

# Optimasi Pengaktifan Motor Penggerak pada Prototipe Sepeda Motor Hibrid untuk Menurunkan Konsumsi Bahan Bakar

Aris Suryadi, Budi Triyono

*Jurusan Teknik Mesin – Politeknik Negeri Bandung*

*Email : aris\_aers@[yahoo.co.id](mailto:aris_aers@yahoo.co.id)*

*Jurusan Teknik Mesin – Politeknik Negeri Bandung*

*Email : [budi77@yahoo.co.id](mailto:budi77@yahoo.co.id)*

## ABSTRAK

Salah satu cara untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak adalah dengan mengefektifkan penggunaannya. Menggabungkan penggunaan motor listrik sebagai penggerak pendamping pada kendaraan dengan penggerak motor bakar merupakan salah satu bentuk usaha meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar minyak. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengoptimalan penggunaan motor bakar dan motor listrik yang digunakan sebagai penggerak pada prototipe sepeda motor hibrid yang telah dibuat pada kegiatan sebelumnya. Optimasi penggunaan motor listrik dengan motor bakar dapat berdasarkan pengaturan pengaktifan penggerak yang digunakan pada sepeda motor hibrid. Motor listrik digunakan pada saat kondisi lalu lintas macet atau kondisi lainnya yang sering mempercepat atau memperlambat kecepatan kendaraan yang tidak efisien bila menggunakan motor bakar. Langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan melalui dua tahap penelitian yaitu : Tahap awal merupakan langkah pengkajian dan pembuatan instrumen pengukuran untuk melakukan pengaturan kerja motor listrik dan motor bakar pada prototipe sepeda motor hibrid. Tahap selanjutnya adalah melakukan uji coba dan kajian efektivitas sistem hibrida yang diterapkan. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan prototipe sepeda motor hibrid yang efisien dalam penggunaan energi minyak bumi.

*Kata kunci : Motor, Hibrid, Optimasi, Energi, Efisiensi*

## 1. LATAR BELAKANG

Dengan adanya krisis energi tak terbarukan, bahan bakar fosil menjadi semakin mahal dan langka. Salah satu cara untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak adalah dengan mengefektifkan sistem konversi energi. Langkah tersebut antara lain dengan menggabungkan penggunaan motor listrik sebagai penggerak pendamping pada sepeda motor. Keunggulan motor listrik adalah efisiensi yang tinggi dalam mengkonversi daya listrik menjadi daya mekanik.

Pada saat ini motor listrik DC yang dikendalikan secara elektronik dengan sistem *brushless* banyak digunakan sebagai penggerak. Motor listrik DC *brushless* tidak menggunakan sikat dan cincin komutator yang mengalami keausan selama pemakaian, sehingga umur operasi mekanis motor panjang dan hampir bebas pemeliharaan. Motor listrik jenis ini sangat tepat untuk diterapkan pada kendaraan hibrid.

Untuk mendapatkan efisiensi penggunaan bahan bakar minyak yang tinggi perlu dilakukan langkah optimasi pengaturan penggunaan kedua jenis penggerak. Beberapa kendala dalam melakukan optimasi pada sepeda motor hibrida adalah menggabungkan kontrol pengoperasian kedua jenis penggerak untuk mendapatkan kombinasi penggunaan yang tepat, yaitu kondisi saat menggunakan motor bakar, motor listrik atau keduanya. Kontrol pada sepeda motor hibrid utamanya adalah mengontrol pengoperasian motor listrik dan sistem pengisian baterai. Pengkajian tentang teknologi yang diterapkan meliputi sistem sensor, aktuator, sistem kontrol dan motor listrik perlu terus dikembangkan. Optimasi pada sistem pengaturan kedua jenis penggerak pada sepeda motor hibrid adalah salah satu langkah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar minyak yang berujung pada pengurangan konsumsi bahan bakar.

### Studi Pendahuluan

Pada penelitian sebelumnya (Prototipe Sepeda motor Hibrid, 2011) telah dihasilkan prototipe

Sepeda motor Hibrid dengan memodifikasi roda depan dipasang motor DC brushless seperti pada Gambar 1. Sistem pengontrolan menggunakan PLC untuk memproses masukan dari putaran *handle* sehingga motor listrik akan berputar/bekerja pada kecepatan kendaraan rendah (dibawah 20 km/jam). Motor bakar akan bekerja pada saat kecepatan kendaraan tinggi atau diperlukan traksi yang besar pada saat percepatan atau pada saat kendaraan menanjak.



Gambar 1. Pemasangan motor listrik

Hasil pengujian menunjukkan penggunaan bahan bakar yang paling rendah pada saat digunakan mode seri dimana sepeda motor hanya digerakan oleh motor listrik. Pada mode seri-paralel/kombinasi penggunaan bahan bakar meningkat sebesar 2,34 kali dari mode seri, tetapi masih lebih rendah 89,6 % dibandingkan mode hibrid tidak aktif seperti terlihat pada Table 1 dibawah.

Tabel. 1 Penggunaan energi (kJ) untuk jarak tempuh 3,1 km (Hasil penelitian 2011)

No.	Mode	Energi bahan (bakar (kJ))
1	Motor listrik	1678,28
2	Motor bakar	4118,40
3	Kombinasi	3960,52

### Roadmap penelitian

Penelitian mengenai pengembangan sepeda motor Hybrid

mengikuti roadmap seperti Gambar 2 Kegiatan direncanakan dimulai pada penelitian tahun 2011 dan berakhir pada tahun 2013, tetapi dalam pelaksanaannya pada tahun 2012 dilakukan mundur satu tahun menjadi 2013 untuk penelitian Optimasi pengaturan kerja motor.



Gambar 2. Road map penelitian

## II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

### Tahap 1. Pembuatan instrumentasi dan kontrol

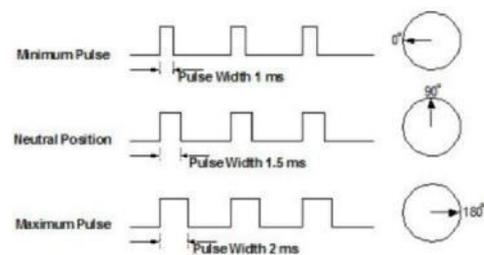
- Pembuatan Instrumentasi : Analisis komponen
- Perakitan komponen instrumentasi
- Pemasangan sistem kontrol

### Tahap 2. Pengujian

- Melakukan beberapa macam kondisi
- Melakukan pengujian
- Analisis data pengujian

### Modul kontrol *throttle*

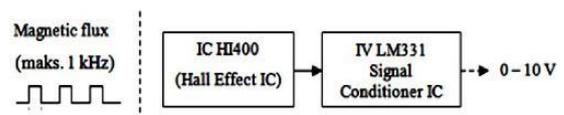
Pengaturan kecepatan sepedamotor tidak lagi menggunakan tarikan kawat yang diputar oleh *throttle* gas. Informasi sinyal mekanik dari putaran gas diganti menggunakan sinyal listrik dengan rentang 0 – 9V. Dengan demikian sistem bukaan gas pada motor bakar diganti menggunakan motor servo. Untuk keperluan tersebut maka digunakan modul kontrol motor servo yang secara aktual mempunyai daerah tegangan 0,99 – 7,66 menjadi gerakan 0 – 180° (Gambar 3) tergantung penyetelan. Modul kontrol *throttle* ini memungkinkan pengaturan kecepatan motor listrik maupun motor bakar diatur oleh satu bentuk perintah berupa perubahan tegangan.



Gambar 3. Pulsa yang digunakan pada sinyal control motor servo (80 Hz)

### Modul sensor kecepatan

Informasi kecepatan kendaraan sangat diperlukan untuk mengetahui saat perpindahan pengoperasian kedua penggerak. Prinsip sensor kecepatan seperti pada Gambar 4, merubah frekwensi dari putaran motor listrik pada roda depan menjadi tegangan  $V = f$  (Hz) menggunakan IC LM331



Gambar 4. Perubahan frekwensi ke tegangan

Penguatan keluaran dapat diset sesuai yang diperlukan, misal tegangan output 5 V pada frekwensi 5000 Hz.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor kecepatan

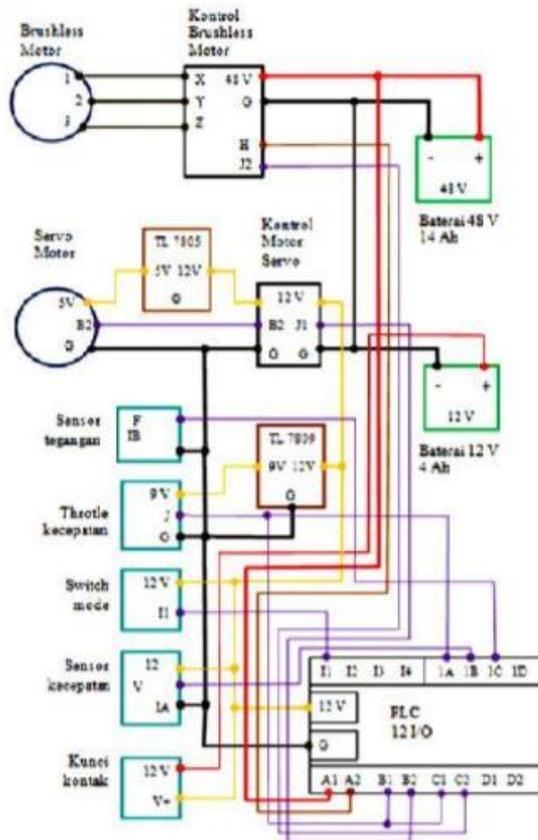
No.	Frekwensi (Hz)	Tegangan keluaran C = 0,47 µF (Volt)	Tegangan keluaran C = 1 µF (Volt)
1	0	0,00	0,00
2	18	0,25	0,78
3	74	1,09	3,23
4	154	2,27	6,74

Frekwensi input mewakili kecepatan kendaraan  $v$  (kmh) dan jari-jari roda depan  $R$  (m)

$$\omega = (v/3600)/2R \text{ (Hz)}$$

### Skema pengaturan penggerak

Skema pengaturan pengaktifan motor listrik dan motor bakar pada sepeda motor hibrid diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Skema pengaturan penggerak

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pembuatan instrumentasi dan pengaturan pada sepedamotor hibrid dilakukan pengujian. Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan kondisi optimal saat peralihan pengoperasian motor listrik dan motor bakar sehingga diperoleh pengoperasian yang efisien. Pengujian dilakukan pada 3 jenis jalur dengan kemiringan tanjakan yang berbeda.

Tabel 3. Kondisi jalur pengujian

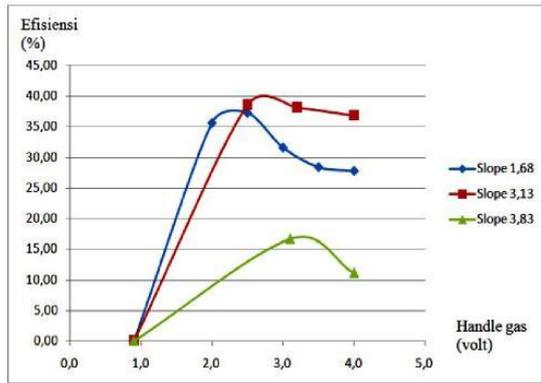
No.	h2 (m)	h1 (m)	h2 - h1 (m)	Jarak (x2 - x1) (m)	Slope (°)
1	726	723	3	102,22	1,68
2	726	722	4	73,08	3,13
3	723	721	2	29,78	3,84

Hasil pengujian dari ketiga jalur dengan variasi tanjakan (slope) rata-rata dapat dipergunakan untuk melihat perubahan kecepatan dan konsumsi daya listrik. Dari tabel dan grafik hasil pengujian pengaruh pertambahan tegangan pada handle gas terhadap perubahan kecepatan dan daya listrik dapat diputuskan kapan beralih dari motor listrik ke motor bakar. Pada saat pengujian berat sepeda motor terukur 205 kg.

Tabel 4. Data pengujian variasi pembebanan terhadap efisiensi mekanik

Data jalur 1 h2 - h1 = 3 meter x2 - x1 = 102,22 meter Slope = 1,68									
No.	Tegangan handle gas (volt)	Energi (wh1)	Energi (wh2)	Energi terpakai (wh)	Waktu tempoh (detik)	Kecepatan (km/jam)	Daya listrik (w)	Daya mekanik (w)	Efisiensi mekanik (%)
1	0,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2,0	1,07	8,12	7,05	75,00	4,91	338,40	120,55	35,62
3	2,5	8,28	15,02	6,74	60,16	6,12	403,32	150,29	37,26
4	3,0	15,18	23,13	7,95	37,06	9,93	772,26	243,97	31,59
5	3,5	23,25	32,09	8,84	32,47	11,33	980,10	278,46	28,41
6	4,0	32,19	41,23	9,04	29,74	12,37	1094,28	304,02	27,78
Data jalur 2 h2 - h1 = 4 x2 - x1 = 73,08 Slope = 3,13									
1	0,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2,5	50,92	58,25	7,33	29,00	9,07	909,93	351,55	38,63
3	3,2	58,48	65,90	7,42	23,00	11,44	1161,39	443,26	38,17
4	4,0	66,19	73,87	7,68	19,00	13,85	1455,16	536,58	36,87
Data jalur 3 h2 - h1 = 2 x2 - x1 = 29,78 Slope = 3,84									
1	0,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	3,1	72,79	80,95	8,16	31,00	3,46	947,15	158,02	16,68
3	4,0	81,36	93,56	12,20	28,00	3,83	1569,09	174,95	11,15

Dari ketiga tabel diatas didapat informasi kondisi yang paling efisien untuk masing-masing kondisi pembebanan dalam bentuk kemiringan jalan (slope) sebesar 1,68° ; 3,13° dan 3,84° . Untuk diatas 4° terjadi kelebihan beban pada motor listrik sehingga shutdown secara otomatis. Secara standart (default) motor listrik dibatasi arus puncaknya sebesar 30 Amper. Pembatasan arus puncak ini menyebabkan daya listrik yang diambil motor listrik tidak melebihi kurang lebih 1,5 kW. Hasil sebaran efisiensi terhadap tegangan kontrol handle gas dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik sebaran kecepatan terhadap beban tanjakan

Dari Gambar 6 dapat terlihat penurunan efisiensi listrik pada saat dibebani melewati batas daya yang dimilikinya sebesar 500 watt. Pada tanjakan dengan kemiringan  $1,68^\circ$  efisiensi mencapai 24,80 % tetapi pada kemiringan  $3,84^\circ$  efisiensi motor listrik hanya maksimum 4,97 %.

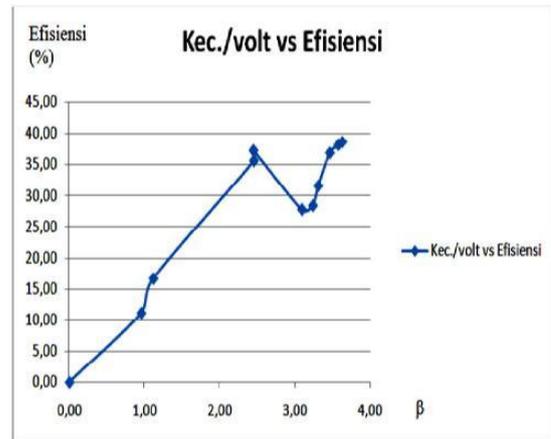
Tabel 5 Perbandingan kecepatan dengan tegangan pada handle gas

Jalur	Kecepatan (km/jam)	Tegangan (volt)	$\beta$	Efisiensi (%)
1	0,00	0,90	0,00	0,00
	4,91	2,00	2,45	35,62
	6,12	2,50	2,45	37,26
	9,93	3,00	3,31	31,59
	11,33	3,50	3,24	28,41
	12,37	4,00	3,09	27,78
2	0,00	0,90	0,00	0,00
	9,07	2,50	3,63	38,63
	11,44	3,20	3,57	38,17
	13,85	4,00	3,46	36,87
3	0,00	0,90	0,00	0,00
	3,46	3,10	1,12	16,68
	3,83	4,00	0,96	11,15

Dari informasi diatas dapat dicari kondisi optimum perpindahan pengoperasian penggerak untuk mendapatkan efisiensi maksimal. Pada saat beban motor listrik menjadi besar maka motor bakar harus mengambil alih pemberian daya pada sepeda motor. Pada Tabel 4 diatas terdapat penurunan perbandingan kecepatan terhadap tegangan handle gas ( $\beta$ ).  $\beta$  semakin rendah menandakan motor terbebani melebihi kapasitas, mengakibatkan kecepatan yang terjadi rendah dibandingkan permintaan kecepatan berupa tegangan pada handle gas yang tinggi seperti diperlihatkan Tabel 5

Fenomena penurunan kecepatan terhadap perintah sinyal tegangan handle gas dapat digunakan untuk mengetahui apakah motor listrik kelebihan beban.

Perbandingan antara kecepatan kendaraan dengan tegangan yang diberikan oleh handle gas ( $\beta$ ) terhadap efisiensi dapat terlihat pada Gambar 7. Harga  $\beta$  digunakan sebagai parameter pada pemrograman PLC untuk mengatur peralihan dari motor listrik ke motor bakar. Harga  $\beta$  seperti pada grafik diambil 2,5.



Gambar 7 Grafik efisiensi terhadap  $\beta$

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Instrumentasi yang telah dibuat dan dipergunakan pada sepeda motor hibrid dapat berfungsi dengan baik. Hal ini dapat terlihat dari pengambilan data yang diinginkan seperti informasi kecepatan mempunyai grafik yang linier, pengaturan tegangan kontrol oleh handle arm dapat dengan mudah dilaksanakan.
2. Dari pengambilan dan pengolahan data dapat diperoleh rasio kecepatan yang terjadi dengan sinyal yang diperintahkan oleh sistem kontrol kecepatan ( $\beta$ ). Untuk pengoperasian sepedamotor hibrid yang optimum didapat harga  $\beta > 2,5$
3. Pemrograman pada PLC sebagai pengontrol telah berhasil diterapkan, hal ini dapat dilihat dari pengoperasian sepedamotor hibrid yang dapat berfungsi dengan baik

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Howell John R and Buckius Richard O. 1987. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. New York: McGraw-Hill
- [2] David Linden, Thomas B. Reddy (ed). *Handbook Of Batteries 3rd Edition*. McGraw-Hill, New York, 2002 ISBN 0-07-135978-8

chapter 22

- [3] *Horst Bauer Bosch Automotive Handbook* 4th Edition Robert Bosch GmbH, Stuttgart 1996 ISBN 0-83760333-1, page 813
- [4] T. Gillespie, *Fundamentals of Vehicle Dynamics*, Society of Automotive Engineers, Inc., 1992
- [5] J. M. Miller, *Propulsion Systems for Hybrid Vehicles: IEEE Power & Energy Series 45*, Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom, 2004