

M7-002 Sistem Kendali Transmisi CVT untuk Kendaraan Hibrida

Mohammad Adhitya, Pendry Alexandra, Gandjar Kiswanto

Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia,
Kampus Baru UI Depok

Phone: +62-21-7270032, FAX: +62-21-7270033, E-mail: madhitya@eng.ui.ac.id

ABSTRAK

Kendaraan hibrida, menggunakan dua jenis motor penggerak yaitu motor bakar (ICE) dan motor listrik (EM). Kedua jenis motor penggerak memiliki karakteristik torsi keluaran yang berbeda satu sama lain. Perbedaan torsi keluaran inilah yang menjadi tantangan, pada kondisi perpindahan sistem penggerak dari ICE kepada EM atau sebaliknya, dari EM kepada ICE. Pada saat perpindahan dari EM ke ICE atau sebaliknya, yang terjadi pada putaran motor tertentu, akan terjadi perbedaan torsi keluaran motor. Hal ini harus segera diatasi agar tidak terjadi penurunan/peningkatan torsi yang berakibat pada ketidaknyamanan pengendara. Untuk itu diperlukan suatu sistem transmisi yang mampu beradaptasi dengan cepat untuk menyetarakan torsi keluaran dari kedua motor penggerak yang sedang mengalihkan kerjanya satu ke yang lain, dengan cara mengubah rasio putaran motor-roda. Dalam riset ini, diujicobakan penggunaan CVT pada kendaraan hibrida paralel berukuran kecil yang mampu beradaptasi menyetarakan torsi keluaran dari dua jenis motor penggerak (ICE-EM). CVT yang digunakan adalah CVT skutik (sepeda motor otomatis) yang bekerja dengan parameter input kecepatan putar mesin. Putaran mesin ini selanjutnya, dengan sistem sentrifugal memanipulasi gerakan aksial puli untuk mengubah rasio putaran motor-roda. Agar mampu beradaptasi pada segala putaran, CVT dimodifikasi sedemikian rupa, sehingga pergerakan aksial puli diatur dengan mekanisme motor servo. CVT yang dimodifikasi membutuhkan suatu mekanisme kontrol untuk mengatur masukan-masukan berupa suatu kondisi tertentu yang telah diperhitungkan, yang memicu aksi-aksi dari ICE dan EM. Mikrokontroler digunakan untuk memberikan kecerdasan buatan kepada CVT. Masukan-masukan berupa kondisi tertentu tersebut dapat dikenali oleh mikrokontroler dengan menggunakan seperangkat sensor. Kontrol otomatis menggunakan mikrokontroler dapat meningkatkan kehandalan kendaraan, karena waktu reaksi yang sangat cepat dengan akurasi tinggi, sehingga, peningkatan tujuan efisiensi dalam menggunakan kendaraan hibrida dapat dicapai.

Kata Kunci : Kendaraan hibrida paralel, CVT, Mikrokontroler, Otomasi transmisi kendaraan, Transmisi otomatis kendaraan.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

1. Pendahuluan

Kendaraan bermotor umumnya menggunakan motor bakar sebagai penggerak. Dengan tujuan efisiensi energi, saat ini dikembangkan suatu kendaraan yang menggunakan setidaknya dua jenis motor sebagai penggerak, yang dikenal dengan sebutan kendaraan hibrida. Kendaraan hibrida yang saat ini beredar dipasaran seperti Toyota Prius, Honda Insight, Chevrolet Volts, Mercedes S-class hybrid, Lexus LS Hybrid, Volvo C30 Hybrid dan beberapa jenis Toyota dan Honda Hybrid, menggunakan motor bakar dan motor listrik sebagai sistem penggerak.

Setidaknya terdapat tiga jenis kendaraan hibrida apabila ditinjau dari mekanisme kerjanya. Jenis yang pertama disebut *Electric Motor Assisted* (EMA), dimana motor listrik bekerja untuk meringankan beban kerja motor bakar. Pada jenis pertama ini, roda penggerak hanya terhubung dengan motor bakar, contohnya adalah Honda Insight dan Mercedes S-class Hybrid. Jenis yang kedua disebut *Serial Hybrid* (SH), dimana motor bakar bekerja untuk memutar generator listrik sebagai sumber tenaga penggerak motor listrik. Pada jenis kedua ini roda penggerak hanya terhubung dengan motor listrik, contohnya adalah Chevrolet Volts dan Volvo C30 Hybrid. Jenis yang ketiga disebut *Parallel Hybrid* (PH), dimana baik motor listrik dan motor bakar dapat bekerja secara terpisah memutar roda penggerak. Toyota sendiri mengembangkan perpaduan antara ketiga jenis kendaraan hibrida, yang dipatenkan dengan sebutan *Hybrid Synergy Drive* (HSD).

Dari ketiga jenis kendaraan hibrida yang telah disebutkan, maka tantangan terbesar terdapat pada kendaraan hibrida paralel, dimana baik motor listrik maupun motor bakar dapat memutar roda penggerak secara mandiri. Hal ini menyebabkan dibutuhkannya suatu sistem transmisi yang mampu menyalurkan tenaga dari motor listrik saja ataupun motor bakar saja kepada roda penggerak. Tantangan lain adalah penyaluran torsi keluaran saat perpindahan kerja dari motor bakar kepada motor listrik saat memutar roda penggerak, ataupun sebaliknya dari motor listrik kepada motor bakar. Hal ini disebabkan perbedaan karakteristik torsi keluaran dari kedua jenis motor.

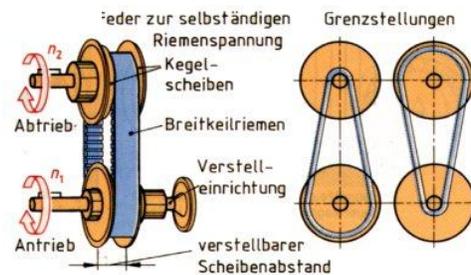
Dalam riset ini dicoba mengembangkan kendaraan hibrida paralel yang menggunakan mesin otto empat langkah 125cc dan motor motor listrik AC 0.25 HP dengan menggunakan sistem transmisi CVT dalam suatu test bed yang kemudian akan dipasangkan pada kendaraan hibrida yang tengah dikembangkan seperti Nampak pada **gambar 1** berikut.



Gambar 1. Kendaraan hibrida yang dikembangkan

2. Transmisi CVT

Transmisi jenis *Continues Variable Transmission* (CVT), seperti ditunjukkan pada **gambar 2**, memiliki keunikan dalam hal desainnya yang hanya menggunakan sepasang puli berpenampang konus dan sebuah sabuk yang memiliki ukuran penampang konstan. Puli-puli yang terdapat pada transmisi ini dapat bergerak pada arah aksial dengan saling menjauh atau saling mendekat untuk menciptakan perubahan penampang dukung sabuk, sehingga terjadi rasio putaran yang berbeda-beda. Desain CVT yang kompak dan memiliki variasi rasio putar motor-roda yang fleksibel memungkinkan transmisi jenis ini digunakan pada kendaraan hibrida jenis paralel. Jika dibandingkan dengan sistem transmisi lain yang menggunakan mekanisme roda gigi, maka CVT lebih unggul dalam hal jumlah variasi rasio putaran yang mampu diciptakan. Pada transmisi yang menggunakan mekanisme roda gigi, karena tetap ukuran roda giginya, maka hanya mampu menciptakan suatu rasio putaran yang tetap dan jumlah rasio putaran akan tergantung kepada seberapa banyak jumlah pasangan roda gigi.



Gambar 2. Skema Transmisi CVT

Dalam riset ini, diujicobakan penggunaan CVT pada kendaraan hibrida paralel berukuran kecil yang mampu beradaptasi menyetarakan torsi keluaran dari dua jenis motor penggerak, seperti nampak pada **gambar 3**. CVT yang digunakan adalah CVT skutik (sepeda motor otomatis) yang bekerja dengan parameter input kecepatan putar mesin. Putaran mesin ini selanjutnya, dengan sistem sentrifugal, memanipulasi gerakan aksial puli untuk mengubah rasio putaran motor-roda.



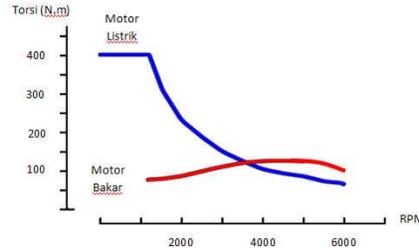
Gambar 3. Mesin 4 tak, motor listrik, dengan transmisi CVT pada test-rig

Agar mampu beradaptasi pada segala putaran, CVT dimodifikasi sedemikian rupa, sehingga pergerakan aksial puli diatur dengan mekanisme servo menggantikan mekanisme sentrifugal. CVT membutuhkan suatu mekanisme kontrol untuk mengatur masukan-masukan berupa suatu kondisi tertentu yang telah diperhitungkan, yang memicu aksi-aksi dari motor bakar dan motor listrik. Mikrokontroler digunakan untuk memberikan kecerdasan buatan kepada CVT. Masukan-masukan berupa kondisi tertentu tersebut dapat dikenali oleh mikrokontroler dengan menggunakan seperangkat sensor. Kontrol otomatis menggunakan mikrokontroler dapat meningkatkan kehandalan kendaraan, karena waktu reaksi yang sangat cepat dengan akurasi tinggi, sehingga, peningkatan tujuan efisiensi dalam menggunakan kendaraan hibrida dapat dicapai.

3. Desain Sistem Kendali

3.1. Desain Sistem Kendali pada CVT

Karakteristik torsi keluaran yang umum dari suatu motor bakar adalah berbentuk kurva bukit yang memiliki nilai maksimum pada kisaran putaran tengah. Sedangkan pada motor listrik umumnya mendatar pada putaran rendah, sebelum akhirnya berkurang torsinya pada putaran motor yang lebih tinggi. Perbandingan torsi kedua macam motor ini pada Toyota Prius, diperlihatkan pada **gambar 4** berikut.



Gambar 4. Perbandingan torsi keluaran pada Prius

Dari gambar 4, diketahui bahwa apabila dilakukan perpindahan kerja dari motor bakar ke motor listrik (atau sebaliknya) pada suatu putaran motor tertentu, maka akan terjadi perbedaan torsi yang akan disalurkan kepada roda penggerak. Hal ini akan menyebabkan terjadinya hentakan apabila terjadi peningkatan torsi, ataupun hilangnya tenaga secara tiba-tiba apabila terjadi penurunan torsi pada saat perpindahan kerja dari satu motor penggerak ke motor penggerak lainnya.

Untuk mencegah hal tersebut, maka diperlukan suatu penyesuaian rasio putar roda-motor yang akan menghasilkan torsi tertentu pada roda, sehingga hentakan dapat dihindari. Penyesuaian rasio putar roda-motor menggunakan CVT dimungkinkan karena CVT memiliki fleksibilitas dalam hal variasi rasio putaran roda-motor.

Mekanisme servo seperti ditunjukkan pada **gambar 5**, digunakan untuk mengatur secara leluasa rasio putar roda-motor yang akan menghasilkan torsi keluaran pada roda yang cenderung konstan pada saat perpindahan kerja dari satu motor ke motor lainnya.



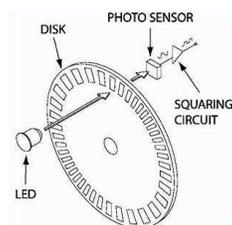
Gambar 5. Mekanisme servo pada puli CVT

Agar mekanisme servo dapat melakukan penyesuaian rasio putar roda-motor saat perpindahan kerja, maka diperlukan suatu input kondisi keadaan berupa torsi yang sedang tersalurkan pada roda penggerak. Torsi keluaran motor pada roda penggerak ini diukur dengan suatu alat Torque-sensor, yang terpasang pada poros roda penggerak. Torque-sensor yang digunakan seperti nampak pada **gambar 6**.



Gambar 6. Torque sensor

Selain input kondisi keadaan berupa besar torsi yang tersalur pada roda, diperlukan pula input kondisi yang lain yaitu berupa kecepatan putar roda atau kelajuan kendaraan. Untuk hal ini digunakan rotary encoder seperti yang ditunjukkan pada **gambar 7**.



Gambar 7. Rotary encoder

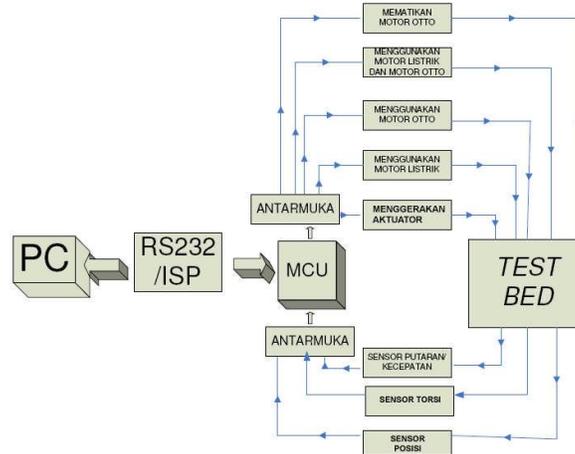
Mikrokontroler digunakan untuk memberikan kecerdasan buatan kepada CVT, sehingga mampu menyesuaikan dengan segera perbedaan torsi keluaran yang berbeda saat perpindahan kerja motor satu ke motor lainnya.

3.2. Logika Pemrograman

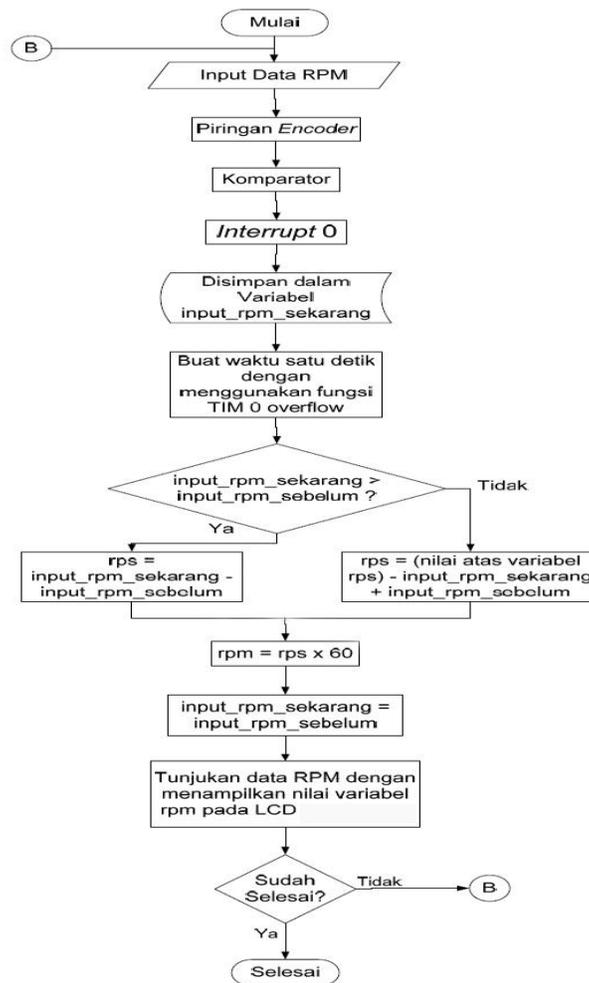
Untuk dapat menghitung RPM maka menggunakan fungsi interrupt dan timer. Setting pemrograman yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan sistem *clock* 4 MHz
2. *Timer 0* menggunakan *prescaler* 64 sehingga *clock timer 0* 62.5 kHz (62500 *clock* per detik)
3. INT 1 untuk menangkap data frekwensi selama selang waktu 1 detik

Logika pemrograman perhitungan kecepatan terlihat pada **gambar 8**. Sistem kendali test bed kendaraan hybrid secara keseluruhan seperti pada **gambar 9**.



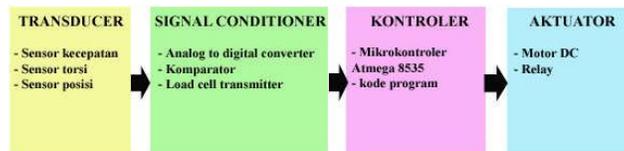
Gambar 8. sistem kendali test bed kendaraan hybrid



Gambar 9. Logika Pemrograman Perhitungan RPM

4. Pengujian dan Analisa

Sebelum dilakukan pengujian, dilakukan kalibrasi terhadap alat-alat. Model pengujian dilakukan dengan perpindahan dari motor bakar ke motor listrik. Sistem kontrol *test bed hybrid* terdiri dari beberapa bagian yang saling bekerja sama membentuk suatu sistem. Rancangan *test bed hybrid* ini mensimulasikan mode operasi dari motor penggerak dan mengendalikan aktuatur transmisi CVT berdasarkan input dari sensor. Input dari sensor diolah oleh mikrokontroler menjadi output yang mengendalikan mode operasi motor penggerak dan aktuatur transmisi CVT. secara umum sistem kontrol dari *test bed hybrid* ditunjukkan pada **gambar 10**. berikut:



Gambar 10. Sistem Kontrol *Test Bed Hybrid*

Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa CVT mampu beradaptasi dengan baik dalam hal perpindahan kerja dari motor bakar ke motor listrik. Hal ini dibuktikan dengan kembalinya kecepatan putar poros roda dan torsi keluaran pada roda ke kondisi awal sebelum perpindahan kerja dilakukan. Data ini terdapat pada box mikrokontroler yang ditempatkan pada test bed, seperti pada **gambar 11**.



Gambar 11. Test bed

5. Kesimpulan

Transmisi CVT terbukti mampu beradaptasi terhadap perubahan torsi keluaran motor bakar yang berpindah ke motor listrik setelah diberikan suatu sistem kendali berkecerdasan. Dalam pengujian dilakukan model perpindahan dari motor bakar ke motor listrik dan belum dilakukan sebaliknya karena kendala mekanisme penyalan motor bakar. Hal ini semestinya dapat dilakukan dengan menggunakan motor listrik langsung sebagai motor starter, namun dibutuhkan pengembangan lanjutan terhadap mekanisme kopling.

Pengujian ini hanya merupakan pembuktian kecil dari keseluruhan proses kecerdasan yang lebih luas untuk dikembangkan seperti pemetaan kerja motor bakar dan motor listrik terkait dengan efisiensi energi yang terbaik secara keseluruhan. Hal ini membutuhkan penyempurnaan baik dalam hal mekanis maupun elektronis.

Daftar Acuan

- [1] Bosch Automotive Hand Book 6th Edition, 2004, Robert Bosch GmbH, Germany
- [2] Kuhnt, H.W. 2002. Automotive Technology, FH-Offenburg, Germany
- [3] Sugiarto, Bambang. 2005. "Motor Pembakaran Dalam". Jakarta.
- [4] Toyota Prius, Toyota Motor Company, 2004
- [5] Wong, William. 2005. "Smart Motion Makes For a Smarter design". Pada <http://www.elecdesign.com/Articles/Print.cfm?ArticleID=11294>.