,8 dimana biodiesel Kelapa lebih tinggi. Perbedaan ini dipengaruhi oleh perbedaan properties kedua biodiesel tersebut, seperti perbedaan nilai kalor, sifat dan komposisi fisik dan kimia dan lain-lain.

Tabel 4.1. Hubungan Persentase Biodiesel terhadap Cetane Number

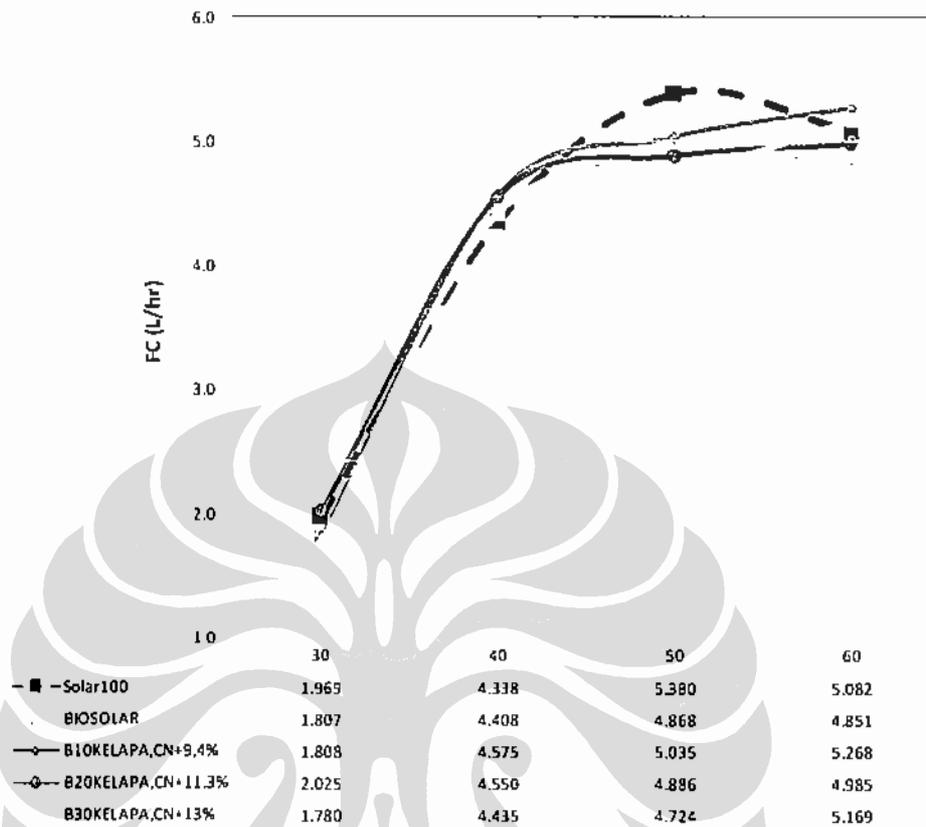


Dari hasil pengujian diperoleh bahwa dengan Cetane Number yang makin tinggi maka ignition delay (penundaan penyalaan) semakin pendek, hal ini ditunjukkan dengan angka perbandingan kompresi atau tekanan kompresi yang lebih tinggi. Tekanan tinggi membuat udara panas kemudian memanaskan partikel-partikel bahan bakar dengan sangat cepat. Bertambahnya Cetane Number dan kandungan Oksigen dari konsentrasi biodiesel akan membantu proses pembakaran lebih baik yang berkontribusi pada tercapainya peningkatan efisiensi pembakaran, efisiensi thermal, konsumsi bahan bakar, daya yang dihasilkan mesin (bhp) dan pengurangan emisi gas buang.

4.2. PENGARUH BODIESEL MINYAK KELAPA TERHADAP PERFORMA MESIN DAN EMISI GAS BUANG

Pengaruh biodiesel minyak kelapa dengan variasi campuran dengan minyak solar, terhadap performa mesin dan emisi (opasitas) gas buang, lebih lanjut diuji dan dianalisa dengan pengujian mesin pada putaran mesin tetap dan pada variasi bukaan throttle. Pengujian mesin dilakukan dengan menggunakan bahan bakar solar murni sebagai pembanding.

4.2.1. Pengaruh Biodiesel Kelapa terhadap Konsumsi Bahan Bakar (FC) pada Putaran 1500 rpm



Gambar 4.1. FC terhadap Throttle Valve Open (%)

Dari gambar 4.1. di atas menunjukkan konsumsi bahan bakar bertambah seiring dengan naiknya bukaan throttle, hal ini disebabkan konsumsi udara dan bahan bakar yang dibutuhkan akan semakin besar untuk menghasilkan tenaga yang dibutuhkan pada putaran mesin tetap.

Konsumsi bahan bakar dari campuran biodiesel pada umumnya lebih besar dan atau hampir mendekati minyak solar pada bukaan throttle 30 %. Pada bukaan throttle 50 % terjadi penurunan pemakaian bahan bakar. Namun pada bukaan throttle 40 % terjadi kenaikan pemakaian bahan bakar dibandingkan dengan minyak solar murni. Bertambahnya pemakaian bahan bakar rata-rata ini erat kaitannya dengan dengan nilai kalor bawah (*LHV* - *Lower heating value*) dari campuran biodiesel minyak kelapa yang lebih rendah bila dibandingkan dengan minyak solar antara 1,2 % - 3,8 %. Artinya bahwa dibutuhkan lebih banyak minyak (campuran biodiesel)

untuk memproduksi sejumlah energi untuk mendekati beban yang hampir sama dengan minyak solar murni.

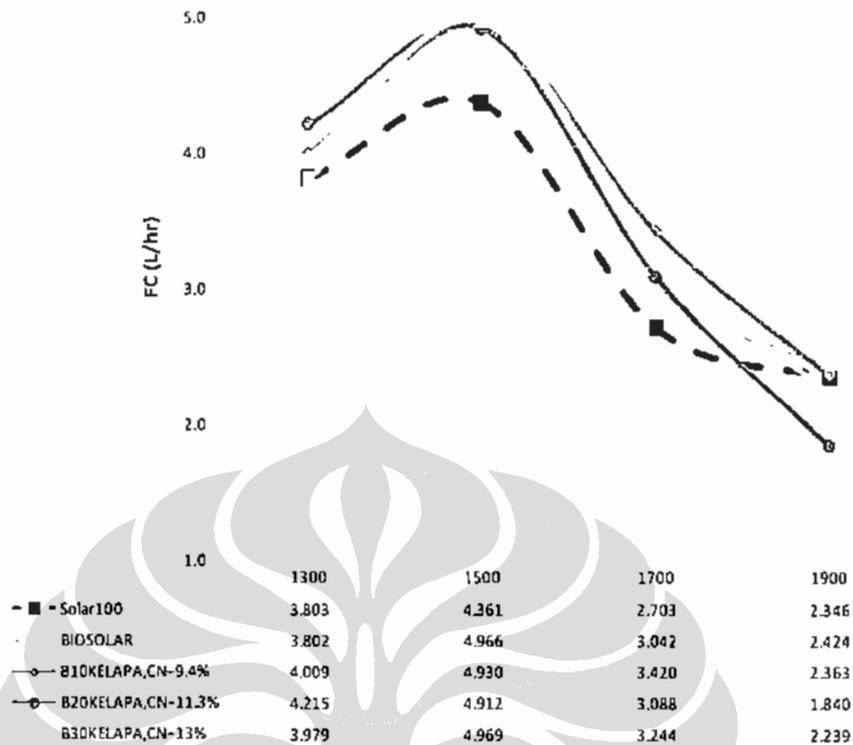
Pengaruh konsentrasi biodiesel minyak kelapa dan biosolar terhadap Konsumsi Bahan Bakar (FC) dapat dilihat pada tabel 4.2 dimana pada bukaan throttle 30 % sampai 60 % penurunan pemakaian bahan bakar pada Biosolar, B10 Kelapa, B20 Kelapa dan B30 Kelapa. Namun pemakaian ini terjadi berfluktuasi, dimana pada bukaan 40 % rata-rata lebih boros dengan kenaikan rata-rata 3,55 % untuk semua konsentrasi biodiesel. Untuk konsentrasi biodiesel, minyak Kelapa mengalami penurunan paling besar (lebih irit) terjadi pada B30.

Tabel 4.2. Pengaruh Persentase Biodiesel Kelapa pada FC (variasi TVO)

	Biosolar			B10 Kelapa			B20 Kelapa			B30 Kelapa		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
30	-0.162	-8.21	-5.17	-0.161	-8.18	-1.37	0.057	2.88	-0.83	-0.189	-9.61	-4.46
40	0.070	1.61		0.237	5.46		0.212	4.89		0.097	2.24	
50	-0.512	-9.51		-0.345	-6.41		-0.494	-9.18		-0.655	-12.18	
60	-0.232	-4.56		0.186	3.66		-0.097	-1.92		0.086	1.70	

4.2.2. Pengaruh Biodiesel Kelapa terhadap Konsumsi Bahan Bakar (FC) pada Variasi Putaran, Throttle Valve Open 40 %

Dari gambar 4.2, terlihat bahwa pemakaian bahan bakar mengalami peningkatan yang paling besar pada putaran 1500 rpm dimana pada putaran ini beban (bhp) mencapai puncaknya, pada kecepatan 1700 rpm dan 1900 rpm pemakaian bahan bakar semakin menurun yang disebabkan oleh beban yang semakin menurun. Konsumsi bahan bakar dari masing-masing konsentrasi campuran (Biosolar, B10 Kelapa, B20 Kelapa dan B30 Kelapa) lebih tinggi dari minyak solar murni namun mengalami penurunan pada putaran 1900 rpm. Bertambahnya pemakaian bahan bakar rata-rata ini erat kaitannya dengan dengan nilai kalor bawah (h_{lv}) dari campuran biodiesel minyak kelapa yang lebih rendah bila dibandingkan dengan minyak solar.



Gambar 4.2. FC terhadap Variasi Putaran (rpm)

Artinya bahwa dibutuhkan lebih banyak bahan bakar (campuran biodiesel) untuk memproduksi sejumlah energi untuk mendekati beban yang hampir sama dengan minyak solar murni. Disamping itu adanya pengaruh fluktuasi beban pada masing-masing putaran.

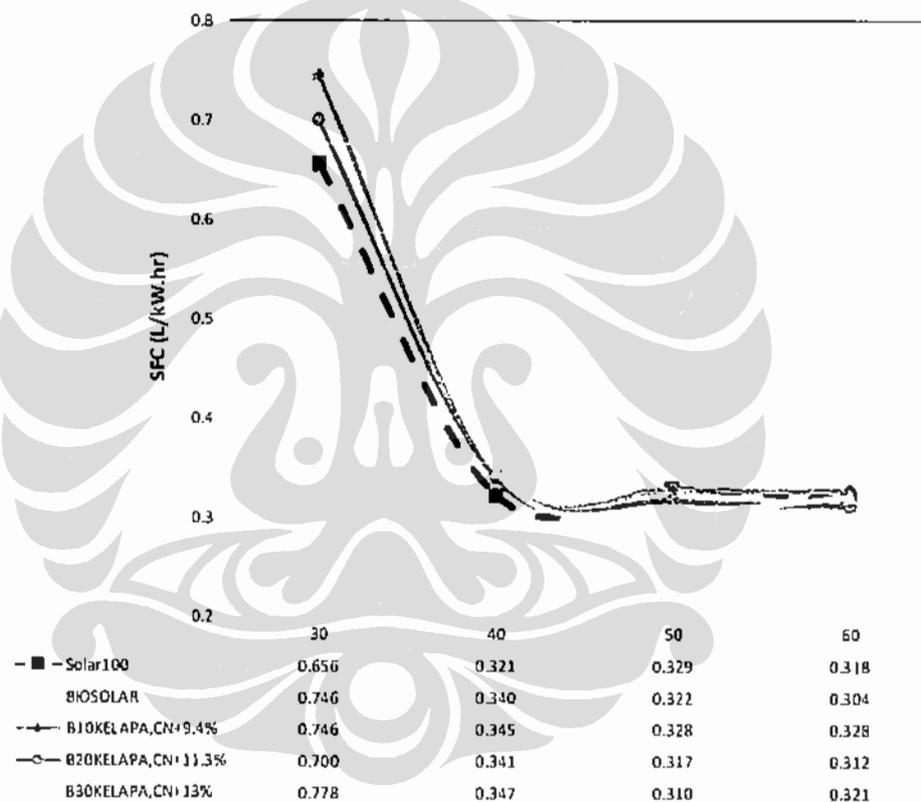
Pengaruh konsentrasi biodiesel minyak kelapa terhadap Konsumsi Bahan Bakar (FC) seperti ditunjukkan pada tabel 4.3 dimana pada putaran 1300 rpm sampai 1900 rpm terjadi rata-rata kenaikan pemakaian bahan bakar (dibandingkan dengan minyak Solar) terlihat pada Biosolar, B10 Kelapa, B20 Kelapa dan B30 Kelapa. Kenaikan pemakaian bahan bakar yang paling besar terjadi pada terjadi pada putaran 1700 rpm dengan rata-rata kenaikan 18,35 % untuk seluruh konsentrasi biodiesel.

Sedangkan konsentrasi biodiesel yang lebih baik adalah B20 Kelapa dengan pemborosan/kenaikan hanya sebesar 4,04 %.

Tabel 4.3. Pengaruh Volume Biodiesel Kelapa pada FC (variasi RPM)

	Biosolar			B10 Kelapa			B20 Kelapa			B30 Kelapa		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
1300	-0.001	-0.04	7.44	0.205	5.40	11.44	0.411	10.81	4.04	0.176	4.624	8.51
1500	0.605	13.86		0.569	13.06		0.551	12.64		0.608	13.94	
1700	0.340	12.56		0.718	26.56		0.385	14.25		0.541	20.02	
1900	0.079	3.36		0.018	0.75		-0.506	-21.6		-0.106	-4.54	

4.2.3. Pengaruh Biodiesel Kelapa terhadap Specific Fuel Consumption (SFC) pada Putaran 1500 rpm, variasi Throttle Valve Open (%)



Gambar 4.3. SFC terhadap Throttle Valve Open (%)

SFC adalah salah satu indikator performa dalam hal efisiensi suatu mesin, dimana semakin kecil SFC yang dihasilkan maka semakin andal dan semakin ekonomis mesin tersebut. SFC adalah korelasi fungsi beban yang dihasilkan (bhp) selama mesin beroperasi. SFC semakin menurun dengan bertambahnya bukaan throttle dari 30 % ke 60 %. hal ini disebabkan

meningkatnya daya keluaran mesin (bhp) yang dihasilkan pada bukaan throttle yang semakin besar.

SFC campuran biodiesel rata-rata lebih tinggi dari SFC solar murni pada bukaan throttle 30 % dan 40 %, namun sedikit menurun pada bukaan throttle 50 % selanjutnya hampir sama pada bukaan throttle 60 %. SFC bertambah dengan semakin banyaknya proporsi campuran biodiesel kelapa (B30 Kelapa). Naiknya SFC dari campuran biodiesel berkorelasi kepada beban yang dihasilkan campuran biodiesel yang lebih rendah dari minyak solar murni. Tetapi perbedaan konsumsi bahan bakar yang kecil antara kedua bahan bakar tersebut semata-mata tidak karena kandungan energi (heat content) yang dimiliki, juga dipengaruhi oleh parameter-parameter yang lain seperti density, viskositas, termasuk pengaruh nilai cetane number dari campuran biodiesel.

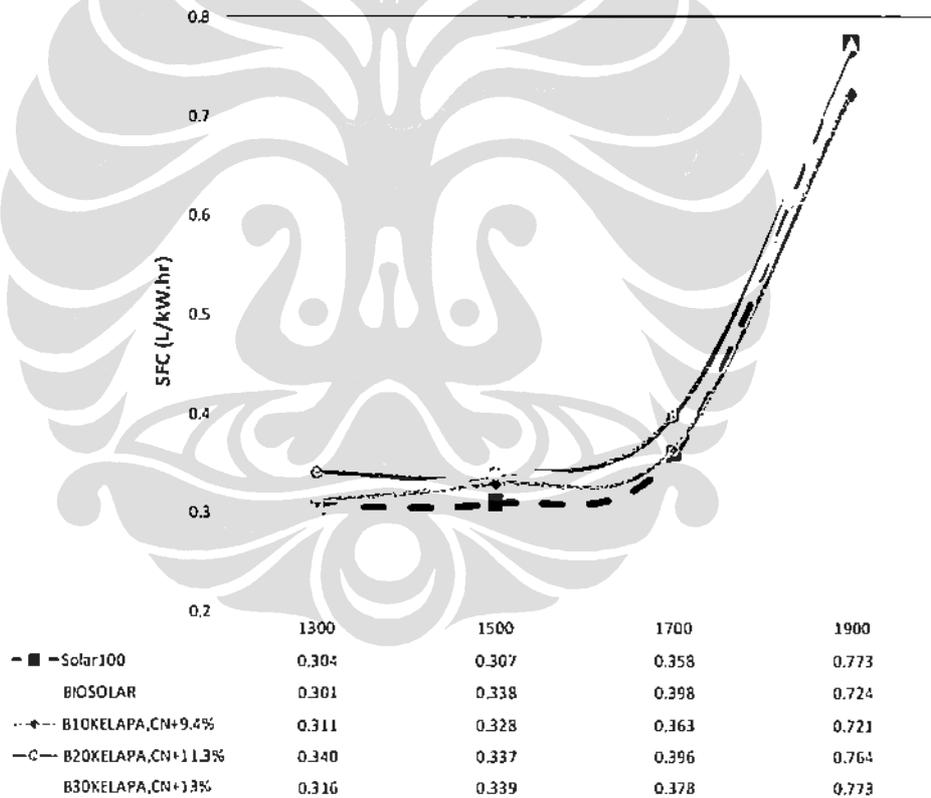
Pengaruh konsentrasi biodiesel minyak kelapa dan biosolar terhadap Specific Fuel Konsumption (SFC) seperti ditunjukkan tabel 4.4 secara umum dapat disimpulkan lebih tinggi dari minyak solar, dimana pada bukaan throttle 30 % sampai dengan 60 % terjadi kenaikan pada Biosolar, B10 Kelapa, B20 Kelapa dan B30 Kelapa. Namun jika dilihat pada masing-masing bukaan throttle, terjadi perbaikan SFC pada bukaan throttle 50 % sebesar 2,99 % untuk seluruh konsentrasi Biodiesel. Sedangkan dari seluruh konsentrasi biodiesel, B20 Kelapa terlihat lebih baik dengan total rata-rata kenaikan hanya 1,80 %.

Tabel 4.4. Pengaruh Volume Biodiesel Kelapa pada SFC (variasi TVO)

	Biosolar			B10 Kelapa			B20 Kelapa			B30 Kelapa		
	+/-	Δ %	Λ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Λ (%) Rata2
30	0.090	13.70	3.19	0.090	13.73	5.88	0.045	6.80	1.80	0.123	18.71	5.42
40	0.018	5.71		0.023	7.22		0.019	5.97		0.026	7.97	
50	-0.007	-2.09		-0.001	-0.37		-0.012	-3.67		-0.019	-5.84	
60	-0.015	-4.56		0.009	2.95		-0.006	-1.92		0.003	0.83	

4.2.4. Pengaruh Biodiesel Kelapa terhadap Specific Fuel Consumption (SFC) pada Variasi Putaran, Throttle Valve Open 40 %

Dari gambar 4.4, terlihat bahwa SFC semakin naik seiring dengan bertambahnya kecepatan mesin pada bukaan throttle yang tetap (40 %). Indikasi ini dipengaruhi oleh daya yang dihasilkan (bhp) selama mesin beroperasi setelah mencapai puncaknya pada putaran 1500 rpm, daya yang dihasilkan (bhp) akan semakin menurun pada kecepatan yang semakin tinggi, hal ini disebabkan oleh pada kecepatan tinggi faktor gesekan akan semakin mendominasi. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa puncak daya yang dihasilkan (bhp) terjadi pada kecepatan 1500 rpm dan menurun drastis pada putaran 1700 rpm dan 1900 rpm.



Gambar 4.4. SFC terhadap Variasi Putaran (rpm)

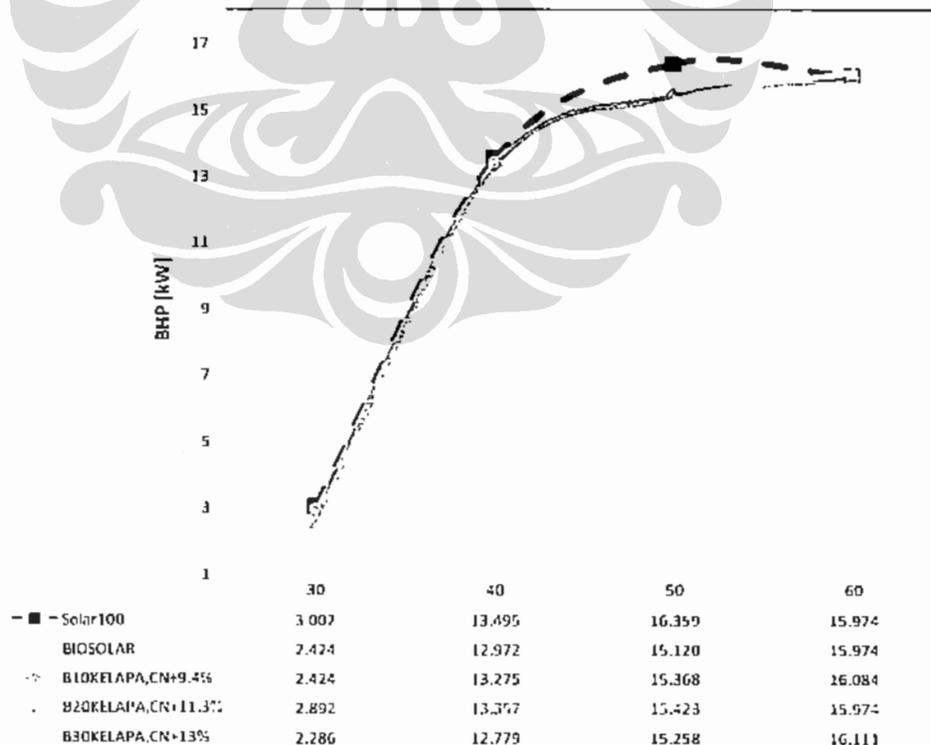
SFC campuran biodiesel lebih tinggi dari minyak solar murni pada putaran 1300 rpm sampai 1700 rpm, namun sebagian campuran biodiesel (Biosolar, B10 Kelapa dan B20 Kelapa) terjadi penurunan pada putaran 1900 rpm.

Pengaruh konsentrasi biodiesel minyak kelapa dan biosolar terhadap Specific Fuel Consumption (sfc) seperti ditunjukkan pada tabel 4.5, kenaikan SFC rata-rata terjadi pada putaran 1300 rpm sampai 1900 rpm terjadi kenaikan rata-rata 4,2 %. Tetapi jika dilihat pada masing-masing putaran, penurunan (perbaikan) SFC terjadi pada putaran 1900 rpm dengan rata-rata penurunan SFC sebesar 4,73 % untuk Biosolar, B10 Kelapa dan B30 Kelapa. Konsentrasi B10 Kelapa terlihat lebih baik dengan kenaikan rata-rata hanya sebesar 0,89 %.

Tabel 4.5. Pengaruh Konsentrasi Biodiesel Kelapa pada SFC (variasi RPM)

	Biosolar			B10 Kelapa			B20 Kelapa			B30 Kelapa		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
1300	-0.004	-1.17	3.43	0.007	2.28	0.89	0.035	11.66	7.70	0.012	4.03	5.00
1500	0.031	10.02		0.020	6.64		0.030	9.66		0.032	10.30	
1700	0.040	11.19		0.005	1.41		0.038	10.60		0.020	5.62	
1900	-0.049	-6.33		-0.052	-6.75		-0.009	-1.10		0.000	0.06	

4.2.5. Pengaruh Biodiesel Kelapa terhadap Brake Horse Power (BHP) pada Putaran 1500 rpm, variasi Throttle Valve Open (%)



Gambar 4.5. BHP terhadap Throttle Valve Open (%)

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa semakin besar bukaan throttle maka semakin besar daya keluaran yang dihasilkan (bhp) mesin, hal ini disebabkan karena semakin besarnya bahan bakar-udara yang masuk untuk menghasilkan daya yang semakin besar.

BHP campuran (Biosolar, B10 Kelapa, B20 Kelapa dan B30 Kelapa) sedikit lebih rendah dan hampir mendekati bhp dari minyak solar murni. Dengan Cetane Number yang lebih tinggi dari minyak solar murni, menghasilkan proses pembakaran lebih sempurna, campuran biodiesel mampu mengimbangi daya keluaran (bhp) yang dihasilkan minyak solar murni. Adanya penurunan bhp dari campuran kemungkinan besar disebabkan nilai kalor yang lebih rendah (1,3 % – 3,8 %) dari minyak solar murni.

Pengaruh konsentrasi biodiesel minyak kelapa dan biosolar terhadap Brake Horse Power (BHP) seperti ditunjukkan tabel 4.6., secara umum masih di bawah bhp solar murni dengan rata-rata penurunan 6,4 %. Namun jika dilihat pada masing-masing bukaan throttle, pada bukaan throttle 60 % mengalami kenaikan sebesar 0,39 %.

Dari seluruh konsentrasi biodiesel, B20 Kelapa terlihat lebih baik dengan penurunan (kehilangan) bhp hanya 2,60 %.

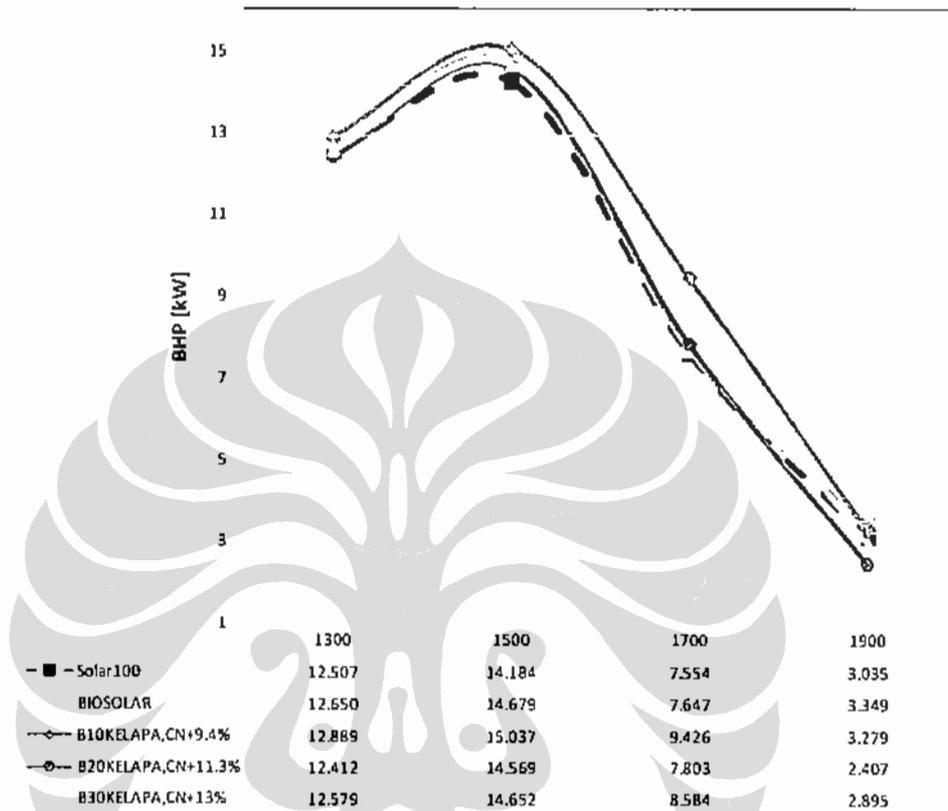
Tabel 4.6. Pengaruh Konsentrasi Biodiesel Kelapa pada BHP (variasi TVO)

	Biosolar			B10 Kelapa			B20 Kelapa			B30 Kelapa		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
30	-0.578	-19.27	-7.68	-0.578	-19.27	-6.57	-0.110	-3.67	-2.60	-0.716	-23.85	-8.76
40	-0.523	-3.88		-0.220	-1.63		-0.138	-1.02		-0.716	-5.31	
50	-1.239	-7.58		-0.991	-6.06		-0.936	-5.72		-1.102	-6.73	
60	0	0.00		0.110	0.69		0.000	0.00		0.138	0.86	

4.2.6. Pengaruh Biodiesel Kelapa terhadap Brake Horse Power (BHP) pada Variasi Putaran (rpm), Throttle Valve Open 40 %

Dari gambar 4.6. terlihat bahwa bhp naik dari putaran 1300 rpm sampai 1500 rpm. BHP dipengaruhi oleh besarnya torsi dan kecepatan (rpm) mesin. Daya keluaran maksimum dicapai pada putaran 1500 rpm kemudian

turun menuju putaran 1700 rpm sampai 1900 rpm. Hal ini disebabkan oleh bila semakin tinggi putaran mesin, beban yang diterima oleh mesin semakin kecil sehingga daya keluaran (tenaga pengereman poros) akan semakin kecil.



Gambar 4.6. BHP terhadap Variasi Putaran (rpm)

Juga dipengaruhi oleh setelah mesin mencapai titik maksimum pada putaran 1500 rpm selanjutnya faktor gesekan akan lebih mendominasi sehingga daya yang dihasilkan semakin menurun. BHP campuran biodiesel mendominasi (lebih tinggi) pada putaran 1300 rpm sampai 1700 rpm sedangkan pada putaran 1900 rpm hampir mendekati minyak solar murni.

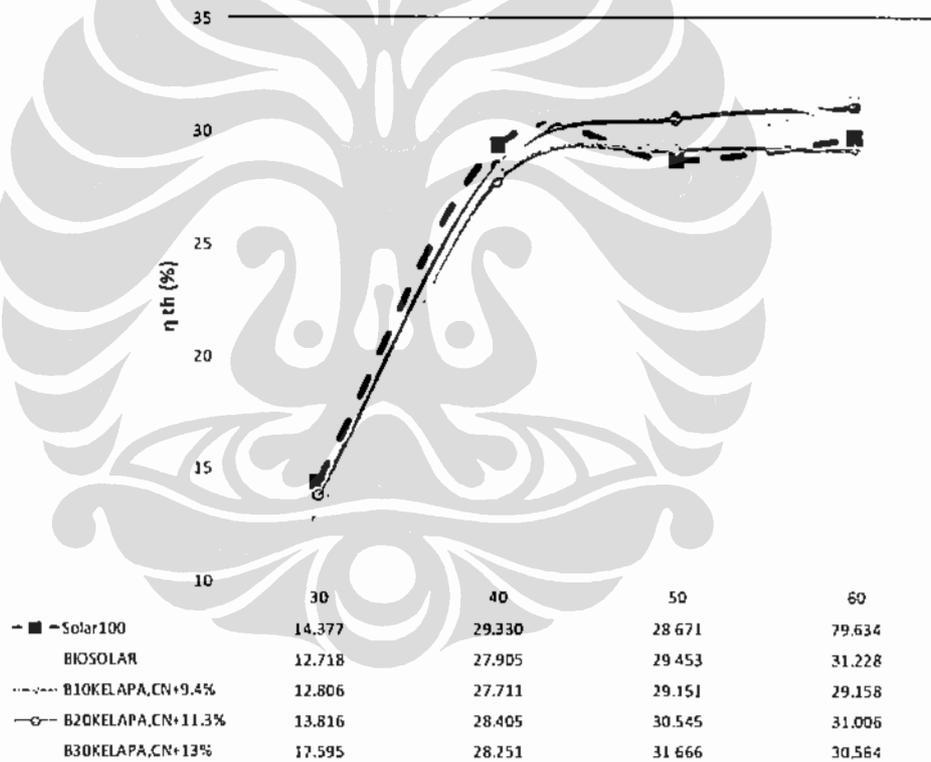
Pengaruh konsentrasi biodiesel minyak kelapa terhadap Brake Horse Power (BHP) seperti ditunjukkan tabel 4.7., terjadi rata-rata kenaikan bhp pada konsentrasi Biosolar, B10 Kelapa dan B30 Kelapa dengan rata-rata kenaikan Biosolar 4,06 %, B10 Kelapa sebesar 10,48 % dan B30 Kelapa sebesar 3,23 %. Sedangkan penurunan bhp terjadi pada B20 Kelapa

dimana penurunan sebesar 3,86 %. Dari keseluruhan konsentrasi biodiesel, B10 Kelapa mengalami kenaikan bhp yang lebih baik sebesar 10,48 %.

Tabel 4.7. Pengaruh Konsentrasi Biodiesel Kelapa pada BHP (variasi RPM)

	Biosolar			B10 Kelapa			B20 Kelapa			B30 Kelapa		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
1300	0.143	1.15	4.06	0.382	3.05	10.48	-0.095	-0.76	-3.86	0.072	0.57	3.23
1500	0.496	3.50		0.854	6.02		0.386	2.72		0.468	3.30	
1700	0.094	1.24		1.873	24.79		0.250	3.31		1.030	13.64	
1900	0.314	10.34		0.244	8.05		-0.628	-20.69		-0.140	-4.60	

4.2.7. Pengaruh Biodiesel Kelapa terhadap Efisiensi Thermal (%) pada Putaran 1500 rpm, variasi Throttle Valve Open (%)



Gambar 4.7. Efisiensi Thermal terhadap Throttle Valve Open (%)

Efisiensi thermal dari mesin diesel menyatakan efektifitas energi bahan bakar yang disuplai ke ruang bakar dalam menghasilkan kerja. Efisiensi thermal dipengaruhi oleh daya yang dihasilkan (bhp), konsumsi bahan bakar, nilai kalor bahan bakar dan densitas bahan bakar. Peningkatan

efisiensi thermal juga dipengaruhi oleh peningkatan efisiensi pembakaran yang terjadi, dengan kelambatan penyalaan yang semakin pendek akibat Cetane Number yang bertambah, kemampuan mesin untuk menghasilkan efisiensi pembakaran meningkat sehingga daya dihasilkan juga bertambah. Dari gambar 4.7., peningkatan efisiensi thermal cukup signifikan dari bukaan throttle 30 % ke 40 %. Penambahan konsentrasi biodiesel sangat berperan dalam peningkatan efisiensi pembakaran dengan Cetane Number yang semakin besar mendorong pembakaran lebih sempurna yang berkontribusi terjadi peningkatan beban, efisiensi pembakaran yang lebih baik. Penambahan konsentrasi biodiesel, efisiensi thermal terlihat semakin membaik/naik pada bukaan throttle 50 % sampai 60 %, tetapi walaupun daya keluaran (bhp) pada titik ini menurun, dengan pemakaian bahan bakar yang lebih kecil sehingga mempengaruhi efisiensi thermal yang lebih tinggi.

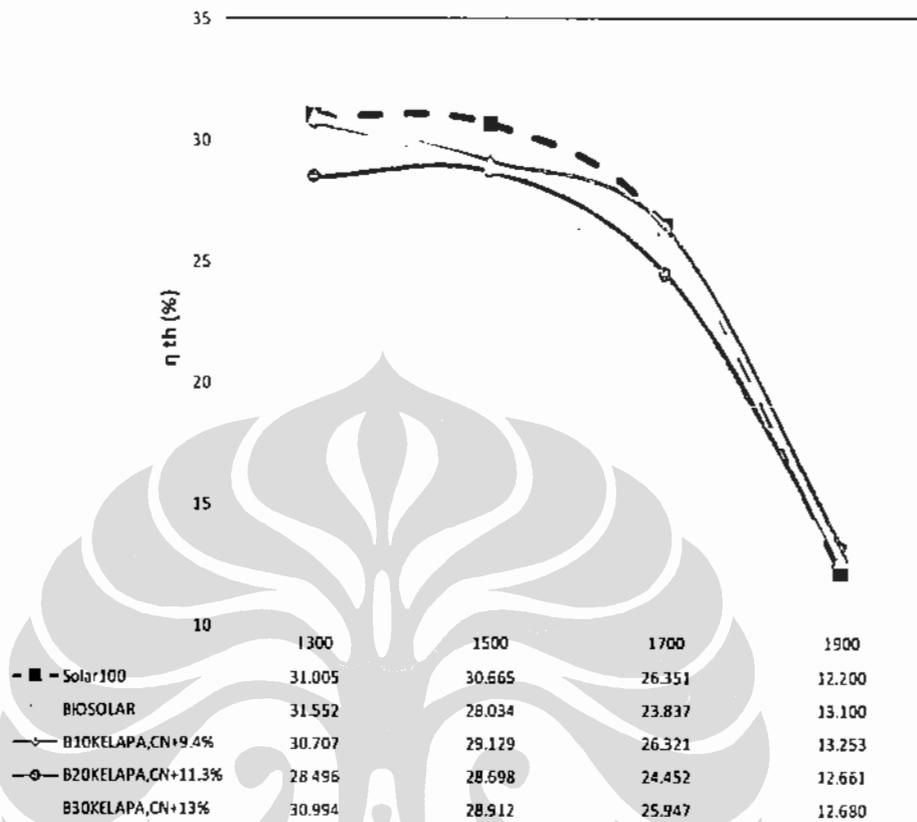
Pengaruh konsentrasi biodiesel terhadap Efisiensi Thermal ditunjukkan pada tabel 4.8, pada bukaan throttle 30 % dan 40 % seluruh campuran biodiesel dan biosolar mengalami penurunan efisiensi thermal antara 3,2 % sampai 12,4 %. Tetapi jika dilihat pada masing-masing bukaan throttle, pada bukaan throttle 50 % sampai 60 % terjadi peningkatan efisiensi thermal dengan rata-rata sebesar 4,12 %. Kenaikan yang paling besar terjadi pada B30 Kelapa pada bukaan throttle 50 %.

Secara umum, B20 Kelapa terlihat lebih baik dengan kenaikan efisiensi thermal rata-rata 1,03 %.

Tabel 4.8. Pengaruh Konsentrasi Biodiesel Kelapa pada η_{th} (variasi TVO)

	Biosolar			B10 Kelapa			B20 Kelapa			B30 Kelapa		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
30	-1.659	-11.54	-2.07	-1.571	-10.93	-4.09	-0.561	-3.90	1.03	-1.782	-12.40	-0.62
40	-1.424	-4.86		-1.619	-5.52		-0.925	-3.15		-1.079	-3.68	
50	0.782	2.73		0.480	1.68		1.874	6.54		2.995	10.45	
60	1.595	5.38		-0.475	-1.60		1.373	4.63		0.930	3.14	

4.2.8. Pengaruh Biodiesel Kelapa terhadap Efisiensi Thermal (%) pada Variasi Putaran (rpm), Throttle Valve Open 40 %



Gambar 4.8. Efisiensi Thermal terhadap Variasi Putaran (rpm)

Pada gambar 4.8. terlihat bahwa efisiensi thermal semakin menurun dengan semakin bertambahnya kecepatan mesin, hal ini dipengaruhi oleh konsumsi bahan bakar (FC) dan semakin menurunnya daya keluaran mesin (bhp) yang dihasilkan menuju kecepatan tinggi (1900 rpm). Dari gambar terlihat bahwa efisiensi thermal campuran biodiesel lebih kecil dibanding efisiensi thermal minyak solar murni pada putaran 1300 rpm sampai putaran 1700 rpm namun mengalami peningkatan pada putaran 1900 rpm.

Pada tabel 4.9., secara umum efisiensi thermal campuran biodiesel masih di bawah solar murni. Penurunan efisiensi thermal terjadi pada putaran 1300 rpm sampai 1700 rpm, dengan penurunan antara 0,11 % sampai 9,54 %. Biosolar mengalami penurunan terbesar 9,5 % pada putaran 1700 rpm.

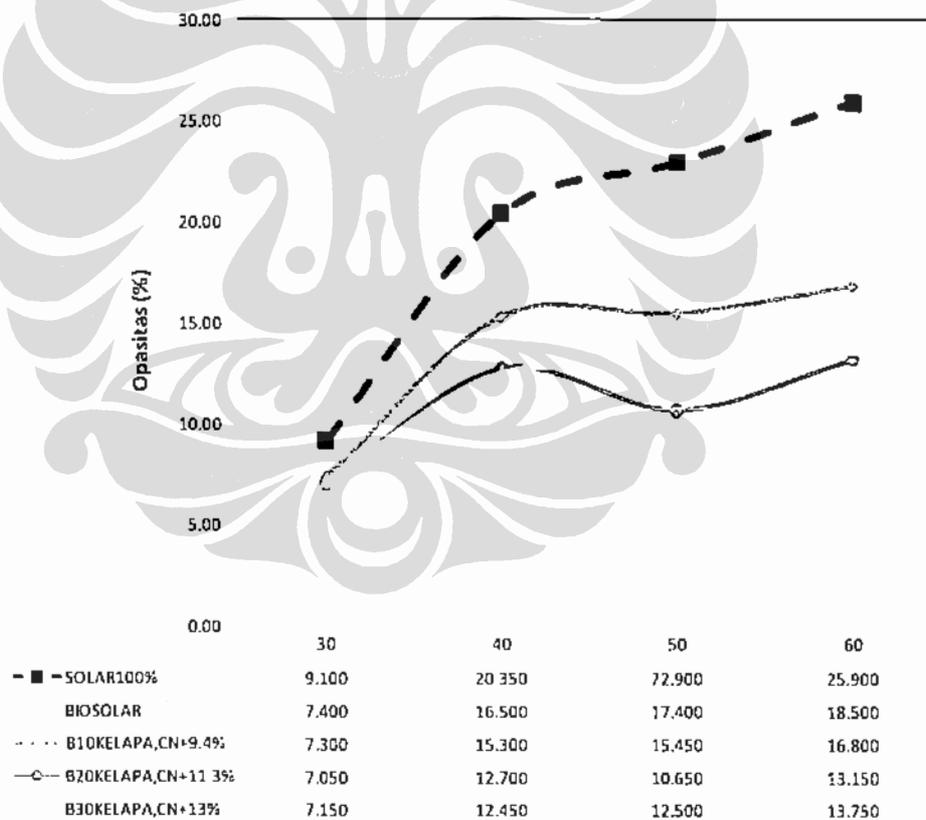
Untuk putaran 1900 rpm, keseluruhan biodiesel mengalami peningkatan rata-rata 5,9 %.

Dari seluruh konsentrasi, B10 Kelapa terlihat lebih baik dengan rata-rata kenaikan sebesar 0,64 %.

Tabel 4.9. Pengaruh Volume Biodiesel Kelapa pada η_{th} (variasi RPM)

	Biosolar			B10 Kelapa			B20 Kelapa			B30 Kelapa		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
1300	0.547	1.76	-2.24	-0.201	-0.96	0.64	-2.508	-8.09	-4.48	-0.010	-0.03	-0.84
1500	-2.631	-8.58		-2.522	-5.01		-1.967	-6.42		-1.753	-5.72	
1700	-2.514	-9.54		-2.421	-0.11		-1.899	-7.21		-0.405	-1.54	
1900	0.900	7.38		0.864	8.63		0.460	3.77		0.480	3.93	

4.2.9. Pengaruh Biodiesel Kelapa terhadap Opasitas (%) pada Variasi Throttle Valve Open 40 %, putaran 1500 rpm



Gambar 4.9 Opasitas terhadap Throttle Valve Open (%)

Pada gambar 4.9. terlihat bahwa opasitas meningkat dengan semakin bertambahnya bukaan throttle dari 30 % sampai 60 %. Naiknya daya yang

dihasilkan (bhp) berkorelasi dengan semakin banyaknya campuran udara-bahan bakar yang terbakar, menghasilkan formasi asap (tingkat kepekatan asap) yang lebih besar.

Campuran biodiesel menghasilkan tingkat opasitas yang lebih rendah jika dibandingkan dengan bahan bakar solar murni. Penurunan opasitas ini dapat digambarkan karena efisiensi pembakaran yang lebih baik, akibat Cetane Number yang bertambah. Semakin tinggi konsentrasi campuran (semakin tinggi Cetane Number), opasitasnya semakin rendah.

Sejak asap dihasilkan dari proses diffuse combustion phase, penambahan bahan bakar biodiesel menjadi sebuah peningkatan dalam diffusive combustion. Penurunan tren opasitas dapat juga disebabkan oleh penurunan senyawa aromatik pada campuran bahan bakar biodiesel. Dimana aromatik berkontribusi membentuk formasi jelaga sedangkan molekul Oksigen mempercepat pembakaran, menyebabkan level asap yang rendah.

Pada tabel 4.10, penurunan rata-rata opasitas sebesar 32,37 % untuk seluruh konsentrasi. Penurunan opasitas paling besar terjadi pada bukaan throttle 50 % dengan rata-rata penurunan 38,86 %. Dari seluruh konsentrasi, B20 Kelapa dengan kenaikan Cetane Number sebesar sebesar 11,3 % terjadi penurunan opasitas paling besar (40,71 %).

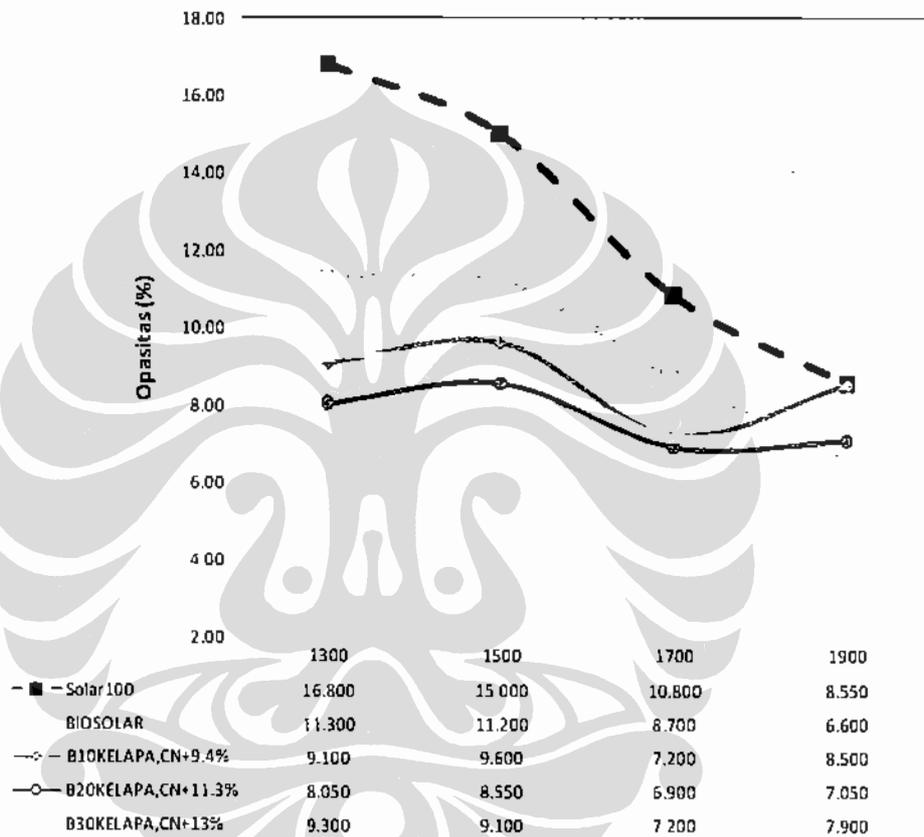
Tebal 4.10. Pengaruh Volume Biodiesel Kelapa pada Opasitas (variasi TVO)

	Biosolar			B10 Kelapa			B20 Kelapa			B30 Kelapa		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
30	-1.70	-18.7	-22.55	-1.80	-19.78	-28.07	-2.05	-22.53	-40.71	-1.95	-21.43	-38.14
40	-3.85	-18.9		-5.05	-24.82		-7.65	-37.59		-7.90	-38.82	
50	-5.50	-24.0		-7.45	-32.53		-12.25	-53.49		-10.40	-45.41	
60	-7.40	-28.6		-9.10	-35.14		-12.75	-49.23		-12.15	-46.91	

4.2.10. Pengaruh Biodiesel Kelapa terhadap Opasitas (%) pada Variasi Putaran (rpm), Throttle Valve Open 40 %

Dari gambar 4.10. dapat diterangkan bahwa opasitas semakin menurun pada kecepatan yang semakin besar, hal ini disebabkan oleh konsumsi bahan bakar (FC) dan daya yang dihasilkan (bhp) mesin dari kecepatan

1300 rpm menuju 1900 rpm semakin kecil. Penurunan opasitas pada kecepatan tinggi (beban rendah) dibanding pada kecepatan rendah (beban tinggi), disebabkan karena lebih banyak bahan bakar yang disuplai pada beban tinggi dan waktu yang pendek dibutuhkan untuk persiapan campuran udara bahan bakar pada kecepatan tinggi, efek kandungan oksigen pada biodiesel ini memberikan efek yang positif yang membuat pembakaran lebih homogen.



Gambar 4.10. Opasitas terhadap variasi Putaran (rpm)

Secara keseluruhan terlihat bahwa dengan semakin bertambahnya Cetane Number, tingkat opasitas semakin menurun.

Dada tabel 4.11., rata-rata penurunan tingkat opasitas untuk seluruh konsentrasi sebesar 30,61 %, dimana penurunan terbesar pada putaran 1300 rpm sebesar 43,81 %. Selanjutnya dari seluruh konsentrasi, B20 Kelapa mengalami penurunan paling besar dengan rata-rata 37,18 % (dengan penambahan Cetane Number 5.9 poin).

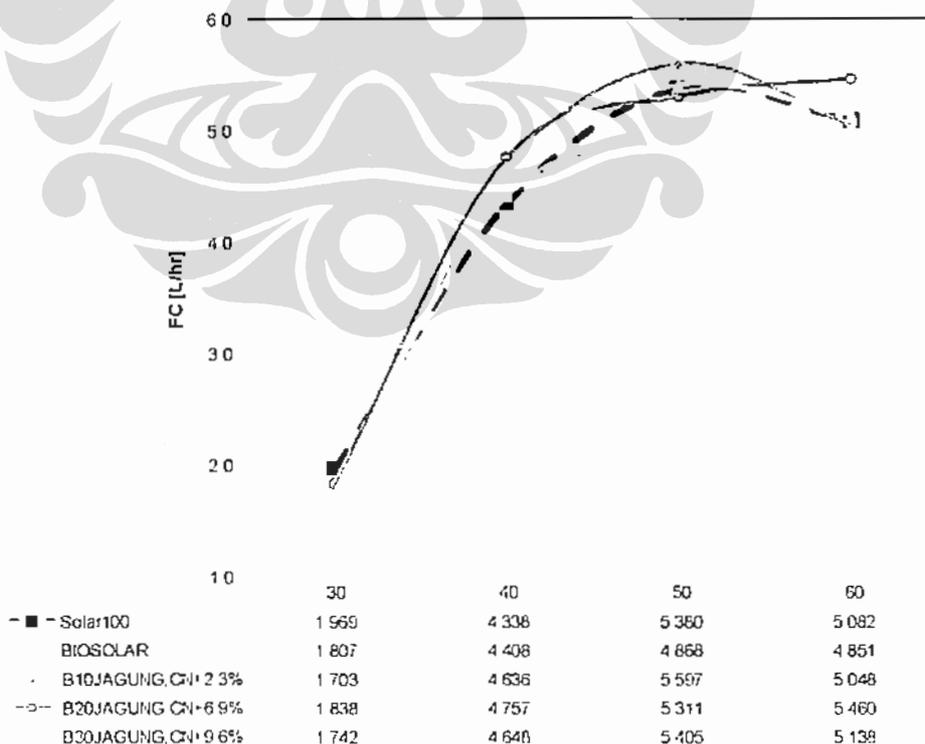
Tabel 4.11. Pengaruh Volume Biodiesel Kelapa pada Opasitas (variasi RPM)

	Biosolar			B10 Kelapa			B20 Kelapa			B30 Kelapa		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
1300	-5.50	-32.7	-25.08	-7.70	-45.83	-28.94	-8.75	-52.08	-37.18	-7.50	-44.64	-31.23
1500	-3.80	-25.3		-5.05	-36.00		-6.45	-43.00		-5.90	-39.33	
1700	-2.10	-19.4		-7.45	-33.33		-3.90	-36.11		-3.60	-33.33	
1900	-1.95	-22.8		-9.10	-0.58		-1.50	-17.54		-0.65	-7.60	

4.3. PENGARUH BODIESEL MINYAK JAGUNG TERHADAP PERFORMA MESIN DAN EMISI GAS BUANG

Pengaruh biodiesel minyak jagung dengan berbagai konsentrasi (%) dengan minyak solar terhadap performa mesin dan emisi (opasitas) gas buang, setelah dilakukan pengujian terhadap mesin pada putaran dan bukaan throttle bervariasi, lebih lanjut hasilnya dianalisa dengan menggunakan bahan bakar solar murni sebagai pembanding.

4.3.1. Pengaruh Biodiesel Jagung terhadap Konsumsi Bahan Bakar (FC) pada Putaran 1500 rpm



Gambar 4.11. FC terhadap Throttle Valve Open (%)

Gambar 4.11. polanya hampir sama dengan pola campuran biodiesel minyak kelapa, dimana semakin besarnya bukaan throttle konsumsi bahan bakar semakin bertambah, yang disebabkan karena konsumsi udara dan bahan bakar yang dibutuhkan akan semakin besar untuk menghasilkan tenaga yang lebih besar pada putaran mesin tetap. Dari gambar terlihat bahwa pemakaian/konsumsi bahan bakar dari campuran biodiesel berfluktuasi, secara umum rata-rata berada di bawah minyak solar (lebih irit) pada bukaan throttle 30 % sampai 60 %. Konsumsi bahan bakar ini erat kaitannya dengan banyaknya bahan bakar yang dikonsumsi dalam waktu tertentu untuk memproduksi sejumlah energi (daya).

Pada tabel 4.12., pengaruh konsentrasi biodiesel, pemakaian bahan bakar pada bukaan throttle 30 % sampai 60 % rata-rata lebih irit untuk Biosolar, B20 Jagung dan B30 Jagung sebesar 2,2 %. Sedangkan B20 Jagung lebih boros sebesar 2,29 %.

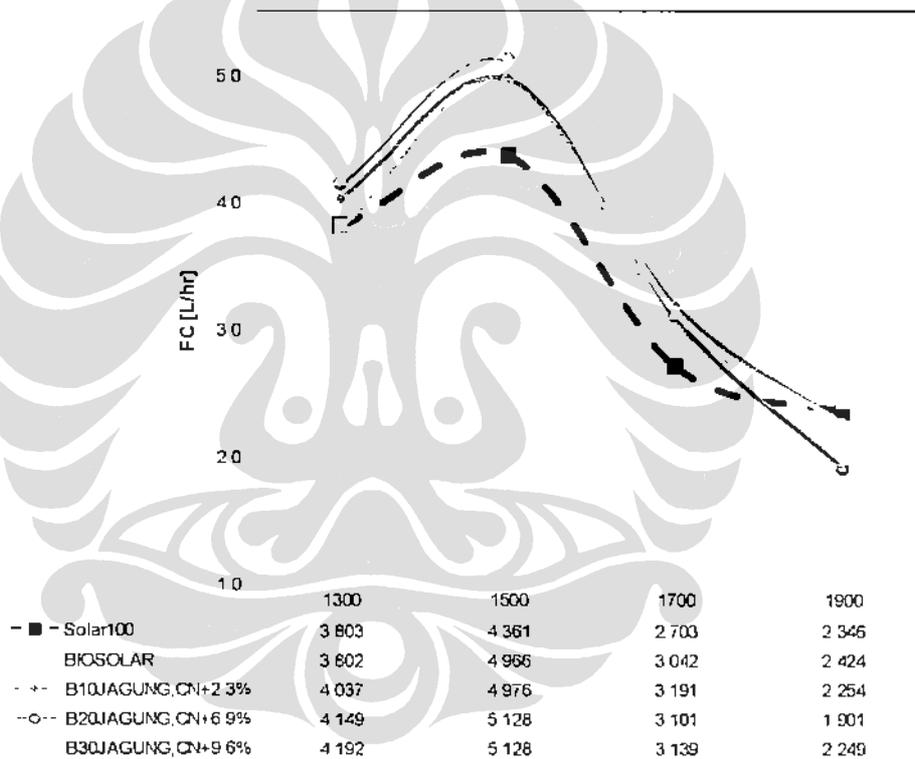
Jika dilihat untuk masing-masing bukaan throttle, kenaikan paling besar pemakaian bahan bakar terjadi pada bukaan throttle 40 % dengan rata-rata 6,32 % lebih boros untuk seluruh konsentrasi biodiesel. Secara umum, biosolar lebih irit dari biodiesel Jagung. Sedangkan untuk biodiesel Jagung, B10 Jagung lebih irit dari B20 Jagung dan B30 Jagung.

Tabel 4.12. Pengaruh Konsentrasi Biodiesel Jagung terhadap FC (variasi TVO)

	Biosolar			B10 Jagung			B20 Jagung			B30 Jagung		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
30	-0.162	-8.21	-5.17	-0.265	-13.48	-0.81	-0.131	-6.65	2.29	-0.227	-11.53	-0.70
40	0.070	1.61		0.298	6.87		0.418	9.65		0.310	7.14	
50	-0.512	-9.51		0.217	4.04		-0.069	-1.28		0.026	0.48	
60	-0.232	-4.56		-0.034	-0.68		0.378	7.43		0.056	1.09	

4.3.2. Pengaruh Biodiesel Jagung terhadap Konsumsi Bahan Bakar (FC) pada Variasi Putaran, Throttle Valve Open 40 %

Dari gambar 4.12. terlihat bahwa pemakaian bahan bakar mengalami peningkatan yang paling besar pada putaran 1500 rpm, dimana pada putaran ini daya (bhp) mencapai puncaknya namun dengan semakin menurunnya beban pada kecepatan 1700 dan 1900 rpm pemakaian bahan bakar semakin menurun. Dari grafik juga terlihat bahwa konsumsi bahan bakar dari campuran (Biosolar, B10 Jagung, B20 Jagung dan B30 Jagung) lebih tinggi dari konsentrasi minyak solar murni dari putaran 1300 rpm ke 1700 rpm namun pada putaran 1900 mendekati minyak solar murni.



Gambar 4.12. FC terhadap Variasi Putaran (rpm)

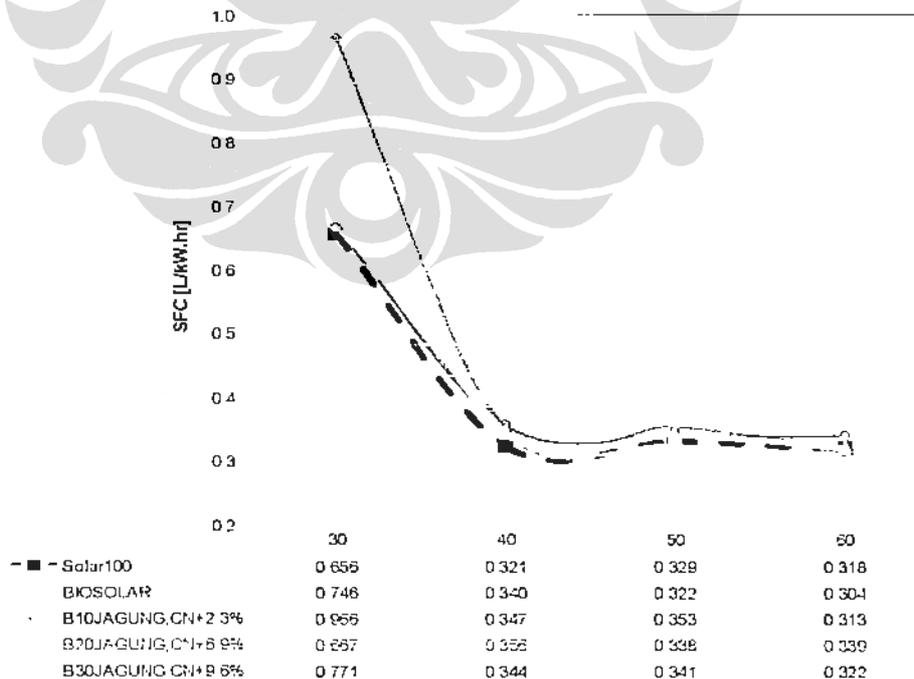
Bertambahnya pemakaian bahan bakar rata-rata ini erat kaitannya dengan dengan nilai kalor bawah (*LHV-Lower heating value*) biodiesel minyak jagung yang lebih rendah 1,7 % - 5,2 % bila dibandingkan dengan minyak solar. Artinya bahwa dibutuhkan lebih banyak minyak (campuran biodiesel) untuk memproduksi sejumlah energi untuk mendekati beban yang hampir sama dengan minyak solar murni.

Pengaruh konsentrasi biodiesel minyak kelapa ditunjukkan pada tabel 4.13., pada putaran 1300 rpm sampai 1900 rpm terjadi kenaikan pemakaian bahan bakar pada Biosolar, B10 Jagung, B20 Jagung dan B30 Jagung dengan rata-rata 7,9 %. Kenaikan pemakaian bahan bakar yang paling besar terjadi pada putaran 1700 rpm dengan rata-rata kenaikan 15,38 % untuk seluruh konsentrasi biodiesel. Konsentrasi paling boros adalah B30 Jagung (9,95 %), sedangkan konsentrasi biodiesel yang lebih baik (lebih irit) adalah B20 Jagung dengan kenaikan hanya sebesar 5,62 %.

Tabel 4.13. Pengaruh Konsentrasi Biodiesel Jagung terhadap FC (variasi RPM)

	Biosolar			B10 Jagung			B20 Jagung			B30 Jagung		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
1300	-0.001	-0.04	7.44	0.233	6.13	8.60	-0.346	9.09	5.62	0.388	10.21	9.95
1500	0.605	13.86		0.615	14.10		0.767	17.59				
1700	0.340	12.56		0.488	18.07		0.399	14.75				
1900	0.079	3.36		-0.091	-3.88		-0.444	-18.93		-0.097	-4.13	

4.3.3. Pengaruh Biodiesel Jagung terhadap Specific Fuel Consumption (SFC) pada Putaran 1500 rpm, variasi Throttle Valve Open (%)



Gambar 4.13. SFC terhadap Throttle Valve Open (%)

Pola gambar 4.13. di atas hampir sama dengan pola biodiesel minyak Kelapa. SFC semakin menurun dengan bertambahnya bukaan throttle dari 30 % ke 60 %, hal ini disebabkan karena semakin besarnya daya keluaran yang dihasilkan pada bukaan throttle yang semakin besar. Dari gambar terlihat SFC dari campuran biodiesel rata-rata lebih tinggi dari SFC solar murni pada bukaan throttle 30 % sampai 50 % hal ini dipengaruhi oleh daya (bhp) yang lebih rendah pada titik tersebut seiring dengan bertambahnya konsentrasi biodiesel, namun hampir sama pada bukaan throttle 60 %. Perbedaan konsumsi bahan bakar ini dipengaruhi oleh nilai kalor campuran yang lebih rendah dari minyak solar murni, densitas, viskositas, termasuk pengaruh cetane numbernya.

Pengaruh konsentrasi biodiesel ditunjukkan tabel 4.14. secara umum dapat disimpulkan lebih tinggi dari minyak solar, dengan rata-rata kenaikan sebesar 7,8 % pada bukaan throttle 30 % sampai dengan 60 %. Jika dilihat untuk masing-masing bukaan throttle, kenaikan terbesar terjadi pada bukaan throttle 30 % dengan rata-rata kenaikan 20,10 %, yang disebabkan selisih daya (bhp) paling besar terjadi pada bukaan ini.

Dari keseluruhan konsentrasi biodiesel minyak Jagung, B20 Jagung terlihat lebih baik dengan rata-rata kenaikannya hanya 5,48 %.

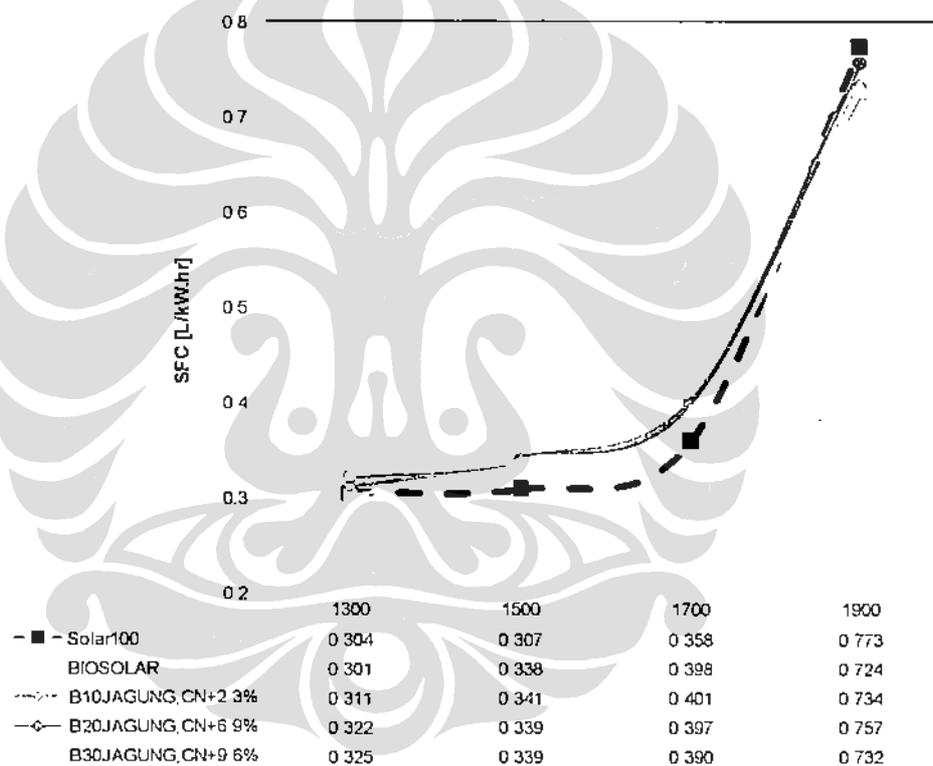
Tabel 4.14. Pengaruh Konsentrasi Biodiesel Jagung terhadap SFC (variasi TVO)

	Biosolar			B10 Jagung			B20 Jagung			B30 Jagung		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
30	0.090	13.70	3.19	0.311	47.35	15.32	0.012	1.76	5.48	0.115	17.60	7.36
40	0.018	5.71		0.026	7.97		0.035	10.78		0.023	7.14	
50	-0.007	-2.09		0.025	7.48		0.009	2.88		0.012	3.62	
60	-0.015	-4.58		-0.005	-1.53		0.021	6.51		0.003	1.09	

4.3.4. Pengaruh Biodiesel Jagung terhadap Specific Fuel Consumption (SFC) pada Variasi Putaran, Throttle Valve Open 40 %

SFC semakin bertambah seiring dengan bertambahnya kecepatan mesin. Indikasi ini dipengaruhi oleh daya yang dihasilkan (bhp) selama mesin

beroperasi, dimana daya (bhp) yang dihasilkan akan semakin menurun pada kecepatan yang semakin tinggi. Besarnya daya (bhp) yang dihasilkan dengan konsumsi bahan bakar yang relatif tidak besar mendorong nilai SFC yang lebih rendah begitu juga sebaliknya. Pada gambar 4.14. terlihat bahwa SFC campuran biodiesel lebih tinggi dari minyak solar murni pada putaran 1300 rpm sampai 1700 rpm, namun pada putaran 1900 rpm campuran biodiesel (Biosolar, B10 Jagung dan B20 Jagung) mengalami penurunan, walaupun daya (bhp) yang dihasilkan sedikit lebih baik dari solar murni, namun pemakaian bahan bakar lebih boros (6,13 % - 18,07 %) sehingga secara umum terjadi penurunan SFC.



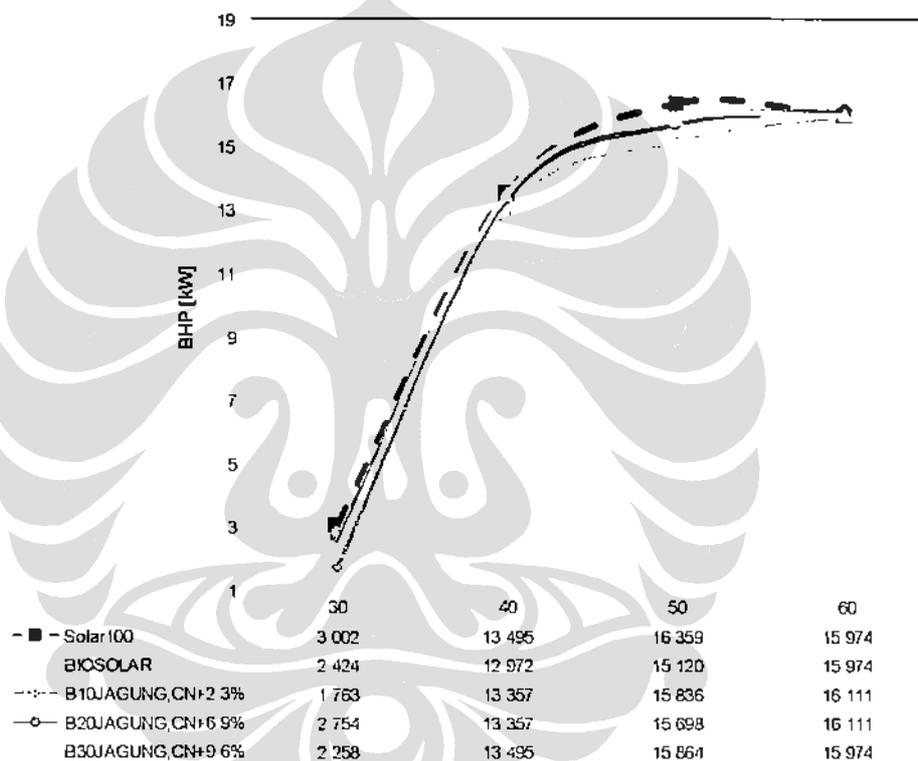
Gambar 4.14. SFC terhadap Variasi Putaran (rpm)

Pengaruh konsentrasi biodiesel ditunjukkan pada tabel 4.15, secara keseluruhan terjadi kenaikan rata-rata SFC sebesar 4,99 %. Namun jika dilihat dari masing-masing putaran, terjadi penurunan (perbaikan) SFC pada putaran 1900 rpm sebesar 4,64 % yang disebabkan pemakaian bahan bakar yang lebih irit. Dari seluruh konsentrasi campuran, B10 Jagung lebih baik dengan kenaikan SFC rata-rata hanya sebesar 5,09 %.

Tabel 4.15. Pengaruh Konsentrasi Biodiesel Jagung terhadap SFC (variasi RPM)

	Biosolar			B10 Jagung			B20 Jagung			B30 Jagung		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
1300	-0.004	-1.17	3.43	0.007	2.42	5.09	0.018	5.85	6.25	0.021	6.94	5.19
1500	0.031	10.02		0.033	10.87		0.031	10.11		0.031	10.11	
1700	0.040	11.19		0.043	12.05		0.040	11.07		0.032	8.93	
1900	-0.049	-6.33		-0.038	-4.97		-0.016	-2.05		-0.040	-5.22	

4.3.5. Pengaruh Biodiesel Jagung terhadap Brake Horse Power (BHP) pada Putaran 1500 rpm, variasi Throttle Valve Open (%)



Gambar 4.15. BHP terhadap Throttle Valve Open (%)

Dari gambar 4.15., terlihat pola dimana semakin besar bukaan throttle maka semakin besar daya yang dihasilkan (bhp) mesin. Peningkatan dan penurunan daya (bhp) ini disebabkan, disamping pengaruh besarnya putaran dan torsi yang dihasilkan juga karena beberapa faktor seperti nilai kalor bawah (lhv) campuran (lebih rendah 1,7 % - 5,2 %), proses pembakaran lebih komplit akibat dampak kandungan Oksigen dari biodiesel dan kelambatan penyalaan yang semakin singkat karena naiknya

Cetane Number. Dari gambar terlihat bahwa secara umum daya yang dihasilkan campuran biodiesel masih di bawah minyak solar murni khususnya pada bukaan throttle 30 % sampai 50 %, namun sedikit membaik pada bukaan 60 %. Dengan bertambahnya konsentrasi biodiesel minyak Jagung yang berkorelasi dengan naiknya Cetane Number, daya keluaran mesin bertambah (semakin mendekati bhp minyak solar murni).

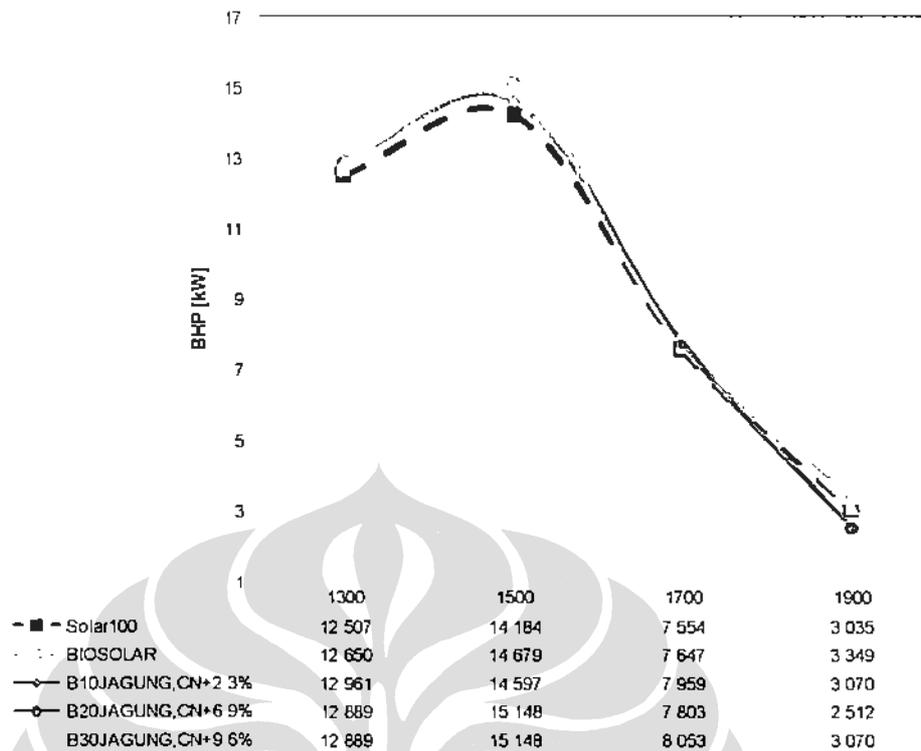
Pengaruh konsentrasi ditunjukkan tabel 4.16, penurunan/kehilangan bhp untuk seluruh konsentrasi biodiesel sebesar 7,2 %. Penurunan terbesar dialami oleh B10 Jagung (11,16 %). Namun, jika dilihat pada variasi bukaan throttle, terjadi perbaikan pada bukaan throttle 60 % pada B10 Jagung dan B20 Jagung dengan kenaikan rata-rata 0,86 %. Secara umum, konsentrasi B20 lebih baik dari konsentrasi yang lain dengan penurunan bhp hanya 3,11 %.

Tabel 4.16. Pengaruh Konsentrasi Biodiesel Jagung terhadap BHP (variasi TVO)

	Biosolar			B10 Jagung			B20 Jagung			B30 Jagung		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
30	-0.578	-19.27	-7.68	-1.239	-41.28	-11.16	-0.248	-8.26	-3.11	-0.744	-24.77	-6.95
40	-0.523	-3.88		-0.138	-1.02		-0.138	-1.02		0.000	0.00	
50	-1.239	-7.58		-0.523	-3.20		-0.661	-4.04		-0.496	-3.03	
60	0	0.00		0.138	0.86		0.138	0.86		0.000	0.00	

4.3.6. Pengaruh Biodiesel Jagung terhadap Brake Horse Power (BHP) pada Variasi Putaran (rpm), Throttle Valve Open 40 %

Gambar 4.16. terlihat pola bhp yang dihasilkan mencapai titik maksimum pada putaran 1500 rpm, namun semakin tinggi putaran beban yang diterima oleh mesin semakin kecil sehingga daya keluaran (tenaga pengereman poros) akan semakin kecil. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa bhp campuran biodiesel mendominasi (lebih tinggi) pada putaran 1300 rpm sampai 1700 rpm sedangkan pada putaran 1900 rpm hampir mendekati minyak solar murni.



Gambar 4.16. BHP terhadap Variasi Putaran (rpm)

Kenaikan bhp lebih baik pada konsentrasi biodiesel minyak Jagung 30 % (B30), hal ini kemungkinan besar dipengaruhi adanya kontribusi biodiesel terhadap proses pembakaran yang lebih baik.

Pengaruh konsentrasi biodiesel minyak Jagung ditunjukkan tabel 4.17, dimana rata-rata kenaikan bhp terjadi pada konsentrasi Biosolar, B10 Jagung dan B30 Jagung sebesar 3,9 %. Khusus untuk B20 Jagung pada putaran 1300 rpm sampai 1700 rpm mengalami peningkatan bhp namun menurun drastis pada putaran 1900 rpm sebesar 17,24 %. Secara umum, B30 Jagung lebih baik dari konsentrasi yang lain dengan kenaikan rata-rata 4,40 %.

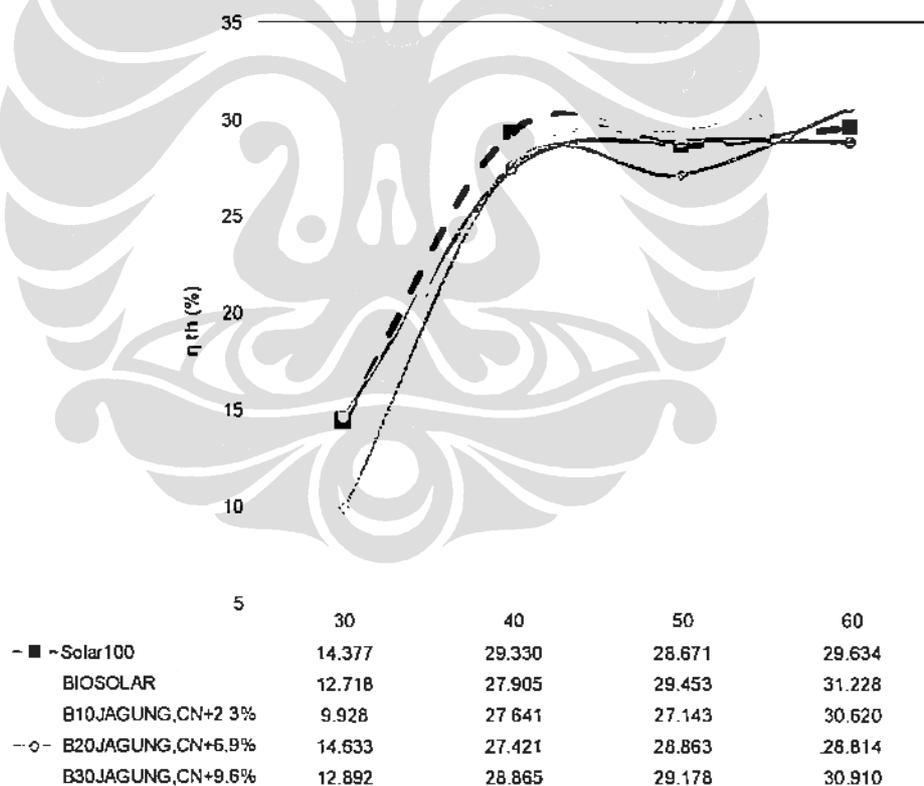
Tabel 4.17. Pengaruh Konsentrasi Biodiesel Jagung terhadap BHP (variasi RPM)

	Biosolar			B10 Jagung			B20 Jagung			B30 Jagung		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
1300	0.143	1.15	4.06	0.454	3.63	3.26	0.382	3.05	-1.02	0.382	3.05	4.40
1500	0.496	3.50		0.413	2.91		0.964	6.80		0.964	6.80	
1700	0.094	1.24		0.406	5.37		0.250	3.31		0.499	6.61	
1900	0.314	10.34		0.035	1.15		-0.523	-17.24		0.035	1.15	

4.3.7. Pengaruh Biodiesel Jagung terhadap Efisiensi Thermal (%) pada Putaran 1500 rpm, variasi Throttle Valve Open (%)

Dari gambar 4.17., semakin besar bukaan throttle, efisiensi thermalnya semakin baik/meningkat. Peningkatan efisiensi thermal cukup signifikan terjadi pada bukaan throttle 30 % sampai 40 % yang disebabkan naiknya bhp pada titik ini. Tetapi pada bukaan 40 % sampai 60 %, efisiensi thermal tidak terlalu banyak selisihnya, pada bukaan throttle ini kenaikan beban tidak terlalu tinggi.

Perbaikan efisiensi thermal dari campuran terjadi pada bukaan throttle 50 % dan 60 %. Walaupun biodiesel minyak Jagung menghasilkan daya sedikit lebih kecil dari minyak solar murni pada titik ini, tetapi pemakaian bahan bakar lebih kecil yang mempengaruhi pada pencapaian efisiensi thermal yang lebih tinggi.



Gambar 4.17. Efisiensi Thermal terhadap Throttle Valve Open (%)

Dengan bertambahnya konsentrasi biodiesel Jagung, efisiensi thermalnya semakin baik, ini berarti bahwa penambahan konsentrasi biodiesel sangat

berperan dalam peningkatan efisiensi pembakaran, bertambahnya Cetane Number juga berkontribusi dalam peningkatan ini.

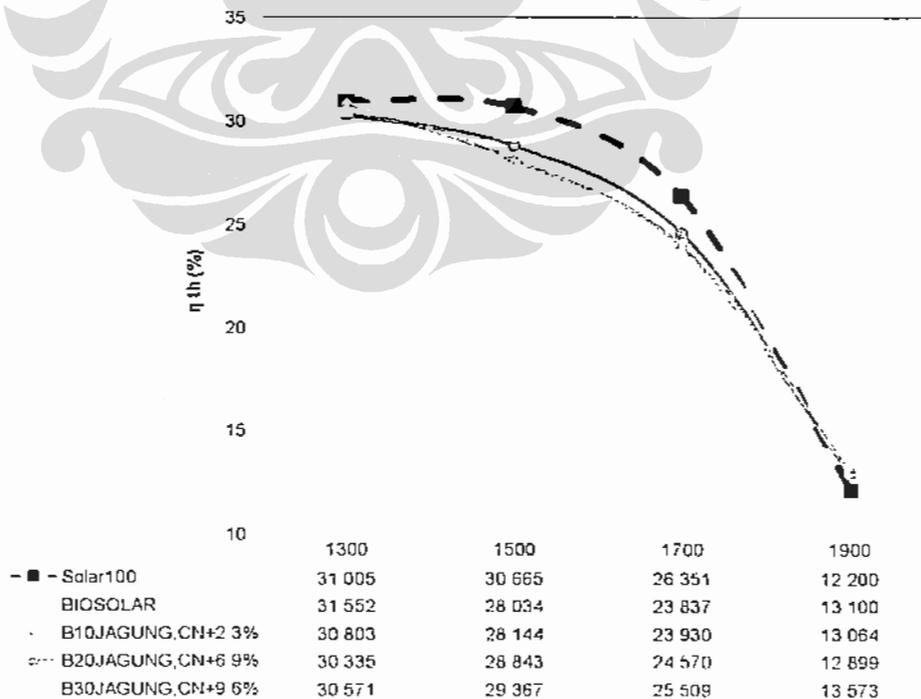
Pengaruh konsentrasi biodiesel Jagung ditunjukkan pada tabel 4.18, secara umum konsentrasi biodiesel (biosolar, B10 Jagung, B20 Jagung dan B30 Jagung) mengalami penurunan efisiensi thermal jika dibandingkan dengan efisiensi dengan minyak solar murni dengan rata-rata penurunan 3,73 %.

Secara umum, B30 terlihat lebih baik dari konsentrasi biodiesel yang lain dengan penurunan rata-rata efisiensi thermal hanya sebesar 1,46 %.

Tabel 4.18. Pengaruh Konsentrasi Biodiesel Jagung terhadap η_{th} (variasi TVO)

	Biosolar			B10 Jagung			B20 Jagung			B30 Jagung		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
30	-1.659	-11.54	-2.07	-4.449	-30.94	-9.68	0.256	1.78	-1.71	-1.486	-10.33	-1.46
40	-1.424	-4.86		-1.689	-5.76		-1.909	-6.51		-0.465	-1.58	
50	0.782	2.73		-1.528	-5.33		0.192	0.67		0.507	1.77	
60	1.595	5.38		0.987	3.33		-0.820	-2.77		1.276	4.31	

4.3.8. Pengaruh Biodiesel Jagung terhadap Efisiensi Thermal (%) pada Variasi Putaran (rpm), Throttle Valve Open 40 %



Gambar 4.18. Efisiensi Thermal terhadap Variasi Putaran (rpm)

Pola efisiensi thermal seperti gambar 4.18, efisiensi thermal campuran biodiesel lebih rendah dari efisiensi thermal solar murni pada putaran 1300 rpm sampai 1700 rpm namun membaik pada putaran 1900 rpm. Perbedaan ini dipengaruhi oleh daya (bhp) campuran biodiesel yang lebih rendah dari solar murni, juga disebabkan perbedaan nilai kalornya.

Secara umum terlihat bahwa dengan bertambahnya konsentrasi biodiesel Jagung yang mempengaruhi meningkatnya efisiensi pembakaran dengan Cetane Number yang lebih tinggi (9,6 %), peningkatan efisiensi thermalnya semakin baik.

Selanjutnya pengaruh konsentrasi biodiesel Jagung dan biosolar terhadap Efisiensi Thermal ditunjukkan pada gambar 4.19. Pada putaran 1300 rpm sampai 1700 rpm terjadi penurunan efisiensi thermal antara 0,65 % sampai 9,54 % untuk seluruh konsentrasi biodiesel. Namun pada putaran 1900 rpm terjadi perbaikan (kenaikan) efisiensi thermal dengan rata-rata kenaikan sebesar 7,86 % untuk seluruh konsentrasi biodiesel dan biosolar.

Secara umum B30 Jagung lebih baik dari konsentrasi yang lain dengan rata-rata peningkatan efisiensi thermal sebesar 0,61 %.

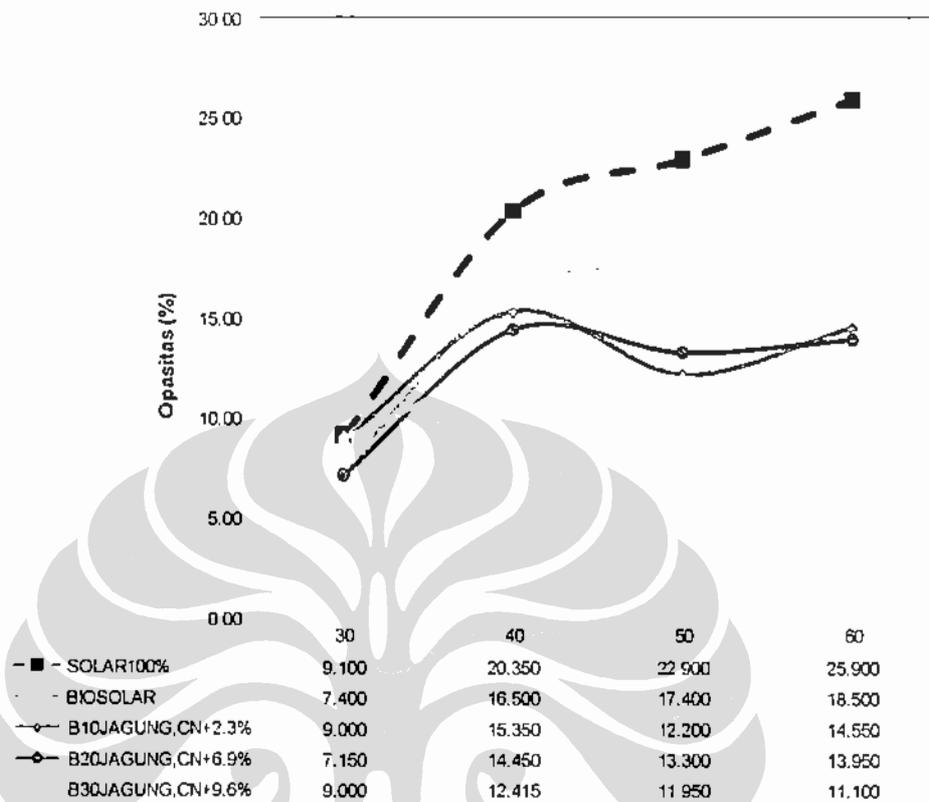
Tabel 4.19. Pengaruh Konsentrasi Biodiesel Jagung terhadap η_{th} (variasi RPM)

	Biosolar			B10 Jagung			B20 Jagung			B30 Jagung		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
1300	0.547	1.76	-2.24	-0.201	-0.65	-2.75	-0.670	-2.16	-2.28	-0.434	-1.40	0.61
1500	-2.631	-8.58		-2.522	-8.22		-1.822	-5.94		-1.298	-4.23	
1700	-2.514	-9.54		-2.421	-9.19		-1.781	-6.76		-0.842	-3.20	
1900	0.900	7.38		0.864	7.08		0.699	5.73		1.373	11.26	

4.3.9. Pengaruh Biodiesel Jagung terhadap Opasitas (%) pada Variasi Throttle Valve Open 40 %, putaran 1500 rpm

Gambar 4.19. menunjukkan pola yang tidak berbeda jauh dengan pola konsentrasi biodiesel minyak Kelapa, dimana opasitas meningkat dengan semakin bertambahnya bukaan throttle (dari 30 % - 60 %), naiknya daya keluaran mesin (bhp) berkorelasi dengan semakin banyaknya campuran

udara-bahan bakar yang terbakar, menghasilkan formasi asap (tingkat kepekatan asap) yang lebih besar.



Gambar 4.19. Opasitas terhadap Throttle Valve Open (%)

Dari hasil pengujian, campuran biodiesel minyak Jagung menghasilkan tingkat opasitas yang lebih rendah jika dibandingkan dengan bahan bakar solar murni. Penurunan opasitas ini dapat digambarkan karena efisiensi pembakaran yang lebih baik dari biodiesel minyak Jagung dengan adanya molekul oksigen dari biodiesel, disamping itu Cetane Number yang naik dari konsentrasi mempengaruhi rata-rata pembakaran pada tahap akhir pembakaran (diffusion burning period).

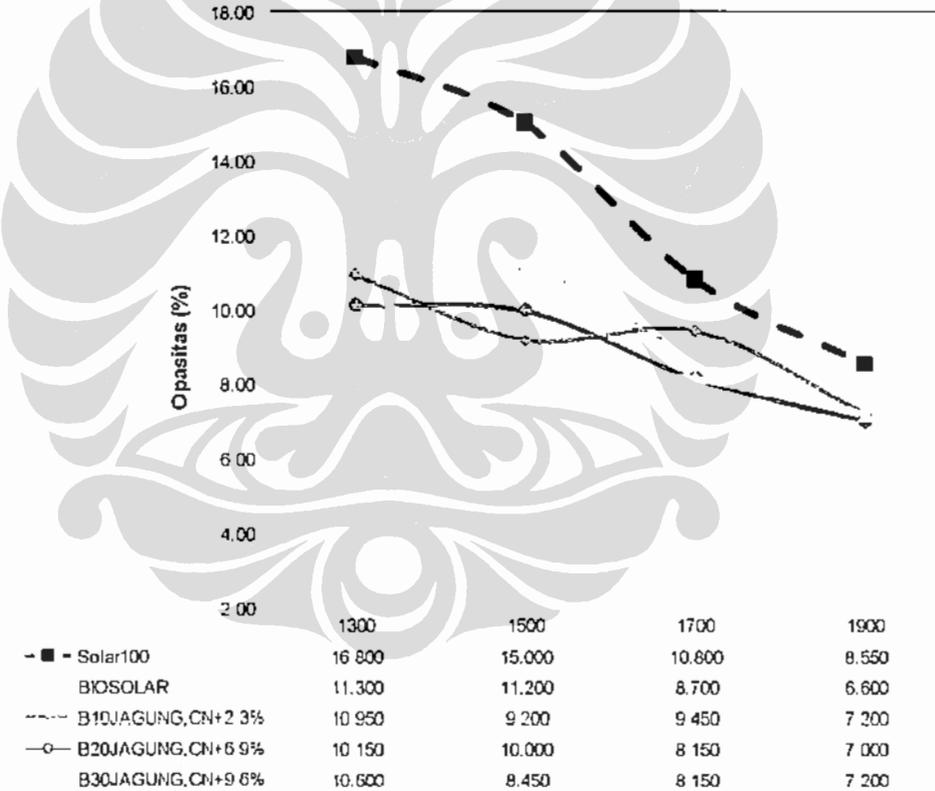
Pada tabel 4.20. keseluruhan konsentrasi biodiesel (biosolar, B10 Jagung, B20 Jagung dan B30 Jagung) mengalami penurunan tingkat opasitas gas buang dibandingkan dengan opasitas minyak Solar sebesar rata-rata 30,62 %. Jika dilihat pada masing-masing bukaan throttle, penurunan terbesar terjadi pada bukaan throttle 60 % sebesar rata-rata 43,9 %.

Secara umum dari seluruh konsentrasi biodiesel, B30 Jagung lebih baik dengan penurunan opasitas sebesar 36,26 %.

Tabel 4.20 Pengaruh Volume Biodiesel Jagung terhadap Opasitas (variasi TVO)

	Biosolar			B10 Jagung			B20 Jagung			B30 Jagung		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
30	-1.70	-18.7	-22.55	-0.10	-1.10	-29.05	-1.95	-21.43	-34.62	-0.10	-1.10	-36.26
40	-3.85	-18.9		-5.00	-24.57		-5.90	-28.99		-7.94	-38.99	
50	-5.50	-24		-10.70	-46.72		-9.60	-41.92		-10.95	-47.82	
60	-7.40	-28.6		-11.35	-43.82		-11.95	-46.14		-14.80	-57.14	

4.3.10. Pengaruh Biodiesel Jagung terhadap Opasitas (%) pada Variasi Putaran (rpm), Throttle Valve Open 40 %



Gambar 4.20. Opasitas terhadap Variasi Putaran (rpm)

Dari gambar 4.20. dapat diterangkan bahwa opasitas semakin menurun pada kecepatan yang semakin besar, hal ini disebabkan oleh konsumsi bahan bakar (FC) dan daya yang dihasilkan (bhp) mesin dari kecepatan 1300 rpm menuju 1900 rpm semakin kecil. Adanya penurunan opasitas

pada kecepatan tinggi dan atau beban tinggi dari pada kecepatan rendah dan atau beban rendah untuk bahan bakar campuran (dari kecepatan 1300 rpm ke 1900 rpm). Hal ini disebabkan karena lebih banyak bahan bakar yang disuplai pada beban tinggi dan waktu yang pendek dibutuhkan untuk persiapan campuran udara bahan bakar pada kecepatan tinggi. Secara keseluruhan terlihat bahwa tingkat opasitas keseluruhan campuran biodiesel lebih rendah dari tingkat opasitas minyak solar murni.

Selanjutnya pengaruh konsentrasi biodiesel terhadap Opasitas ditunjukkan pada tabel 4.21. Seluruh konsentrasi biodiesel memiliki opasitas yang lebih rendah dari minyak solar dengan rata-rata penurunan sebesar 25,3 %. Dimana penurunan terbesar pada B30 Jagung sebesar 30,22 %.

Tabel 4.21. Pengaruh Volume Biodiesel Jagung terhadap Opasitas (variasi RPM)

	Biosolar			B10 Jagung			B20 Jagung			B30 Jagung		
	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2	+/-	Δ %	Δ (%) Rata2
1300	-5.50	-32.7	-25.08	-5.85	-1.10	-17.01	-6.65	-39.58	-28.90	-6.20	-36.90	-30.22
1500	-3.80	-25.3		-5.80	-38.67		-5.00	-33.33		-6.55	-43.67	
1700	-2.10	-19.4		-1.35	-12.50		-2.65	-24.54		-2.65	-24.54	
1900	-1.95	-22.8		-1.35	-15.79		-1.55	-18.13		-1.35	-15.79	

4.4. ANALISA PERFORMA DAN PROPERTIS BIODIESEL MINYAK KELAPA DAN MINYAK JAGUNG

Untuk mendapatkan perbandingan performa biodiesel minyak Kelapa dan minyak Jagung, dengan membandingkan data-data pengujian kedua biodiesel tersebut, baik pengujian terhadap performa mesin maupun pengujian karakteristik bahan bakar (biodiesel), maka dibuat analisa umum sebagai berikut :

4.4.1. Analisa Performa Mesin

Analisa ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian performa mesin yang dihasilkan kedua biodiesel tersebut. Hasil pengujian kedua biodiesel tersebut kemudian dibandingkan terhadap minyak solar murni sebagai pembanding.

Dengan campuran biodiesel minyak kelapa dan minyak jagung secara keseluruhan dapat mempengaruhi unjuk kerja mesin, diantaranya adanya pengaruh terhadap konsumsi bahan bakar (FC), pemakaian bahan bakar spesifik (SFC), daya keluaran mesin / brake horse power (BHP) dan efisiensi thermal. Namun dari hasil pengujian dan analisa data secara umum diperoleh bahwa kedua biodiesel minyak Kelapa dan minyak Jagung tersebut performanya masih di bawah atau mendekati performa mesin jika dibandingkan dengan performa mesin dengan solar murni. Lebih lanjut terlihat pada hasil analisa bahwa :

- pemakaian bahan bakar spesifik / specific fuel consumption (SFC) juga masih dominan lebih tinggi dari SFC dengan minyak solar murni.

Tabel 4.22. Perbandingan SFC Biodiesel Kelapa dan Jagung

	Konsentrasi B. M. Kelapa						Konsentrasi B. M. Jagung					
	B10		B20		B30		B10		B20		B30	
	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %
30	0.090	13.73	0.045	6.80	0.123	18.71	0.311	47.35	0.012	1.76	0.115	17.60
40	0.023	7.22	0.019	5.97	0.026	7.97	0.026	7.97	0.035	10.78	0.023	7.14
50	-0.001	-0.37	-0.012	-3.67	-0.019	-5.84	0.025	7.48	0.009	2.88	0.012	3.62
60	0.009	2.95	-0.006	-1.92	0.003	0.83	-0.005	-1.53	0.021	6.51	0.003	1.09
Rata-rata		5.88		1.80		5.42		15.32		5.48		7.36
1300	0.007	2.28	0.035	11.66	0.012	4.03	0.007	2.42	0.018	5.85	0.021	6.94
1500	0.020	6.64	0.030	9.66	0.032	10.30	0.033	10.87	0.031	10.11	0.031	10.11
1700	0.005	1.41	0.038	10.60	0.020	5.62	0.043	12.05	0.040	11.07	0.032	8.93
1900	-0.052	-6.75	-0.009	-1.10	0.000	0.06	-0.038	-4.97	-0.016	-2.05	-0.040	-5.22
Rata-rata		0.89		7.70		5.00		5.09		6.25		5.19

Kel : - lebih rendah
+ lebih tinggi

Hasil terbaik adalah B20 Kelapa dengan kenaikan hanya 1.80 % pada variasi bukaan throttle dan B10 Kelapa dengan kenaikan rata-rata hanya 0.80 % pada variasi putaran.

- daya keluaran mesin / brake horse power (bhp) pada putaran 1500 rpm dengan variasi bukaan throttle terlihat masih dominan lebih rendah dari pola minyak solar, kenaikan bhp baru terlihat pada bukaan throttle 60 %. Pada bukaan throttle 40 % dengan variasi putaran (rpm) terlihat adanya dominasi kenaikan bhp pada putaran 1500 rpm dan 1700 rpm.

Tabel 4.23. Perbandingan BHP Biodiesel Kelapa dan Jagung

	Konsentrasi B. M. Kelapa						Konsentrasi B. M. Jagung					
	B10		B20		B30		B10		B20		B30	
	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %
30	-0.578	-19.27	-0.110	-3.67	-0.716	-23.85	-1.239	-41.28	-0.248	-8.26	-0.744	-24.77
40	-0.220	-1.63	-0.138	-1.02	-0.716	-5.31	-0.138	-1.02	-0.138	-1.02	0.000	0.00
50	-0.991	-6.06	-0.936	-5.72	-1.102	-6.73	-0.523	-3.20	-0.661	-4.04	-0.496	-3.03
60	0.110	0.69	0.000	0.00	0.138	0.86	0.138	0.86	0.138	0.86	0.000	0.00
Rata-rata		-6.57		-2.60		-8.76		-11.16		-3.11		-6.95
1300	0.382	3.05	-0.095	-0.76	0.072	0.57	0.454	3.63	0.382	3.05	0.382	3.05
1500	0.854	6.02	0.386	2.72	0.468	3.30	0.413	2.91	0.964	6.80	0.964	6.80
1700	1.873	24.79	0.250	3.31	1.030	13.64	0.406	5.37	0.250	3.31	0.499	6.61
1900	0.244	8.05	-0.628	-20.69	-0.140	-4.60	0.035	1.15	-0.523	-17.24	0.035	1.15
Rata-rata		10.48		-3.86		3.23		3.26		-1.02		4.40

Ket : - lebih rendah
+ lebih tinggi

Hasil terbaik adalah B20 Kelapa dengan penurunan BHP hanya 2.60 % pada variasi bukaan throttle, namun terjadi kenaikan paling besar untuk B10 Kelapa dengan kenaikan rata-rata 10.48 % pada variasi putaran.

- efisiensi thermal juga masih dominan lebih rendah dari pola efisiensi thermal minyak solar, perbaikan baru terjadi pada bukaan throttle 50 % - 60 % dan pada putaran 1900 rpm.

Tabel 4.24. Perbandingan Efisiensi Thermal Biodiesel Kelapa dan Jagung

	Konsentrasi B. M. Kelapa						Konsentrasi B. M. Jagung					
	B10		B20		B30		B10		B20		B30	
	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %
30	-1.571	-10.93	-0.561	-3.90	-1.782	-12.40	-4.449	-30.94	0.256	1.78	-1.486	-10.33
40	-1.619	-5.52	-0.925	-3.15	-1.079	-3.68	-1.689	-5.76	-1.909	-6.51	-0.465	-1.58
50	0.480	1.68	1.874	6.54	2.995	10.45	-1.528	-5.33	0.192	0.67	0.507	1.77
60	-0.475	-1.80	1.373	4.63	0.930	3.14	0.987	3.33	-0.820	-2.77	1.276	4.31
Rata-rata		-4.09		1.03		-0.62		-9.68		-1.71		-1.46
1300	-0.201	-0.96	-2.508	-8.09	-0.010	-0.03	-0.201	-0.65	-0.670	-2.16	-0.434	-1.40
1500	-2.522	-5.01	-1.967	-6.42	-1.753	-5.72	-2.522	-8.22	-1.822	-5.94	-1.298	-4.23
1700	-2.421	-0.11	-1.899	-7.21	-0.405	-1.54	-2.421	-9.19	-1.781	-6.76	-0.842	-3.20
1900	0.864	8.63	0.460	3.77	0.480	3.93	0.864	7.08	0.699	5.73	1.373	11.26
Rata-rata		0.64		-4.48		-0.84		-2.75		-2.28		0.61

Ket : - lebih rendah
+ lebih tinggi

Hasil terbaik adalah B20 Kelapa dengan kenaikan efisiensi thermal sebesar 1.03 % pada variasi bukaan throttle dan kenaikan B10 Kelapa sebesar rata-rata 0.64 % pada variasi putaran.

- Perbaikan dan perbedaan terlihat paling signifikan terjadi pada tingkat Opasitas gas buang yang dihasilkan (seperti pada tabel 4.25. dibawah), dimana campuran dengan biodiesel minyak Kelapa dan minyak Jagung memberikan kontribusi yang besar terhadap opasitas yang lebih rendah pada variasi bukaan throttle (%) maupun pada variasi putaran (rpm) dengan rata-rata penurunan dari 17,01 % sampai dengan 40,71 %.

Tabel 4.25. Perbandingan Opasitas Biodiesel Kelapa dan Jagung

	Konsentrasi B. M. Kelapa						Konsentrasi B. M. Jagung					
	B10		B20		B30		B10		B20		B30	
	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %	+/-	Δ %
30	-1.80	-19.78	-2.05	-22.53	-1.95	-21.43	-0.10	-1.10	-1.95	-21.43	-0.10	-1.10
40	-5.05	-24.82	-7.65	-37.59	-7.90	-38.82	-5.00	-24.57	-5.90	-28.99	-7.94	-38.99
50	-7.45	-32.53	-12.25	-53.49	-10.40	-45.41	-10.70	-46.72	-9.60	-41.92	-10.95	-47.82
60	-9.10	-35.14	-12.75	-49.23	-12.15	-46.91	-11.35	-43.82	-11.95	-46.14	-14.80	-57.14
Rata-rata	-28.07		-40.71		-38.14		-29.05		-34.62		-36.26	
1300	-7.70	-45.83	-8.75	-52.08	-7.50	-44.64	-5.85	-1.10	-6.65	-39.58	-6.20	-36.90
1500	-5.05	-36.00	-6.45	-43.00	-5.90	-39.33	-5.80	-38.67	-5.00	-33.33	-6.55	-43.67
1700	-7.45	-33.33	-3.90	-36.11	-3.60	-33.33	-1.35	-12.50	-2.65	-24.54	-2.65	-24.54
1900	-9.10	-0.58	-1.50	-17.54	-0.65	-7.60	-1.35	-15.79	-1.55	-18.13	-1.35	-15.79
Rata-rata	-28.94		-37.18		-31.23		-17.01		-28.90		-30.22	

Ket : - lebih rendah
+ lebih tinggi

Dari perbandingan-perbandingan performa mesin di atas dapat disimpulkan bahwa performa mesin yang dihasilkan dari kedua campuran biodiesel minyak Kelapa dan minyak Jagung, biodiesel minyak Kelapa terlihat lebih baik dibandingkan biodiesel minyak Jagung. Konsentrasi biodiesel minyak Kelapa tersebut adalah B20 Kelapa.

4.4.2. Analisa Karakteristik Biodiesel Minyak Kelapa dan Minyak Jagung

Kenaikan dan penurunan performa biodiesel tersebut sangat erat kaitannya dengan propertis dari kedua biodiesel tersebut seperti terlihat pada tabel 4.26. di bawah. Antara lain karena adanya perbedaan viskositas, densitas, gliserol total, nilai kalor bawah, Cetane Number dan lain-lain. Semakin baik karakteristik biodiesel semakin baik pula pengaruhnya terhadap performa mesin yang dihasilkan.

Tabel 4.26. Propertis Biodiesel Minyak Kelapa dan Minyak Jagung

No.	Uraian	Satuan	Standard		Hasil Pengujian		Deviasi * (%)
			Solar	Biodiesel	M. Kelapa	M. Jagung	
1	Viskositas pd 40 °C	cSt	1.6-5.8	2.3-6	2.77	4.869	▼ 75.8
2	Densitas pd 40 oC	gr/cm3	0.82-0.87	0.85-0.90	0.856	0.8886	▼ 3.8
3	Total Acid Number (TAN)	mgKOH/gr	< 0.6	< 0.8	0.292	0.2168	▲ 25.8
4	Flash point	oC	> 100	> 100	108	180	▼ 66.7
5	Cloud point	oC	< 18	< 18	2.7	11	▼ 307.4
6	Pour point	oC	< 18	-	-5.3	-3	▲ 43.4
7	Water content	% vol	< 0.05	< 0.05	0.02	0.02	-
8	Total glycerol	% wt	-	< 0.24	0.2851	0.3235	▼ 13.5
9	Free glycerol	% wt	-	< 0.2	0.0003	0.0135	▼ 4,400.0
10	Bilangan Setana		> 45	> 48	62.4	58.6	▲ 6.1
11	Nilai Kalor Bawah (LHV)	kJ/kg	45300	-	39500	37500	▲ 5.1

Sumber : Pertamina, BPPT, SNI Biodiesel No. 01-7182-2006, Lemigas. * M. Kelapa terhadap M. Jagung

Dari tabel 4.26. dapat dijelaskan, secara umum propertis biodiesel minyak Kelapa dan minyak Jagung masih memenuhi standard biodiesel yang diijinkan dan secara umum perbedaan kedua biodiesel tersebut sebagai berikut :

1. Parameter viskositas biodiesel minyak Kelapa, menunjukkan angka yang lebih kecil (75.8 %) dari biodiesel minyak Jagung yang berarti lebih baik dan lebih mudah dalam hal pengabutannya.
2. Parameter densitas biodiesel minyak Kelapa, menunjukkan angka yang lebih kecil dari biodiesel minyak Jagung yang berarti sprai (diameter droplet lebih kecil [Harcel Thaddeus, 2001]) lebih baik dari biodiesel minyak jagung.
3. Cloud point biodiesel minyak Kelapa lebih rendah, berarti lebih mudah terbakar pada suhu yang rendah.
4. Parameter total glycerol dan free glycerol yang berarti kadar gliserol yang tersisa, dimana pada pemakaian yang lama dapat menyebabkan masalah pengotoran dan penyumbatan saluran bahan bakar. Total glycerol dan free glycerol minyak Kelapa lebih rendah dari biodiesel minyak jagung, artinya sisa gliserolnya lebih sedikit. Khusus untuk total glyserol angkanya di atas standard yang diijinkan, hal ini disebabkan masih belum sempurnanya proses pengolahan khususnya pada tahap pemisahan gliserol.
5. Biodiesel minyak Kelapa memiliki Cetane Number lebih tinggi 3,8 point (6,09 %) dari biodiesel minyak Jagung. Tingginya Cetane Number ini sangat membantu tercapainya kualitas bahan bakar yang lebih baik. Terlihat dari hasil

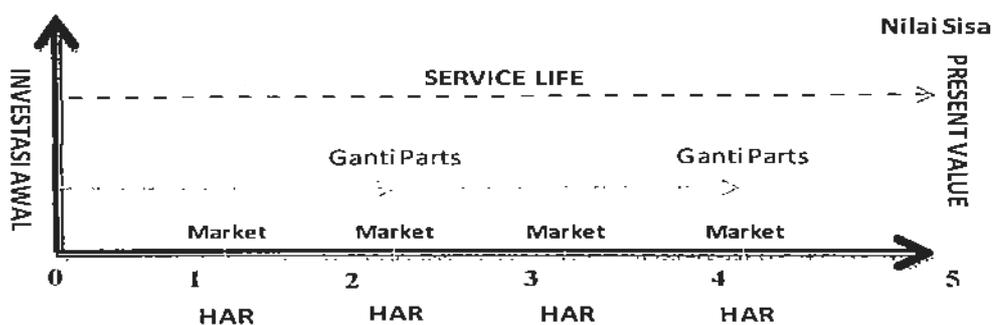
pengujian dengan penambahan campuran biodiesel minyak Kelapa, performa mesin dan opasitas yang dihasilkan lebih baik dari biodiesel minyak kelapa.

6. Nilai kalor bawah (lhv) juga mempengaruhi performa mesin diesel, biodiesel minyak Kelapa memiliki nilai kalor lebih besar (5,06 %) dari biodiesel minyak Jagung. Nilai kalor ini erat kaitannya dengan pencapaian bhp (daya) dan efisiensi thermal, dimana biodiesel minyak kelapa lebih tinggi dari biodiesel minyak jagung.

4.5 ANALISA LIFE CYCLE COST ANALYSIS

Pemilihan kedua alternatif ini dilatarbelakangi pada kapasitas desain produksi yang sama yaitu kapasitas 10 liter/batch (perhari), tetapi dengan sistem batch yang berbeda. Processor jenis susun yang pertama yaitu sistem 2 batch dan yang kedua adalah sistem 3 batch. Kecilnya kapasitas produksi ini, mengingat processor ini adalah untuk kalangan sendiri (skala pilot). Beberapa pertimbangan seperti pengawasan selama proses produksi sangat mudah, tidak terlalu memberatkan dari sisi biaya dengan memakai modal sendiri (*equity capital*), pemeliharaan sangat simpel dan mudah, sistem batch dengan metode gravitasi sangat cocok untuk skala mini atau kecil.

Dari perhitungan (terlampir), perbedaan LCCA dari 2 tipe processor jenis susun ini, ditunjukkan pada tabel 4.6. Asumsi yang digunakan adalah fasilitas (sistem) mempunyai siklus umur produksi (*service life*) selama 5 (lima) tahun, dengan pertimbangan bahwa selama lima tahun fasilitas diperkirakan masih dianggap layak berproduksi dan sesudahnya akan diganti dengan kapasitas yang lebih besar.



Gambar 4.21. Life time desain Processor Jenis Susun

Untuk mempertahankan kualitas peralatan dilakukan pemeliharaan secara periodik (tiap tahun) yang bertujuan untuk memperpanjang hidup peralatan tanpa menggantikan sistim/fasilitas sekaligus bertujuan untuk mengurangi biaya produksi diantaranya perbaikan-perbaikan kebocoran, system kelistrikan dan lain-lain. Sedangkan penggantian dilakukan untuk peralatan-peralatan yang dianggap menurun performanya secara drastis jika dioperasikan dalam waktu lama seperti : motor-motor DC 12 V, heater, temperature switch dan lain-lain.

Bunga bank (discount rate) sebesar rata-rata 8,5 % pertahun [BI Rate], yang akan dipakai sebagai referensi untuk menghitung besarnya Present Value dari biaya awal (initial expenses) dan biaya yang akan datang (future expenses).

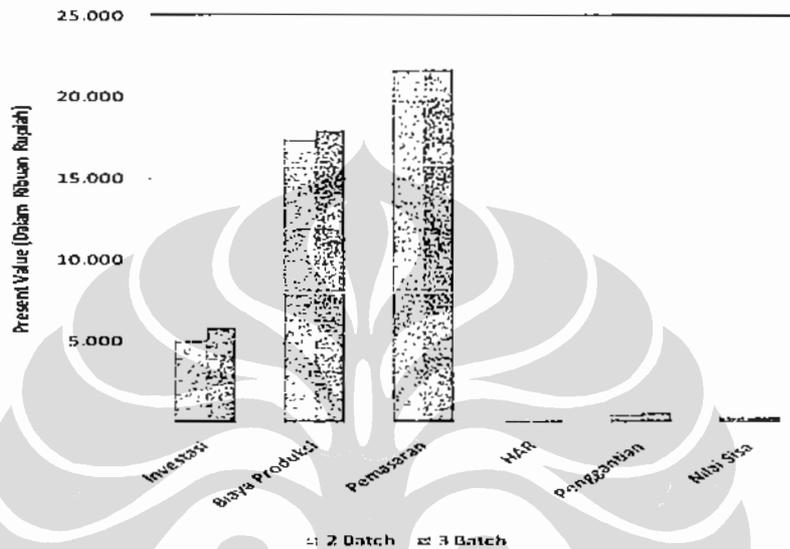
Tabel 4.27. LCCA Proessor Jenis Susun

Life Cycle Cost Analysis				
Processor Jenis Susun (Kapasitas 10 Liter/hari)				
Uraian	Alt. 1 : Tipe 2 Batch (Rp)		Alt. 2 : Tipe 3 Batch (Rp)	
	Total Biaya	Present Value	Total Biaya	Present Value
		Suku Bunga 8,5 %		Suku Bunga 8,5 %
Biaya Investasi	5,096,500	5,096,500	5,847,000	5,847,000
Biaya Produksi/Operasi :				
- Biaya Pengolahan	2,584,800	1,719,009	3,416,400	2,272,061
- Biaya Bahan Baku	23,580,000	15,681,771	23,580,000	15,681,771
Biaya Pemasaran Produk	32,670,000	21,727,034	32,670,000	21,727,034
Pemeliharaan dan Perbaikan	225,000	149,635	250,000	166,261
Biaya Penggantian	685,000	573,558	800,000	664,591
Residual Cost / Nilai Sisa	596,000	396,367	665,000	442,255
Total Life Cycle Cost		46,343,876		46,800,974
		Terbaik 1		Terbaik 2

Dari tabel 4.27. dapat dijelaskan sebagai berikut :

- biaya investasi tipe 2 batch lebih rendah Rp. 750.500,- dari tipe 3 batch. Perbedaan ini karena desain konstruksi, dimensi, dan jumlah item peralatan yang berbeda
- total biaya produksi/operasi tipe 2 batch lebih rendah Rp. 553.052,-/tahun dari tipe 3 batch. Dimana selisih terbesar terdapat pada biaya konsumsi pemakaian listrik sebesar Rp. 553.052,-/tahun.
- biaya pemasaran, pemeliharaan/perbaikan, biaya penggantian dan biaya sisa, sama dan atau tidak terlihat selisih yang terlalu besar.
- jika dilihat dari total biaya produksi/liter, dengan sistem 2 batch sebesar Rp. 7.268,-/liter sedangkan dengan sistem 3 batch sebesar Rp. 7.499,-/liter. Sehingga sistem 2 batch lebih hemat sebesar Rp. 231,-/liter.

- nilai sisa nilainya positif yang berarti bahwa processor jenis susun tersebut masih laku untuk dijual.
- dapat disimpulkan bahwa processor jenis susun tipe 2 batch, mempunyai total biaya Life Cycle Cost Analysis lebih rendah dan lebih optimal dengan selisih biaya investasi, biaya produksi/operasi, biaya pemeliharaan dan perbaikan, biaya penggantian sebesar Rp. 1.457.099,-



Gambar 4.22. Present Value Tipe 2 Batch dan 3 Batch

Untuk analisa kelayakan processor jenis susun ini, dapat disimpulkan pada tabel 4.28. di bawah ini :

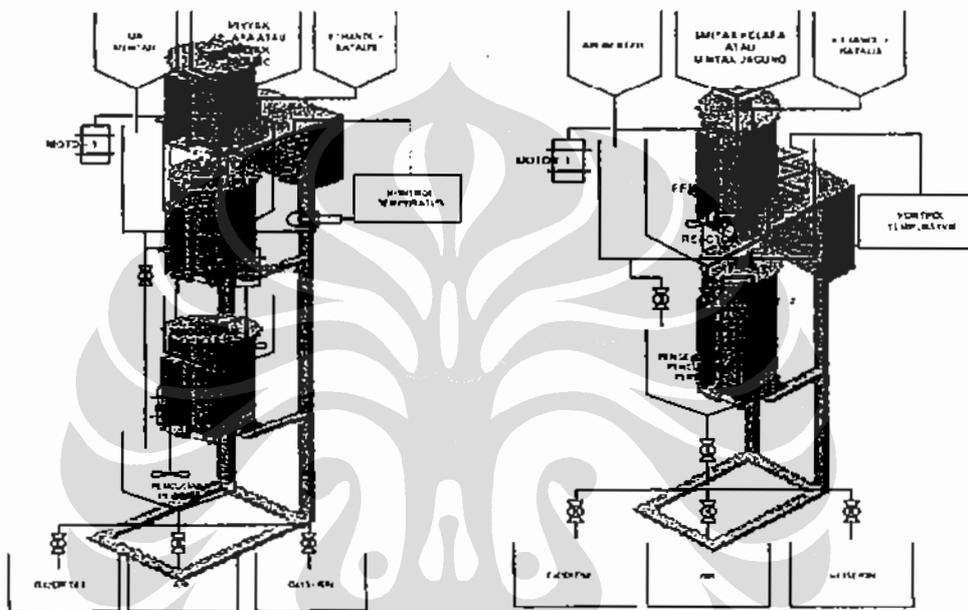
Tabel 4.28. Kelayakan Desain Processor Jenis Susun

Life Cycle Cost Analysis Processor Jenis Susun		
Kelayakan Desain Processor Jenis Susun		
	Alt. 1 : Tipe 2 Batch	Alt. 2 : Tipe 3 Batch
Biaya Produksi (Rp./liter) :		
- Biaya Pengolahan (Rp./Liter)	718	949
- Biaya Bahan Baku (Rp./Liter)	6,550	6,550
Harga Jual (Rp./liter)	9,750	9,750
Margin (%)	25.5	23.1
Laba Bersih (Rp./tahun)	5,595,200	4,623,600
Benefit Cost Ratio (BCR)	1.1	0.8
Payback Period (tahun)	0.9	1.3
Keterangan	Paling Layak	

- laba bersih dengan tipe 2 batch lebih besar Rp. 971.600,- / tahun dari tipe 3 batch. Laba bersih bernilai positif artinya bahwa desain dapat diterima

- Benefit Cost Ratio sistem 2 batch di atas 1 ($BCR > 1$) berarti usulan desain dapat diterima.
- margin keuntungan di atas 23 % masih dianggap layak.
- masa pulang modal dengan tipe 2 batch lebih cepat yaitu 4 bulan (berarti semakin kecil resiko yang didapat).

Ditinjau dari sisi enjiniring/konstruksinya, Prosesor Jenis Susun tipe BDP-10FG-BV dengan system 2 batch mempunyai beberapa kelebihan yaitu :



Gambar 4.23. Desain Processor Jenis Susun Tipe 3 Batch dan 2 Batch

- Dapat menghemat tempat karena konstruksinya yang tersusun ke atas.
- Dapat menghemat konsumsi listrik kira-kira sebesar 50 % dan tidak perlu menggunakan pompa listrik
- Pola kerjanya sama dengan prosesor jenis susun tipe 3 batch dengan menggunakan gaya gravitasi bumi untuk mengalirkan fluida yang diproses, namun lebih simple dari sisi operasi.
- Prosesor dapat dilakukan pengukuran secara visual karena reaksi yang terjadi dapat dilihat, selain itu volume pereaktan dapat diukur secara visual.
- Prosesor ini menghasilkan reaksi yang berjalan dengan suhu yang terjaga karena ada kendali suhu otomatis yang bekerja pada suhu 65 °C.