

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM AKUISISI DATA DINAMOMETER SASIS SEPEDA MOTOR BERBASIS LABVIEW SERTA PENGUJIAANYA PADA SEPEDA MOTOR HONDA BEAT FI 110 CC

Felix Liphwan Munthe¹, Nazaruddin Sinaga², Bambang Yuniyanto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: felixliphwanmunthe@gmail.com

Abstrak

Perawatan sepeda motor untuk menjaga performa mesin motor tetap optimal, seperti servis, *cleaning*, dan *tune up*. Proses tersebut tidak dapat dinyatakan dalam bentuk data, karena tidak bisa dilihat secara *rill* dan tidak ada parameter sebagai tolak ukur seperti torsi, daya dan *fuel consumption* maka dibutuhkan suatu alat ukur dinamometer. Perancangan dan pembuatan sistm akuisisi data pada penelitian ini, bertujuan untuk melakukan pengolahan, visualisasi, dan penyimpanan data pengukuran secara *realtime*. Penelitian ini menggunakan *software* Labview 2019 sebagai *interface* dan NI-USB 6212 sebagai *hardware*. Penelitian ini menggunakan metode *wide open throttle* pada pengujian dinamometer inersia absorpsi, dan dilakukan pengujian pengukuran *fuel consumption*. Hasil dari penelitian mendapatkan nilai ketidakpastian pengukuran yang telah dihasilkan pada masing – masing sensor sebagai alat ukur yaitu gaya $\delta_F = \bar{F} \pm 0,99\%$, rpm roller $\delta_{Nr} = \bar{Nr} \pm 1,13\%$, rpm engine $\delta_{Ne} = \bar{Ne} \pm 0,75\%$, *fuel consumption* $\delta_{FC} = \bar{Fc} \pm 2,45\%$. Karakteristik dinamometer inersia memiliki ketidakpastian pengukuran yaitu torsi $\delta_{Te} = Te \pm 1,64\%$ dan daya $\delta_{Pe} = Pe \pm 1,46\%$. Karakteristik dinamometer absorpsi memiliki ketidakpastian pengukuran yaitu torsi $\delta_{Te} = Te \pm 1,68\%$ dan daya $\delta_{Pe} = Pe \pm 1,68\%$. Dan karakteristik pengujian *fuel consumption* memiliki ketidakpastian pengukuran yaitu *bsfc* $\delta_{BSFC} = BSFC \pm 2,87\%$.

Kata kunci: data akuisisi; daya; dinamometer; labview; torsi

Abstract

*Motorcycle maintenance to maintain optimal engine performance, such as servicing, cleaning, and tune-up. The process cannot be expressed in the form of data, because it cannot be seen in real terms and there are no parameters as benchmarks such as torque, power, and fuel consumption, so a dynamometer measuring instrument is needed. The design and manufacture of the data acquisition system in this study aimed to perform processing, visualization, and storage of measurement data in real-time. This study uses the Labview 2019 software as an interface and NI-USB 6212 as hardware. This study used the wide-open throttle method and the absorption inertia dynamometer and tested the fuel consumption measurement. The results of the study get the measurement uncertainty values that have been generated on each sensor as a measuring tool, namely, force $F = \bar{F} \pm 0.99\%$, roller rpm $Nr = \bar{Nr} \pm 1.13\%$, engine rpm $Ne = \bar{Ne} \pm 0.75\%$, fuel consumption $FC = \bar{Fc} \pm 2.45\%$. The characteristics of inertial dynamometers have measurement uncertainty, namely torque $Te = Te \pm 1.64\%$ and power $Pe = Pe \pm 1.46\%$. The characteristics of the absorption dynamometer have measurement uncertainty, namely torque $Te = Te \pm 1.68\%$ and power $Pe = Pe \pm 1.68\%$. And the characteristics of the fuel consumption test have measurement uncertainty, namely *bsfc* $BSFC = BSFC \pm 2.87\%$.*

Keywords: data acquisition; dynamometer, labview, power; torque,

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penggunaan sepeda motor di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan pesat. Hal tersebut dikarenakan sepeda motor merupakan salah satu mesin mobilitas yang banyak digunakan oleh masyarakat dan juga sepeda motor sangat praktis untuk digunakan selain harga yang terjangkau dibandingkan kendaraan motor lainnya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia mencatat, jumlah sepeda motor yang masih beroperasi di seluruh Indonesia pada 2018 mencapai 106.657.952 unit, dan mengalami peningkatan pada tahun 2019 mencapai 112.771.136 unit dan pada tahun 2020 mencapai 115.023.039 unit [1].

Oleh karena itu, dibutuhkan perawatan untuk menjaga performa motor tetap optimal seperti servis ringan, *cleaning*, dan *tune up*. Namun proses tersebut tidak dapat dinyatakan dalam bentuk data karena tidak didukung oleh parameter – parameter yang jelas sebagai tolak ukur maka dibutuhkan pengukuran. Parameter sebagai performa suatu mesin dapat dilihat berdasarkan torsi, daya, dan *spesfic fuel consumption* yang dihasilkan oleh mesin tersebut [2]. Semakin besar dan torsi yang mampu dihasilkan mesin, maka performa mesin tersebut akan semakin baik. Namun berbanding terbalik dengan

besaran *sfc*, dimana semakin besar *sfc* maka performa mesin tersebut akan semakin buruk [3]. Untuk mendapatkan pengukuran dengan tepat, maka dibutuhkan sebuah alat ukur yaitu dinamometer.

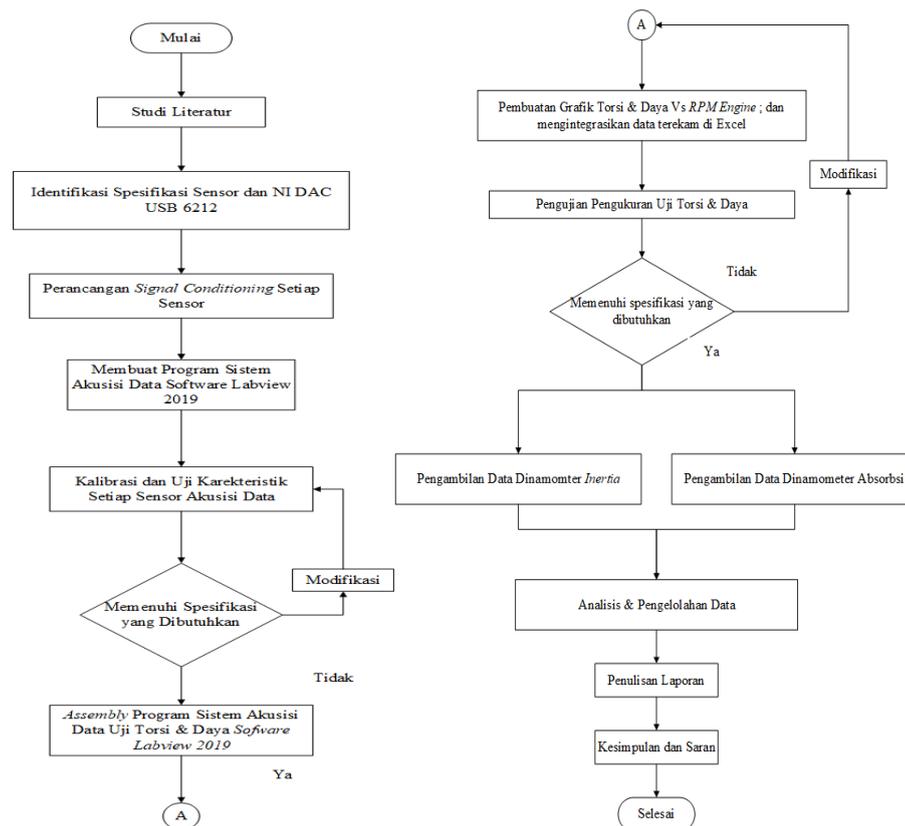
Dinamometer merupakan alat yang mengukur torsi, gaya atau daya yang berasal dari poros berputar, dinamometer merupakan alat yang diciptakan untuk mengukur torsi dan power maksimal yang didapatkan pada RPM tertentu [4]. Selain mengetahui Selain mengetahui nilai torsi dan daya, penelitian ini juga mengukur nilai konsumsi bahan bakar dari sebuah sepeda motor. Hal ini dikarenakan penggunaan konsumsi bahan bakar menjadi parameter keiritan pada sebuah sepeda motor. Untuk mendapatkan nilai akurat, pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan menggunakan dinamometer agar mendapatkan nilai rpm *engine* yang stasioner dengan variasi rpm *engine* sehingga mengetahui nilai keiritan bahan bakar pada rpm *engine* tertentu. Berdasarkan metode pengukurannya, dinamometer dibedakan menjadi 2 yakni, *Engine Dynamometer (ED)* dan *Chassis Dynamometer (CD)*. Pada metode ED, pengukuran dilakukan dengan menghubungkan langsung poros penggerak utama biasanya disebut *engine* dengan poros dari ED, sedangkan CD pengukuran dilakukan poros pada CD dikopel dengan poros *engine* dengan menggunakan *drive roller* dimana daya dialirkan oleh kendaraan uji [5].

Kemajuan teknologi, alat pengukuran pun mulai mengalami perubahan konsep pengukuran yaitu sistem akuisisi data. Sistem akuisisi data adalah sistem instrumentasi elektronik yang terdiri dari beberapa elemen yaitu, perangkat keras, perangkat lunak, *wiring*, dan sensor. Elemen – elemen tersebut bertujuan untuk merekam, mengukur dan mengolah hasil pengukuran. Sistem akuisisi data memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan pengukuran secara konvensional pada saat ini dikarenakan dipengaruhi beberapa faktor yaitu dapat melakukan pengukuran dan penyimpanan secara akurat, visualisasi, dan *realtime* [6].

2. Metode Penelitian

2.1 Diagram Alir Penelitian

Metodologi penelitian yang diterapkan dalam melakukan perancangan sistem akuisisi data pada dinamometer sasis sepeda motor dapat diuraikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.2 Metode Pengujian

Pada penelitian ini, terdapat 3 metode pengujian yakni pengujian dinamometer sasis inersia, dinamometer absorpsi, dan pengujian konsumsi bahan bakar. Untuk masing – masing pengujian, dijelaskan dibawah ini :

a. Pengujian dinamometer inersia dan absorpsi

Metode pengujian dinamometer sasis baik inersia maupun absorpsi menggunakan metode *swep test*. *Swep test* merupakan pengujian dimana mesin diuji dengan beban konstan, kemudian putaran rpm *engine* dinaikkan hingga mencapai putaran tertinggi atau yang diinginkan. Dinamometer sistem absorpsi dan inersia dapat menggunakan metode tersebut.

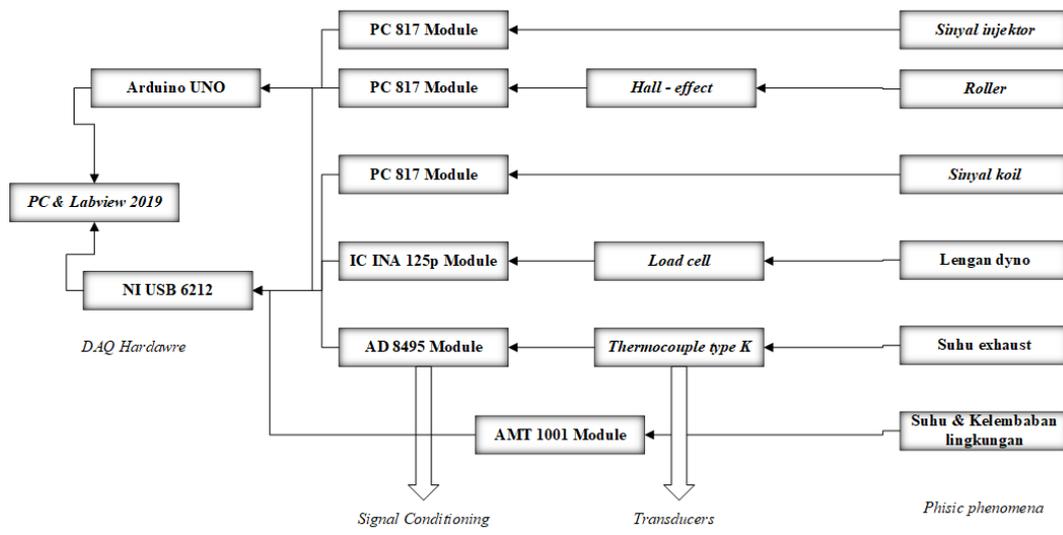
Pada penelitian ini pengujian dilakukan pada kondisi WOT (*wide open throttle*) [7].

b. Pengujian *fuel consumption*

Pengujian konsumsi bahan bakar mengguakan sepeda motor Honda Bear Fi 110 cc, dengan menggunakan dinamometer *eddy current* sebagai pengereman agar mencapai rpm *engine* yang stasioner. Dan pengujian memvariasiakan rasio *throttle position* (tps) agar mendapatkan nilai *specific consumption* pada putaran *engine* tertentu.

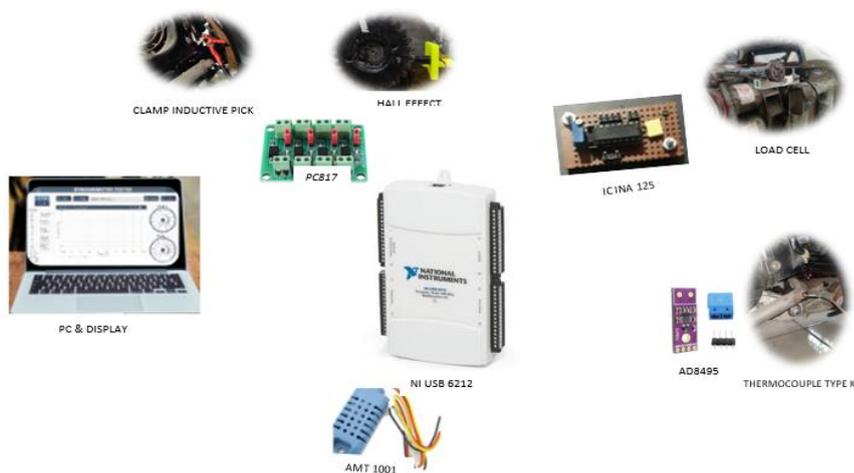
2.3 Rangkaian Sistem Akusisi Data

Akusisi data yang digunakan disusun menggunakan komponen utama berupa perangkat akusisi data yaitu NI USB 6212 serta berbagai modul yang digunakan yang berfungsi sebagai pengkondisian sinyal sesuai dengan kebutuhan sensor – sensor yang digunakan. Berikut blok diagram yang dapat menjelaskan secara jelas untuk rangakaian sistem akusisi data pada dinamometer dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok sistem akusisi data

Komponen – komponen penyusun dari data akusisi yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3. Untuk mengukur gaya menggunakan sensor *load cell* dimana membutuhkan pengkondisian sinyal yakni op-amplifier yaitu ic ina 125p untuk mengubah orde mv menjadi volt dari keluaran *loadcell*. *Amplifier* merupakan komponen yang dapat mengubah suatu sinyal dari suatu level tertentu ke suatu sinyal dengan level yang berbeda, dimana sinyal tersebut bisa berupa sinyal tegangan atau arus [8]. Dan pada sensor yang memiliki tipe pulsa yaitu sensor rpm *roller*, rpm *engine*, dan sensor konsumsi bahan bakar menggunakan pengkondisian sinyal *filtering* sebagai mengosilasi tegangan input sebelum tegangan output. *Filtering* merupakan jenis elemen pengkondisian sinyal yang berfungsi untuk menghilangkan pita frekuensi tertentu di sinyal dan mengizinkan yang lain untuk di transmisikan. Pada rentang frekuensi yang dilewatkan filter dikenal sebagai *pass-band* sedangkan rentang frekuensi yang tidak dilewatkan dikenal sebagai *stop-band*. Dan batas antara berhenti dan lewat sebagai frekuensi *cut-off* [9].



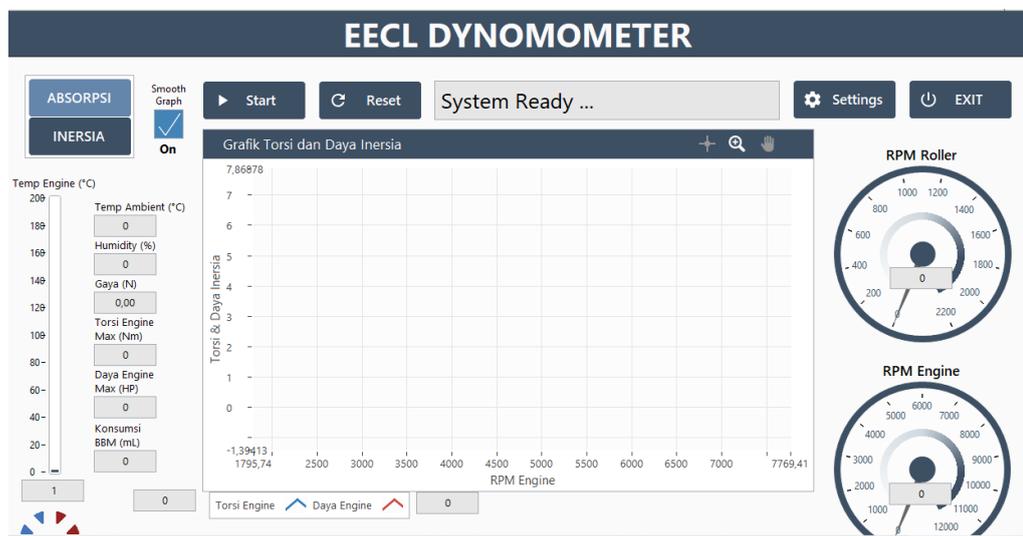
Gambar 3. Komponen penyusun sistem akusisi data

yaitu *optocoupler* pc 817 yang berfungsi sebagai pemisah antara 2 rangkaian atau lebih yang memiliki sumber tegangan berbeda, dimana bagian rangkaian setelah *transmitter* berfungsi sebagai pengaman. Pada penelitian menggunakan NI USB 6212 yang dapat menerima tegangan maksimal 10 VDC, maka untuk besaran tegangan yang diamankan berada pada rentang 4 – 5 VDC.

3. Hasil dan pembahasan

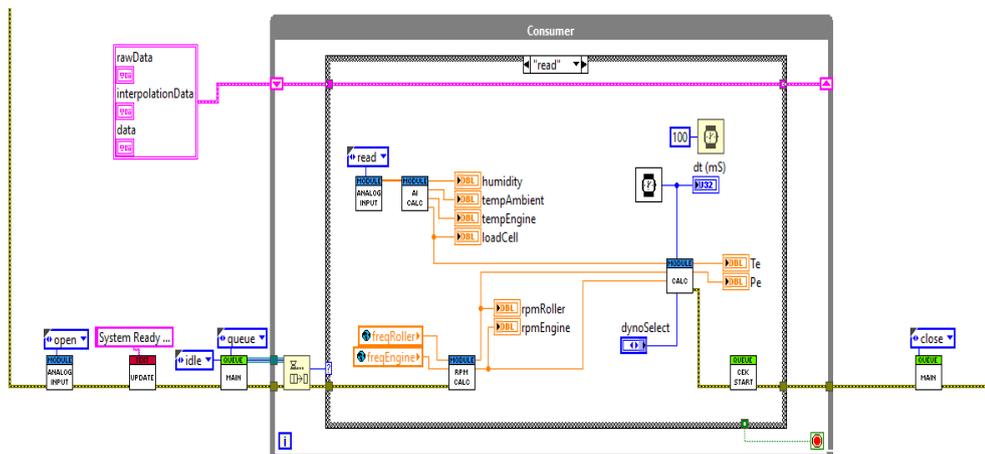
3.1 Hasil Perancangan

Sistem akusisi data yang dibuat meliputi sistem akusisi data torsi, daya, rpm roller dan rpm mesin. Pembuatan sistem akusisi data menggunakan pemrograman Labview dengan mode unit pemrograman *daq mx*. Dan arsitektur pemrograman *state machine*. Hasil dari pembuatan sistem akusisi data dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai *graphic user interface*. Pada bagian sisi kiri dan kanan terdapat tampilan icon dari variabel – variabel yang terukur. Tampilan dinyatakan dengan dua tipe yaitu tampilan berupa nilai digital dan analog yang mana kedua – duanya terintergrasi dengan tampilan grafik yang berada pada bagian sebelah kanan. Pada bagian kiri tampilan sistem akusisi data terdapat beberapa tombol pengoperasian seperti tombol pilihan untuk melakukan uji dinamometer secara absorpsi dan inersia. Dan ada juga tombol start untuk memulai pengujian, dan tombol reset ketika selesai melakukan pengujian. Dan tombol settings untuk memasukkan nilai yang dapat diubah seperti massa roll, lengan dyno, kalibrasi *load cell*, efisiensi transmisi hal ini agar memudahkan untuk melakukan perubahan pergantian konstanta dalam perhitungan secara matematis. Pembacaan nilai yang terukur akan ditampilkan dalam satuan yang sesuai. Pada sistem akusisi yang telah dibuat untuk torsi dinyatakan dengan N.m, daya dalam bentuk HP, serta rpm dalam satuan rotasi per menit.



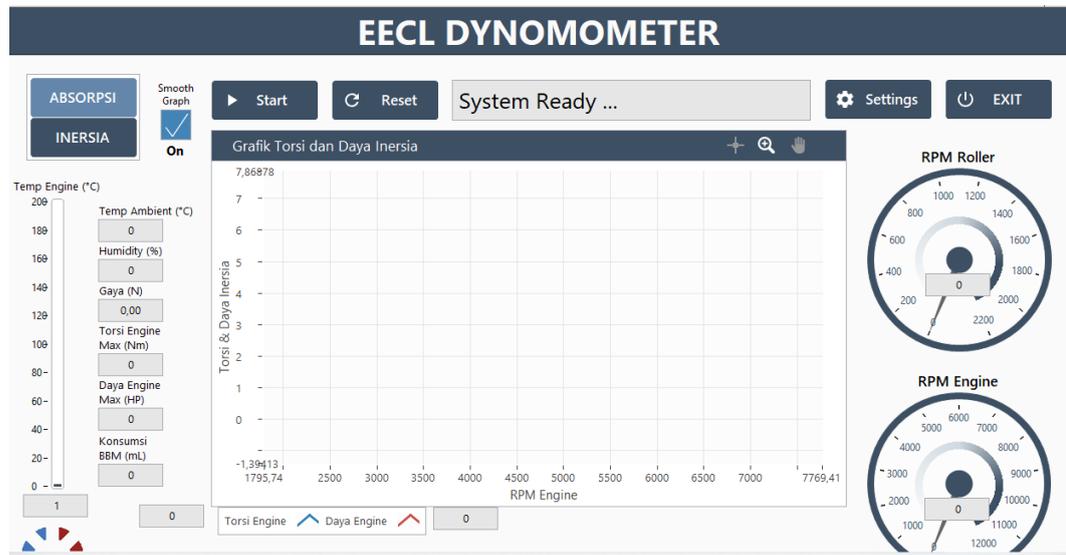
Gambar 4. Hasil tampilan *graphic user interface*

Terdapat bagian – bagian dalam melakukan pemrograman labview yaitu *block diagram* dan *front panel*. *Block diagram* menggambarkan dasar yang berfungsi untuk melakukan pembuatan *source code* dengan mode unit *daq mx*. Berikut dibawah ini Gambar 5 menunjukkan *block diagram* Labview dengan berisikan modul yang telah dibuat.



Gambar 5. Block diagram *software labview* 2019

Front panel Labview merupakan bagian yang memiliki berfungsi sebagai media interaksi dengan menampilkan data hasil pengukuran kepada *user*. Hasil pemrograman pada *block diagram* yang telah dibuat secara langsung akan terkoneksi dan terintegrasi dengan *front panel*. Gambar 6 menunjukkan *front panel* Labview yang dibuat.



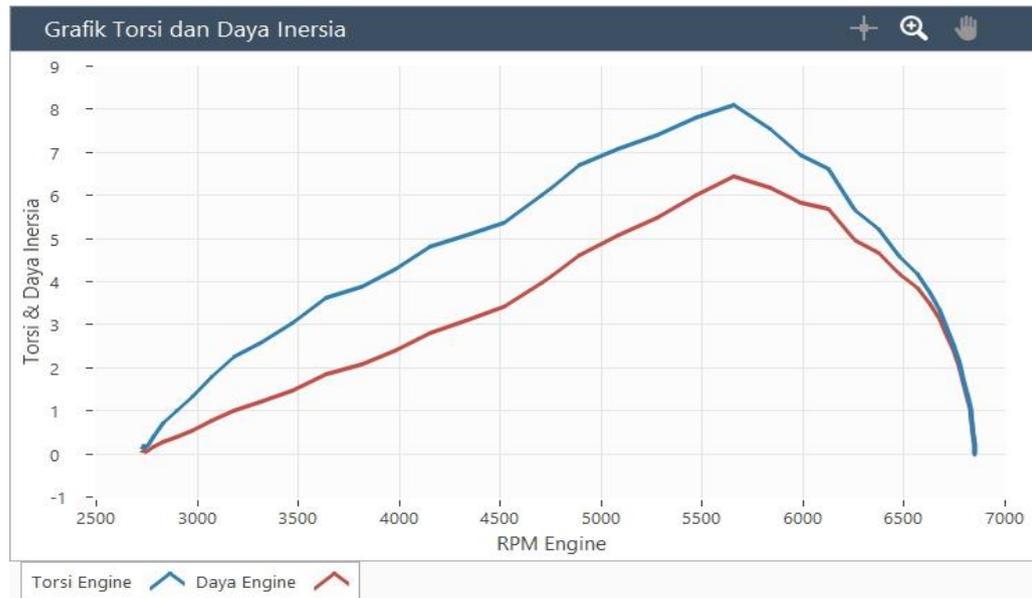
Gambar 6. *Front panel* labview

3.2 Hasil dan Analisis Pengujian Torsi dan Daya Dinamometer Inersia

Hasil pengukuran Beat Fi 110 cc pada dinamometer inersia, nilai torsi maksimum yaitu 8,11 Nm pada putaran *engine* 5657 rpm dan daya maksimum yaitu 6,44 HP pada putaran *engine* 5835 rpm.

Tabel 1. Hasil pengujian torsi dan daya dinamometer inersia Honda Beat Fi 110 cc

RPM Engine (rpm)	Torsi Engine (Nm)	Daya Engine (HP)	Temp. Exhaust (°C)	Temp. Ambient (°C)	Humidity (%)	RPM Roller (rpm)
2743,57	0,20	0,08	164,65	32,30	65,22	288,55
2864,38	0,86	0,35	168,10	32,30	65,22	342,46
2978,58	1,32	0,55	171,18	32,30	65,20	387,62
3259,38	2,41	1,11	172,66	32,30	65,23	505,08
3812,88	3,94	2,11	174,79	32,30	65,22	719,35
4245,77	4,94	2,95	175,72	32,30	65,26	902,68
4516,80	5,37	3,41	175,83	32,30	65,29	1020,25
4797,77	6,36	4,29	176,06	32,30	65,32	1146,76
5181,88	7,24	5,27	176,50	32,30	65,31	1329,41
5471,26	7,82	6,00	176,57	32,30	65,25	1470,64
5657,22	8,11	6,44	176,77	32,30	65,27	1564,50
5910,90	7,24	6,01	176,89	32,30	65,28	1691,75
6308,03	5,52	4,87	177,24	32,30	65,30	1893,44
6562,82	4,18	3,85	177,95	32,30	65,30	2020,63
6651,51	3,54	3,30	178,10	32,30	65,33	2077,42
6755,41	2,32	2,20	178,59	32,30	65,40	2161,10
6834,28	0,77	0,74	187,63	32,26	65,40	2222,12



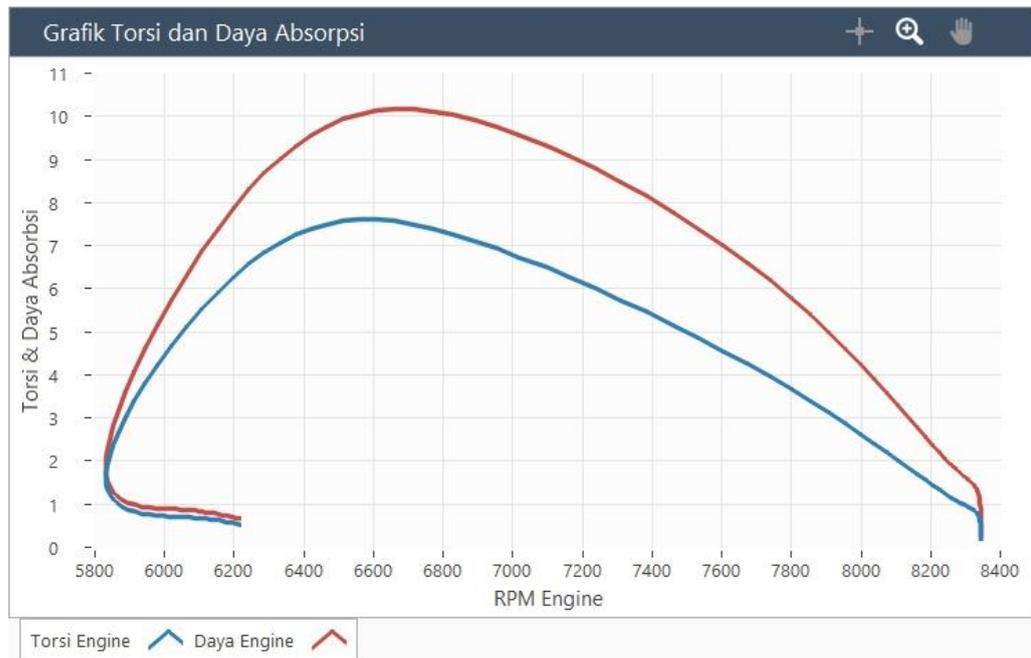
Gambar 7. Grafik torsi dan daya dinamometer inersia terhadap putaran *engine* bear 110 cc

3.3 Hasil dan Analisis Pengujian Torsi dan Daya Dinamometer Absorbsi

Hasil pengukuran Beat Fi 110 cc pada dinamometer absorbs, nilai torsi maksimum yaitu 7,58 Nm pada putaran *engine* 6635 rpm dan daya maksimum yaitu 9,97 HP pada putaran *engine* 6858 rpm.

Tabel 2. Hasil pengujian torsi dan daya dinamometer absorbsi beat 115 cc

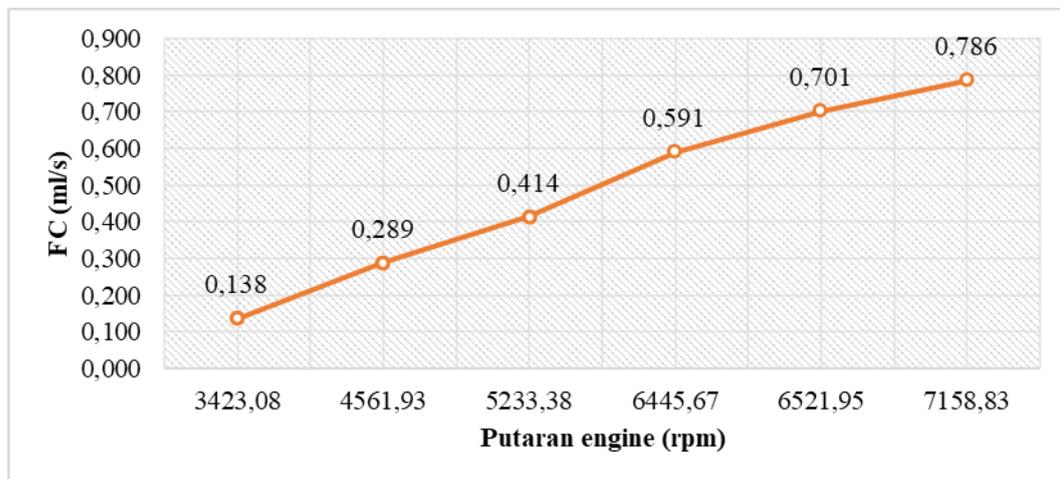
Rpm engine (rpm)	Torsi engine (Nm)	Daya engine (HP)	Temp. engine (°C)	Temp. ambient (°C)	Humidity (%)	Rpm roller (rpm)	Gaya (N)
8336,56	0,58	0,98	183,91	29,81	84,25	2202,65	16,66
8253,83	1,18	1,96	191,61	29,86	87,62	2198,56	31,86
8145,40	1,78	2,92	195,78	29,86	88,50	2198,56	49,81
8055,55	2,30	3,75	199,66	29,84	88,76	2198,56	64,35
7954,31	2,87	4,62	202,15	29,82	88,95	2198,56	80,68
7856,12	3,39	5,39	203,25	29,81	89,08	2198,56	94,13
7768,93	3,81	5,99	206,86	29,81	89,14	2198,56	102,95
7639,09	4,40	6,80	210,60	29,81	89,14	2198,56	113,81
7496,87	5,01	7,59	213,24	29,81	89,14	2198,56	126,40
7347,91	5,60	8,31	214,96	29,81	89,12	2198,56	136,35
7235,40	6,14	8,94	217,81	29,81	89,06	2198,78	146,44
7054,82	6,62	9,45	218,75	29,81	88,90	2194,03	158,08
6953,14	6,93	9,75	219,06	29,81	88,78	2179,68	166,34
6858,78	7,19	9,97	219,41	29,80	88,63	2151,78	173,89
6742,28	7,45	10,14	220,36	29,81	88,33	2097,95	182,74
6635,58	7,58	10,15	223,26	29,83	88,09	2026,32	189,31
6536,79	7,58	9,99	225,56	29,84	87,91	1937,46	195,19
6443,80	7,45	9,67	228,63	29,86	87,81	1832,79	198,18
6354,13	7,16	9,17	228,84	29,87	87,79	1712,61	197,37
6265,17	6,72	8,50	228,89	29,87	87,85	1576,22	195,69
6107,46	5,51	6,84	232,90	29,85	88,04	1302,29	189,19
5944,89	3,80	4,61	237,48	29,81	88,04	990,84	173,80
5851,47	1,67	1,96	239,39	29,81	87,54	527,04	134,63



Gambar 8. Grafik torsi dan daya dinamometer absorpsi terhadap putaran *engine* bear 110 cc

3.4 Analisis Fuel Consumption Beat 110 cc

Satuan nilai *fuel consumption* atau konsumsi bahan bakar adalah ml/s pada putaran rpm tertentu, yang tersaji pada Gambar 9 dibawah ini. Berdasarkan gambar dibawah ini, dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi putaran rpm *engine* maka semakin besar pula nilai konsumsi bahan bakar yang dibakar pada ruang bahan bakar. Putaran rendah pada 3423 rpm nilai *fuel consumption* sebesar 0,138 ml/s sedangkan putaran penuh pada 7158 rpm nilai *fuel consumption* sebesar 0,786 ml/s. Faktor yang mempengaruhi nilai *fuel consumption* yang dihasilkan adalah waktu injeksi pembakaran atau bukaan injektor pada rpm tertentu, dimana jumlah bahan bakar yang diinjeksikan sebanding dengan waktu injeksi yang dikontrol oleh ECU setelah mendapatkan perintah dari sensor tps. Semakin tinggi putaran rpm *engine* maka semakin lama waktu bukaan injektor, jadi jumlah bahan bakar yang diinjeksikan semakin banyak pula [10].



Gambar 9. Grafik *fuel consumption* terhadap variasi rasio tps

3.5 Analisis Brake Specific Fuel Consumption Beat 110 cc

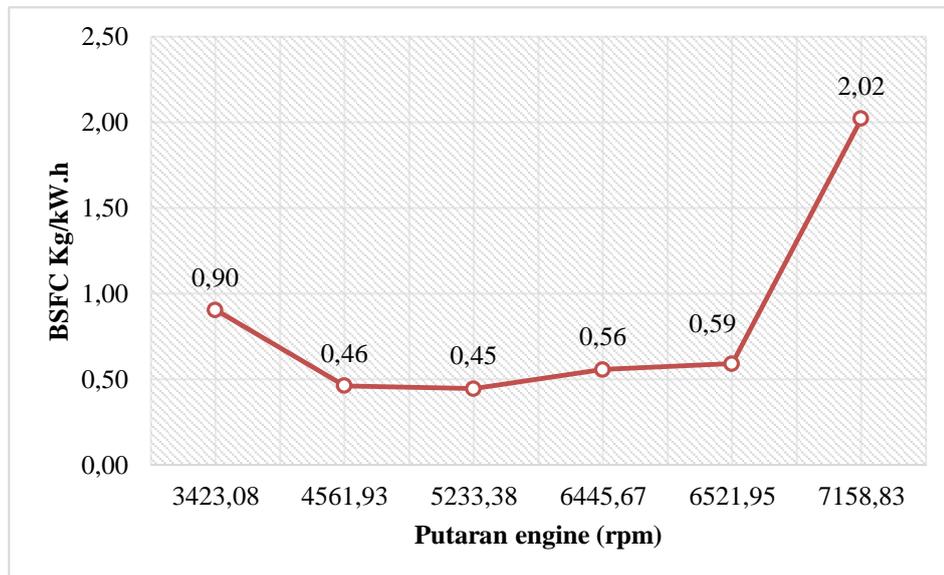
Nilai *brake specific fuel consumption* (bsfc) merupakan perbandingan antara konsumsi bahan bakar yang digunakan dan daya yang dihasilkan. Untuk mengubah satuan menjadi massa bahan bakar per satuan waktu dengan massa jenis bahan bakar bensin sebesar 0,728 g/ml. Dengan menggunakan persamaan dibawah ini, perhitungan bsfc pada pengujian konsumsi bahan bakar dengan rasio tps 33% pada putaran rpm 4561 rpm adalah sebagai berikut :

$$bsfc = \frac{\dot{m}_{bb}}{P} \cdot 3600$$

$$bsfc = \frac{(0,289 \cdot 0,728) \frac{g}{s}}{(2,19 \cdot 0,7457) kW} \cdot 3600$$

$$bsfc = \frac{(0,21 \cdot 10^{-3}) \frac{Kg}{h}}{1,63 kW} \cdot 3600$$

$$bsfc = 0,46 \frac{Kg}{kWh}$$



Gambar 10. Grafik BSFC terhadap variasi rasio tps

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 10, dimana bsfc pada putaran *engine* 5233 rpm dengan rasio tps 50% mendapatkan nilai bsfc paling kecil yaitu 0,46 Kg/Kwh diantara beberapa variasi rasio tps. Semakin kecil nilai bsfc maka suatu mesin akan semakin hemat. Jika dibandingkan pada rasio tps 17% memiliki konsumsi bahan bakar paling kecil yaitu 0,138 ml/s memiliki nilai bsfc lebih besar dibandingkan tps 50% padahal konsumsi bahan bakar yaitu 0,45 ml/s. Hal tersebut dikarenakan, rasio tps 50% menghasilkan daya *engine* yang lebih besar jika dibandingkan dengan rasio tps 17% mengacu pada persamaan untuk menghitung nilai bsfc. Jadi semakin besar nilai daya suatu mesin, maka semakin bagus performa dari suatu mesin tersebut.

3.6 Perhitungan Ketidakpastian Pengukuran Torsi dan Daya dan BSFC

Nilai perhitungan ketidakpastian pengukuran atau *uncertainty* pada torsi dan daya dan *bsfc* menggunakan metode perhitungan *addition in quadrature* yaitu dengan mengakarkan kuadrat jumlah nilai ketidakpastian pengukuran dari parameter atau variabel yang terkait dari torsi, daya, dan *bsfc* untuk persamaan yang digunakan seperti dibawah ini. Hal tersebut dikarenakan, besaran seperti torsi, daya dan *bsfc* merupakan ketidakpastiannya merupakan *independent* dan *random* [11]. Untuk contoh perhitungan, menggunakan nilai dari torsi *engine* pada dinamometer inersia berikut perhitungan yang dilakukan.

$$\delta_q = \sqrt{(\delta x)^2 + (\delta z)^2 + \dots + (\delta n)^2}$$

Untuk contoh perhitungan pada ketidakpastian pengukuran menggunakan metode *addition in quadrature* yaitu menghitung ketidakpastian pengukuran dari torsi *engine* dari dinamometer inersia berikut dibawah ini perhitungan yang dilakukan,

$$T_e = \frac{(T_r \times N_r)}{(N_e \times \eta \text{ transmisi})}$$

$$T_e = \frac{[I \times \alpha] \times N_r}{N_e \times \eta \text{ transmisi}}$$

$$T_e = \frac{[(0,5 \times m \times r \times r) \times \alpha] \times N_r}{N_e \times \eta \text{ transmisi}}$$

Berdasarkan persamaan diatas, maka menggunakan dasar pengukuran ketidakpastian atau *uncertainty* pada seperti pada data dibawah ini. Pada ketidakpastian pengukuran massa, efisiensi transmisi, dan konstanta 0,5 dapat diabaikan atau 0%. Jadi perhitungan yang langsung menggunakan ketidakpastian dari putaran roll, putaran *engine* dan radius roll seperti dibawah ini.

Tabel 3. Ketidak pastian alat ukur

No	Parameter Pengukuran	Ketidakkpastian Pengukuran δ (%)
1	Gaya	$\bar{F} \pm 0,99\%$
2	Putaran roll	$\bar{N}_r \pm 1,13\%$
3	Putaran <i>engine</i>	$\bar{N}_e \pm 0,75\%$
4	Bahan Bakar	$\bar{F}_c \pm 2,45\%$
5	Radius <i>roller</i>	$R \pm 0,65\%$
6	Panjang lengan	$L \pm 0,016$

$$\begin{aligned} \frac{\delta_T}{T} &= \sqrt{\left(\frac{\delta_R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\delta_R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{Nr}}{Nr}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{Ne}}{Ne}\right)^2} \\ &= \sqrt{(0,65\%)^2 + (0,65\%)^2 + (1,21)^2 + (0,96)^2} \\ &= 1,64\% \end{aligned}$$

Jadi untuk ketidakpastian pengukuran pada torsi *engine* pada dinamometer inersia yaitu $\delta T_e = \bar{T}_e \pm 1,64\%$. Untuk pehitungan ketidakpastian daya *engine* pada dinamometer inersia, torsi dan daya dinamometer absorpsi, dan *brake specific fuel consumption* menggunakan metode *addition in quadrature* akan tetapi masing – masing elemen ditentukan oleh persamaan parameter tersebut. Berikut hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Perhitungan ketidakpastian pengukuran

No	Metode Pengujian	Parameter	Ketidakpastian Pengukuran δ (%)
1	Inersia	Torsi	1,64
		Daya	1,46
2	Absorpsi	Torsi	1,68
		Daya	1,5
3	<i>Fuel consumption</i>	BSFC	2,87

4. Kesimpulan

- Perancangan dan pembuatan sistem akuisisi data dinamometer sasis sepeda motor telah dapat mengakuisisi data torsi dan daya secara numerik dan *realtime*. Dengan nilai ketidakpastian pengukuran torsi dan daya pada inersia masing – masing $\delta_{T_e} = T_e \pm 1,64\%$ $\delta_{P_e} = P_e \pm 1,46\%$ dan ketidakpastian pengukuran torsi dan daya pada absorpsi masing – masing $\delta_{T_e} = T_e \pm 1,68\%$ dan $\delta_{P_e} = P_e \pm 1,68\%$.
- Perancangan dan pembuatan sistem akuisisi data pada pengujian *fuel consumption* telah dirancang dan dibuat dan mengakuisisi data nilai *fuel consumption* pada sepeda motor Honda Beat Fi 110 cc. Dengan nilai ketidakpastian pengukuran $\delta_{F_c} = F_c \pm 2,45\%$ dan ketidakpastian pengukuran nilai *brake fuel consumption* $\delta_{BSFC} = BSFC \pm 2,87\%$.

5. Referensi

- Badan Pusat Statistik (BPS). (2020). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2018 – 2020*. Jakarta Pusat; Badan Pusat Statistik
- Pulkrabek, W. W. (1997). *Engineering Fundamentals Of The internal Combustion Engine* New Jersey: Prentice Hall.
- Purba, D.A. (2019). *Kaji Modifikasi Mesin Diesel Tipe R-180 Menjadi Dwi Bahan Bakar Biosolar-LPG Menggunakan Sistem Akuisisi Data Berbasis Arduino*. (Skripsi). Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro, Semarang.
- Supriyo, S. (2012). *Perancangan Dan Pembuatan Dinamometer Arus Eddy Untuk Pengujian Kendaraan Bermotor Kapasitas 130 Kw* (Doctoral Dissertation, Program Pascasarjana Undip).
- Killedar, J. S. (2012). *Dynamometer: Theory And Application To Engine Testing*. Xlibris Corporation.
- Emilio, M. D. P. (2013). *Data Acquisition Systems, From Fundamentals To Applied Design*. Springer.
- Sinaga, N. (2018). Perancangan Dan Pembuatan Data Logger Sederhana Untuk Dinamometer Sasis Sepeda Motor. *Rotasi*, 20(1), 46-55
- Alciatore, D.G., Hstand, M.B. (2012). *Introduction To Mechatronics And Measurement Systems* 4 th Edition. New York,: McGraw-Hill
- Bolton, W. (2015), *Mechatronics : A Multidisciplinary Approach* 6 Pearson Edcation.

-
- [10] Hiticas, I., Marin, D., & Mihon, L. (2013). *Modelling and operational testing of pulse-width modulation at injection time for a spark-ignition engine*. *Tehnički vjesnik*, 20(1), 147-153.
- [11] Taylor, J.R. (1997). *An Introduction To Error Analysis The Study of Uncertainties in Physical Measurements*, University Science Books