

## **DESAIN DAN REKAYASA AXLE DINAMOMETER UNTUK MOTOR DIESEL STATIONER 5 – 10 HP**

*Joko Pitoyo, LiLik Tri Mulyantara, Koes Sullistadji*

<sup>1</sup> Perekayasa pada Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian

### **ABSTRAK**

*Motor diesel banyak digunakan sebagai penggerak atau tenaga tarik alat dan mesin pertanian perlu diukur unjuk kerjanya dengan teliti. Berbagai tipe dynamometer pengukur unjuk kerja motor diesel telah banyak dikembangkan dan digunakan. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian sebagai salah satu institusi yang banyak berhubungan dengan penggunaan motor bakar baik jenis motor bakar bensin ataupun diesel perlu mengembangkan satu perangkat ukur motor bakar stationer. Rekayasa Axle Dynamometer ini merupakan suatu modifikasi dari seperangkat alat ukur dan instrumen yang sebelumnya digunakan untuk mengukur kinerja PTO traktor roda empat 20 – 30 HP. Beberapa hal yang dilakukan perubahan yaitu sistem pengereman, sistem pengukuran torsi dan sistem penyambungan transmisi dari engine ke unit axle dynamometer. Secara umum kinerja axle dynamometer setelah dilakukan modifikasi dapat digunakan untuk mengukur unjuk kerja motor diesel stationer 5,5 HP tipe piston datar dengan pendingin sirkulasi air.*

### **PENDAHULUAN**

Motor diesel sebagai salah satu sumber tenaga penggerak perlu diketahui besarnya daya dan unjuk kerjanya. Indonesia sebagai negara berkembang sampai saat ini telah mampu menghasilkan motor diesel dengan berbagai ukuran daya.

Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian sebagai satu institusi yang berhubungan dan sering menggunakan motor bakar tipe stationer perlu memiliki fasilitas instrumen uji kinerja motor bakar. Dengan mengetahui unjuk kerja motor bakar stationer secara tepat terutama dengan dapat melihat secara langsung kurva unjuk kerja motor tersebut maka penerapan dan penggunaan engine tersebut akan lebih optimal.

Di dalam proses produksi motor bakar stationer melalui beberapa tahapan, mulai dari riset dan desain, pemilihan bahan, pengerjaan komponen, perakitan motor diesel dan pengujian motor diesel yang meliputi running test sampai pengujian unjuk kerjanya.

Seiring dengan kemajuan teknologi dan berkembangnya penggunaan motor diesel di berbagai sektor maka efisiensi penggunaan energi yaitu bahan bakar yang digunakan sangat penting. Seperti diketahui mulai tahun 2000 program kebijakan pengurangan subsidi BBM telah membawa dampak terjadinya kenaikan bahan bakar.

Tujuan

- a. Merancang axle dinamometer untuk motor diesel 5 – 10 HP dengan sistem pengereman tekanan udara.
- b. Merancang instrumen dan alat ukur yang dipakai untuk pengukuran axle dinamometer.
- c. Melakukan pengujian sistem kerja axle dinamometer .

PERANCANGAN

Metoda desain dan rekayasa axle dynamometer ini merupakan suatu redesaining atau perekayasaan ulang dan instrumen PTO dynamometer traktor roda 4 dengan kemampuan pengukuran daya 20 HP – 30 HP.

Rekayasa sistem pembebanan/pengereman.

Spesifikasi motor diesel yang diuji :	
Daya motor	: 5 – 10 HP/ (3,5 – 7,5 kW)
Putaran	: 1.500 – 2.300 rpm
Torsi poros fly wheel	: 0 – 3 kgf. m / ( 0 – 30 Nm).
Diameter piringan rem (disk brake)	: 25 cm (0,25 m)
Tenaga pengereman	: tenaga angina

Rem yang digunakan dengan sistem piringan besi dengan ukuran diameter 25 cm. Piringan (disk) tersebut pada bagian tengahnya dipasang poros yang kedua ujungnya disangga oleh bearing (pillow blok). Pada ujung poros disambungkan dengan batang kopel yang dapat dipanjang pendekkan dan untuk menghindari ketidaklurusan dan ketidakrataaan poros engine dengan poros dinamometer di ujung poros dinamometer dipasang universal join.

Perhitungan gaya tekan pada piringan, gaya tekan (F) merupakan hasil bagi torsi (T) dengan panjang lengan atau jari-jari piringan (r). Dengan sistem pengeremen menggunakan empat (4) buah sepatu rem maka gaya tekan pengereman (F) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F = \frac{T}{4.r} \dots\dots\dots (1)$$

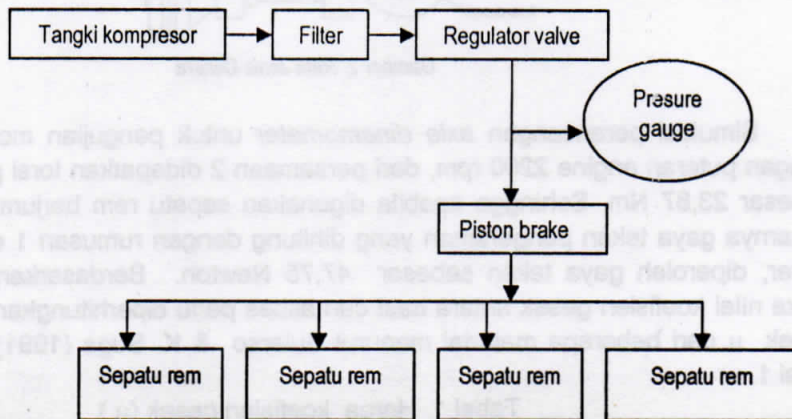
Dimana F = gaya tekan pengereman pada piringan ( N)  
T = torsi pada poros dinamometer ( Nm)

Sedangkan nilai torsi pada poros engine dengan daya tertentu, yang akan dikopelkan dengan axle dinamometer , dihitung menggunakan rumusan berikut :

$$T = \frac{6000.W}{n.2.\pi} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana  
 T = torsi pada poros engine (Nm)  
 W = daya engine yang tertera pada spesifikasi (kW)  
 n = putaran engine (rpm)

Komponen yang digunakan untuk sepatu pengerem yaitu banan serat asbes, sedangkan tenaga pengeremen dengan pneumatik yang berasal dari kompresor. Komproser dengan tangki penampung udara bertekanan maksimum 8 kg/cm<sup>2</sup> ( 800 kPa) digunakan sebagai sumber tenaga pengereman. Pengaliran udara dari tangki sampai ke sepatu rem (*brake pad*) melalui sistem rangkaian berikut sebagai berikut :

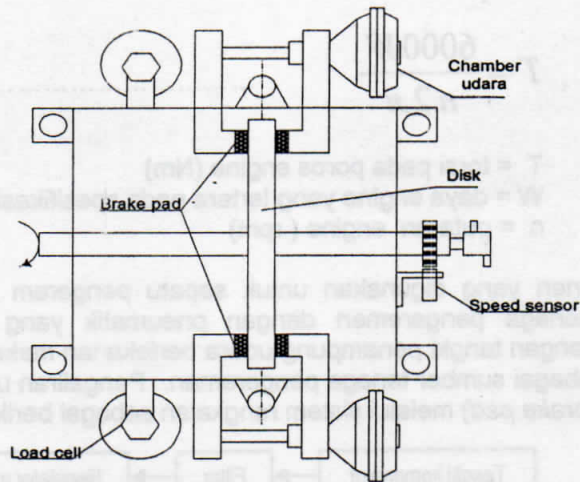


Gambar 1. Skema Pengeremen Axle Dinamometer Menggunakan Tenaga Angin Kompresor.

Menurut Sularso & K. Suga (1991) rem gesekan dapat diklasifikasikan atas beberapa macam yaitu :

- (a). Rem blok , yang dapat dibagi atas rem blok tunggal dan ganda
- (b). Rem drum
- (c). Rem cakera
- (d). Rem pita

Fungsi utama rem adalah menghentikan putaran poros, mengatur putaran poros, dan juga mencegah putaran yang tidak dikehendaki. Efek pengeremen secara mekanis diperoleh dengan gesekan, dan secara listrik dengan serbuk magnit, arus pusar, fasa yang dibalik, arus searah yang dibalik atau penukaran kutup. Jenis rem yang dirancang adalah jenis rem cakera atau piringan. Rem cakera terdiri atas sebuah cakera atau piringan yang dijepit oleh lapisan rem dari kedua sisinya pada waktu pengereman seperti pada gambar 2, rem ini mempunyai sifat-sifat yang baik seperti mudah dikendalikan, pengeremen yang stabil, radiasi panas yang baik.



Gambar 2. Rem Jenis Cakera

Simulasi perancangan *axle dinamometer* untuk pengujian motor diesel 5,5 kW dengan putaran engine 2200 rpm, dari persamaan 2 didapatkan torsi pada poros engine sebesar 23,87 Nm. Sehingga apabila digunakan sepatu rem berjumlah 4 buah, maka besarnya gaya tekan pengereman yang dihitung dengan rumusan 1 dan nilai  $r = 0,125$  meter, diperoleh gaya tekan sebesar 47,75 Newton. Berdasarkan hukum gesekan, maka nilai koefisien gesek antara besi dan asbes perlu diperhitungkan. Harga koefisien gesek  $\mu$  dari beberapa material menurut Sularso & K. Suga (1991) diberikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Harga koefisien gesek ( $\mu$ )

Bahan permukaan kontak	$\mu$	
	Kering	dilumasi
Besi cor dan besi cor	0,10 - 0,20	0,08 - 0,12
Besi cor dan perunggu	0,10 - 0,20	0,10 - 0,20
<b>Besi cor dan asbes (ditenun)**)</b>	<b>0,35 - 0,65</b>	-
Besi cor dan serat	0,05 - 0,10	0,05 - 0,10
Besi cor dan kayu	-	0,10- 0,03

Nilai koefisien gesek diambil sebesar 0,5, dengan demikian gaya tekan pada sepatu rem menjadi 47,75 dibagi 0,5 yaitu sebesar 95,5 Newton. Tekanan angin dari kompresor dapat dihitung dengan rumusan berikut :

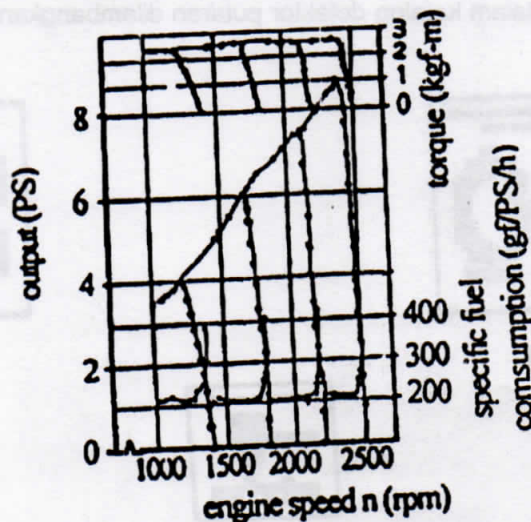
$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana P = tekanan angin (kPa)  
 A = luas penampang sepatu rem (m<sup>2</sup>)

Berdasarkan rumusan diatas dengan ukuran sepatu rem 5 cm x 2 cm ( $0,001 \text{ m}^2$ ) dengan jumlah sepatu 4 buah maka luasan penampang sepatu menjadi  $0,004 \text{ m}^2$ . Tekanan angin yang diperlukan menjadi  $238,75 \text{ kPa}$  atau sebanding dengan  $2,38 \text{ kg/cm}^2$ . Dengan sistem pembebanan tersebut semua komponen dan instrumen yang dirancang dapat dipenuhi dari pasaran lokal.

### Rekayasa Instrumentasi

Rekayasa instrumen merupakan satu bagian yang penting karena dari instrumen inilah dapat dibaca data unjuk kerja engine yang dites menggunakan axle dinamometer. Pada pengukuran unjuk kerja motor bakar atau engine diharapkan dapat menampilkan data-data diantaranya ; putaran engine (rpm), daya engine (kW), torsi engine (Nm), pemakaian bahan bakar spesifik. Menurut Jun Sakai *et. al* (1998), unjuk kerja motor bakar dapat dinyatakan dalam satu grafik unjuk kerja seperti pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Grafik Unjuk Kerja Motor Bakar.

Beberapa instrumen yang digunakan untuk mengukur yaitu :

#### Load cell

Merupakan suatu sensor yang digunakan untuk mendeteksi torsi poros pada axle dinamometer. Bekerjanya sensor ini berdasarkan konversi gaya atau berat menjadi besaran listrik (*small voltage*) dengan *strain gages* sebagai komponen pendeteksi. Gaya yang dideteksi tersebut selanjutnya di kuatkan oleh *amplifier* yang mana amplifier tersebut memiliki sifat linier yang baik. Keluaran dari *strain amplifier* ini dapat ditampilkan dalam bentuk angka digital atau jarum analog atau bentuk grafik (*chart*). Sedangkan

dalam hubungannya dengan akuisisi data atau otomatisasi dapat diambil keluaran tegangan atau arus untuk dihubungkan dengan komputer lewat perantara ADC-DAC. Spesifikasi dari *load cell* ini disesuaikan dengan torsi dari engine yang akan diuji dan konstruksi panjang lengan dari dinamometer. Seperti pada simulasi hitungan torsi poros engine dengan rumusan 2, diperoleh torsi engine **23,9 Nm (2,39 kgf.m)** apabila diketahui panjang lengan **0,25 cm** maka gaya tekan pada *load cell* merupakan hasil bagi torsi dengan panjang lengan, yaitu sebesar **9,56 kgf**. Dari buku katalog *load cell* dipilih tipe *load cell* LC-F dengan kapasitas gaya tekan maksimum **50 kgf**.

### Sensor putaran

Putaran dari poros engine berkisar dari 0 – 2500 rpm, untuk mengukur putaran tersebut dapat digunakan tipe magnetik detektor atau optikal detektor yang keduanya termasuk katagori non kontak. Jenis magnetik detektor menggunakan komponen gear gear. Jenis detektor ini memiliki keunggulan dapat bekerja tanpa dipengaruhi gangguan debu dan minyak sissa serta kotoran, hal inilah yang menjadi alasan mengapa dipilihnya tipe detektor ini. Didalam katalog detektor putaran dilambangkan seperti pada gambar 4 dibawah ini.



a.

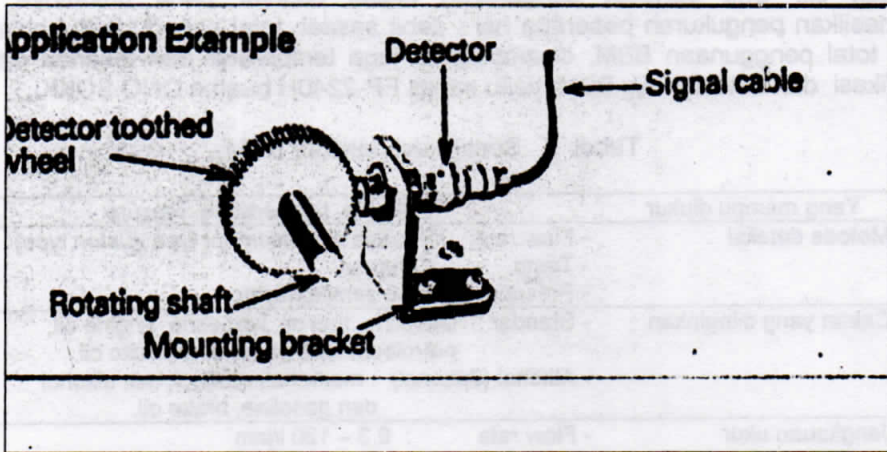


b.

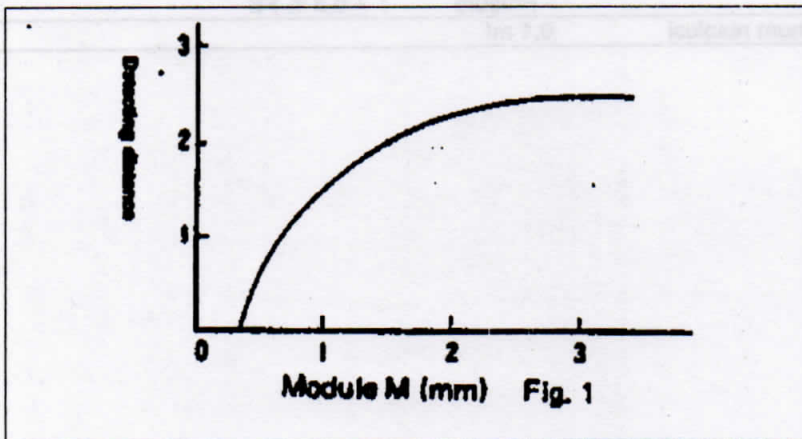


Gambar 4. a. Magnetik detektor b. Optikal detektor

Skema pemasangan detektor putaran tipe magnetik dan jarak atau gap antara gear dan detektor sesuai dengan modulus gear yang dipakai ditampilkan dalam gambar 5 dibawah ini.



a



b

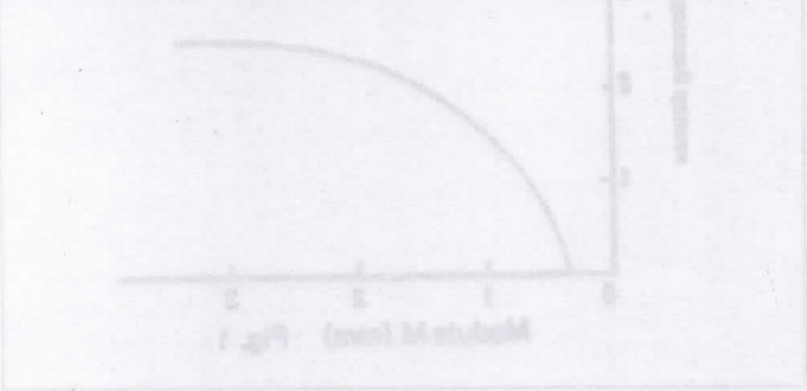
Gambar 5. a. Skema pemasangan detektor b. Gap detektor

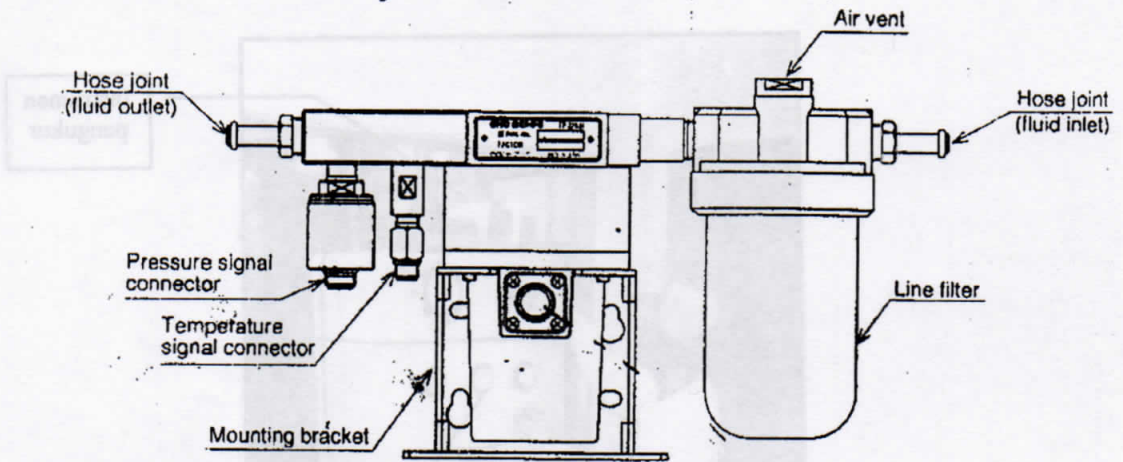
Sensor pengukuran kebutuhan bahan bakar

Sensor pengukuran bahan bakar ini sebenarnya diluar rancangan disain axle dinamometer. Tetapi keberadaan sensor ini diperlukan pada waktu dilakukan perhitungan, analisa dan penggambaran grafik unjuk kerja motor diesel yang diuji dengan peralatan axle dinamometer. Tipe instrumen yang dipakai yaitu *positive displacement* yang dikombinasikan dengan unit penguat berupa *digital counter*, sehingga dapat mengukur dengan akurat laju penggunaan bahan bakar seperti *gasoline*, *kerosine* dan *ligh oil*. Unit penguat pengukuran digital counter pada umumnya mampu menghasilkan pengukuran beberapa hal ; debit sesaat; total penggunaan bahan bakar, waktu total penggunaan BBM, disamping itu juga temperatur dan tekanan dari BBM. Spesifikasi dari detektor laju BBM, yaitu series FP-2240H buatan ONO SOKKI.

Tabel 2. Spesifikasi detektor BBM

Yang mampu diukur	Flow rate, temperature, presure
Motode deteksi	- Flow rate : Positive displacement type (piston type) - Temp : Tahanan - Presuure : Tipe semikonduktor
Cairan yang diinginkan	- Standar : Gasoline, fuel oil, keresene, engine oil, petroleum type general hydraulic oil. - Alkohol (Optional) : methanol, ethanol, mix alkohol dan gasoline, brake oil.
Jangkauan ukur	- Flow rate : 0,3 – 120 l/jam - Temperatur : 0 – 99,9 °C - Pressure : 0 – 980 kPa.
Ketepatan (akurasi)	- Flow rate : ± 0,2 % - Temperatur : klas B - Presure : ± 0,5 % FS
Minimum resolusi	0,1 ml

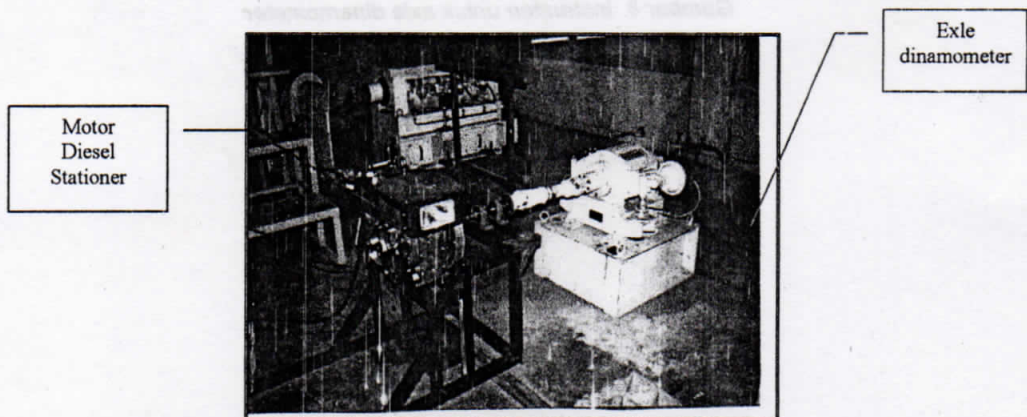




Gambar 6. Gambar detektor BBM

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Rancangan Axle Dinamometer



Gambar 7. Exle dinamometer hasil rekayasa

Hasil Unjuk Kerja Kinerja Motor Diesel

Tabel. 3. Data unjuk kerja motor diesel stationer.

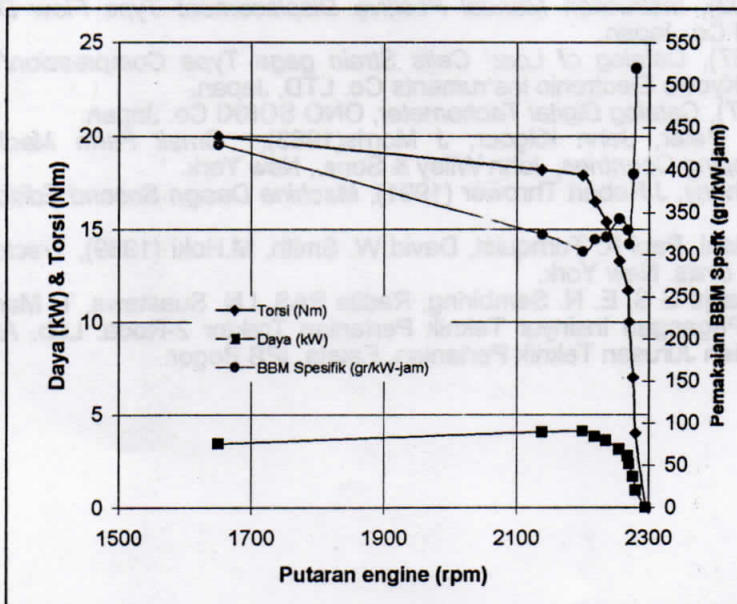
HASIL PENGUKURAN UNJUK KERJA POROS DIESEL  
DENGAN BAHAN BAKAR SOLAR

Tanggal uji : 10 September 2003  
 Tempat uji : Laboratorium Pengujian Traktor BBPMP, Serpong  
 Merek diesel : Yanmar TF 55 N  
 Putaran awal diesel : 2295 rpm  
 Diesel Penggerak : Daya rata-rata 3.36 kW (4.5 HP) / 2200 rpm  
 Daya maksimum 4.15 kW (5.5 HP) / 2200 rpm

No.	Axle Torque (Nm)	Revolution Engine (rpm)	Power Axle		Fuel Consumption			Temperature (Celcius Degree)			
			HP	kW	cc/sec	g/HP-jam	g/kW-jam	Engine Oil	Fuel	Air Intake	Ambient
1	0	2295	0,00	0,00	0,111	n.a.	n.a.	80,1	26,5	28	28,4
2	4	2280	1,27	0,96	0,167	392,43	519,97	80,1	26,5	28,1	28,5
3	7	2276	2,21	1,67	0,222	298,62	395,67	80,2	26,5	28,1	28,5
4	10	2270	3,15	2,38	0,250	236,02	312,73	80,5	26,5	28,2	28,6
5	11,7	2268	3,68	2,78	0,308	248,75	329,59	81	26,5	28,2	28,6
6	13,3	2255	4,16	3,14	0,362	258,67	342,74	81,2	26,5	28,2	28,6
7	15,4	2235	4,78	3,60	0,389	242,21	320,93	81,4	26,5	28,2	28,8
8	16,5	2218	5,08	3,83	0,410	240,09	318,12	81,7	26,5	28,2	28,9
9	17,9	2200	5,46	4,12	0,421	229,11	303,57	82,7	26,5	28,3	29
10	18,2	2138	5,40	4,07	0,444	244,54	324,01	83,1	26,6	28,3	29,1
11	20	1650	4,58	3,46	0,500	324,71	430,24	83,2	26,6	28,3	29,1

Eff = 99,35 %

Grafik Daya Poros Diesel, Kebutuhan Bahan Bakar Spesifik, dan Torsi Diesel Yanmar TF 55



Gambar 8. Grafik unjuk kerja motor diesel stationer.

Konstruksi axle dinamometer seperti terlihat pada gambar 6 dan 7 yang merupakan hasil modifikasi peralatan dan instrumen untuk pengukuran unjuk kerja poros PTO traktor 4 roda 20 – 30 HP. Pemakaian axle dinamometer untuk melakukan pengujian unjuk kerja motor diesel stationer 5,5 HP secara umum telah dapat menghasilkan data-data unjuk kerja, seperti terlihat pada Tabel 3. Selanjutnya data tersebut digambarkan menjadi bentuk grafik yang dinamakan kurva unjuk kerja motor diesel.

Dari gambar 6 terlihat konstruksi pemasangan atau sistem penyambungan (transmisi) antara engine dengan axle dinamometer menggunakan teleskopik cross joint, sehingga ketidaklurusan antara engine dan alat ukur dapat diatasi. Pada engine stationer juga dirancang kopel khusus yang didisain untuk menggantikan puley yang semula terpasang pada flywheel engine. Dengan kopel tersebut akan penyambungan dengan teleskopik cross join menjadi lebih mudah.

Hal-hal perlu disempurnakan dari seluruh peralatan yang telah didesain diatas adalah; perancangan dan pemilihan *load-cell* sebagai instrumen pengukur torsi. Engine tipe stationer memiliki getaran yang cukup tinggi sehingga memberikan dampak getaran pada load cell dan hal ini berpengaruh terhadap hasil pembacaan pada digital display. Hasil pembacaan yang berfluktuatif sangat berpengaruh terhadap data unjuk kerja motor bakar .

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2002), *Instruction Manual Positive Displacement Type Flow Detector*, ONO SOKKI Co. Japan.
- Anonim (1987), *Catalog of Load Cells Strain gage Type Compression/Tension Load Cells*, Kyowa Electronic Instruments Co. LTD, Japan.
- Anonim (1987), *Catalog Digital Tachometer*, ONO SOKKI Co. Japan.
- Crossley C. Peter, John Kilgour, J Morris(1983), *Small Farm Mechanization for Developing Countries*, John Wiley & Sons., New York.
- Esposito Anthony, J.Robert Thrower (1991), *Machine Design Second Edition*, Albnry New York.
- John B Liljedahl, Paul K. Turnquist, David W. Smith, M.Hoki (1989), *Tractors and Their Power Units*. New York.
- Sakai Jun, Radja G S, E. N. Sembiring, Radite PAS, I.N. Suastawa, T. Mandang (1998), *Buku Pegangan Insinyur Teknik Pertanian Traktor 2-Roda*. Lab. Alsin Budidaya Pertanian Jurusan Teknik Pertanian, Fateta, IPB Bogor.