

## M2-001 Rancang Bangun Push-Belt CVT Menggunakan Mekanisme Governor Sebagai Penggerak Variator Pulley

Achmad Syaifudin<sup>1)</sup>, J. Lubi<sup>2)</sup> dan Wajan Berata<sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Indonesia

Telp.: +62-31-5963007, Fax: +62-31-5963007

E-mail: [syaifudin@me.its.ac.id](mailto:syaifudin@me.its.ac.id)<sup>1)</sup>, [lubi@me.its.ac.id](mailto:lubi@me.its.ac.id)<sup>2)</sup>, [wayanb@me.its.ac.id](mailto:wayanb@me.its.ac.id)<sup>3)</sup>

### ABSTRAK

Riset mengenai pengembangan CVT telah banyak dilakukan beberapa tahun terakhir mengingat beberapa kelebihan yang dimilikinya, yaitu biaya produksi yang rendah, bobotnya lebih ringan dari gearbox konvensional, lebih irit bahan bakar dan halus tanpa hentakan. Kelebihan yang lain adalah mampu memberikan efek pengereman mesin yang lebih baik. Ada beberapa tipe CVT yang telah berhasil dikembangkan; Push-belt, Toroidal Traction-Drive, Variable Diameter Elastomer Belt dan beberapa tipe lain.

Pada toroidal traction-drive, torsi yang dapat ditransmisikan masih terlalu kecil sehingga belum dapat diaplikasikan secara luas untuk kendaraan bermotor. Sedangkan pada push-belt, diperlukan suatu mekanisme tertentu untuk mengontrol gerakan aksial puli. Hal ini dilakukan dengan cara mendorong piringan variator dari puli driver dan menarik piringan variator dari puli idler secara bersamaan. Beberapa metode yang telah digunakan untuk mendorong/menarik piringan variator adalah sistem hidrolis dan sistem kontrol elektronik. Kedua sistem tersebut memerlukan kontrol kecepatan transmisi dan kontrol gerakan aksial puli sehingga kurang efisien. Hal ini telah diatasi dengan sistem sentrifugal, namun gaya dorong yang dihasilkan masih kecil sehingga sistem transmisi menjadi kurang responsif. Penelitian ini mengembangkan kemungkinan aplikasi mekanisme governor untuk mendorong piringan variator dimana dapat mereduksi kontrol kecepatan transmisi dan gerakan aksial puli sehingga cukup menjadi satu kontrol yaitu pada kontrol kecepatan transmisi saja, serta mampu memberikan gaya dorong yang cukup sehingga sistem transmisi lebih responsif.

Rancang bangun diawali dengan penentuan spesifikasi motor penggerak yang digunakan, rasio operasional CVT dari 0.829 sampai 2.399, putaran operasional maksimal 900 rpm, pemilihan belt, model link yang digunakan, jumlah massa bola governor driver dan idler, massa bola governor, spesifikasi pegas pada idler, hingga dimensi puli, poros, pasak serta bearing. Model sistem transmisi mengaplikasikan mekanisme governor tipe Richardson pada piringan variator puli driver dan governor tipe Watt pada piringan variator puli idler untuk mempertahankan eksentrisitas sabuk. Kemudian dilakukan analisa kinematika dan dinamika sehingga dapat diketahui besarnya gaya yang diperlukan untuk menggerakkan variator puli. Dimensi dan geometri yang diperoleh kemudian digambar dan dibuat prototipenya agar dapat dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan untuk mengamati rasio kecepatan, torsi yang dihasilkan dan pengaruh model link governor terhadap perubahan kecepatan sistem transmisi. Hal ini dilakukan dengan bantuan tachometer dan prony break dynamometer. Pengukuran dilakukan pada setiap kenaikan 100 rpm pada puli driver, mulai 500 rpm sampai dengan 1000 rpm. Hasil pengujian dianalisa sehingga dapat diketahui kinerja torsi dan karakteristik rasio putarannya.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi governor Richardson pada puli driver dengan governor Watt pada puli idler cukup valid digunakan sebagai alternatif penggerak variator puli dari mekanisme push-belt CVT. Radius efektif bola governor dapat mempengaruhi kenaikan

putaran pada puli driver dan idler. Semakin panjang radius efektif bola governor maka semakin besar gaya sentrifugal yang dihasilkan. Kenaikan torsi pada idler tidak sebanding dengan penurunan torsi akibat pengecilan diameter puli idler. Sedangkan kenaikan torsi driver tergantung dari besarnya torsi motor penggerak, dan tidak tergantung dari perubahan diameter puli driver itu sendiri. Pada mekanisme Richardson untuk sudut kemiringan profil lintasan puli  $70^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $90^\circ$  kurang bisa menghasilkan gerakan aksial yang smooth atau bertahap, dimana putaran operasional awal tertinggi pada  $90^\circ$  dan terendah  $70^\circ$ .

Kata kunci : CVT, governor, driver, idler, puli

## 1. Pendahuluan

CVT adalah desain ideal sistem transmisi untuk me-nyalurkan tenaga dari mesin ke roda. CVT mengubah rasio transmisi secara kontinu sehingga dinamakan sebagai transmisi dengan rasio tak terbatas. Hasilnya, setiap saat sistem akan memilih rasio paling tepat sehingga didapat optimalisasi efisiensi energi dan performa. Beberapa kelebihan yang lain adalah biaya produksinya rendah, bobotnya lebih ringan dari *gearbox* konvensional, lebih irit bahan bakar, perubahan rasio kecepatan yang halus tanpa hentakan serta mampu memberikan efek pengereman mesin yang lebih baik. CVT memang bukan hal yang baru dalam dunia otomotif namun keterbatasan torsi yang ditransmisikan dan keandalannya yang rendah sehingga menjadi kurang diperhatikan. Walaupun demikian, para peneliti terus melakukan pengembangan hingga beberapa tahun terakhir telah banyak kemajuan yang diperoleh.

Di Indonesia sendiri, riset mengenai pengembangan CVT juga telah banyak dilakukan. Iwan Fauzan dan Sutantra [1] membuat rancangan dasar *Electronic Control Variable Transmission* (ECVT) dan studi karakteristik kinerjanya untuk kendaraan mesin bensin dan diesel. Pada penelitian berikutnya, Sudaryanto dan Sutantra [2,3] telah merancang suatu sistem transmisi tanpa gigi dengan menggunakan kerucut melengkung. Sistem transmisi ini sangat kompak namun hanya mampu memindahkan torsi yang kecil sehingga belum dapat diaplikasikan pada kendaraan.

Beberapa peneliti lain mempertimbangkan penggunaan *variator pulley* pada sistem transmisi *belt-pulley* sebagai alternatif CVT. Tarutani dkk [4] telah membuat simulasi FEA dari gerak metal push-belt CVT untuk analisa karakteristik transmisinya. Hasilnya adalah bahwa distribusi beban pada belt, yang meliputi tegangan pada ring, tekanan elemen dan gaya tekan puli pada belt akan sangat mempengaruhi koefisien gesek pada metal push-belt CVT.

Penggunaan *metal push-belt* semakin meluas sehingga Hiroyuki dkk [5] melakukan penelitian mengenai karakteristik gesekan yang ditimbulkan sehingga hal ini dapat dinyatakan dalam suatu model ekspresi gesekan yang dapat digunakan untuk mengklarifikasi keadaan transmisi daya di daerah sekitar batas slip.

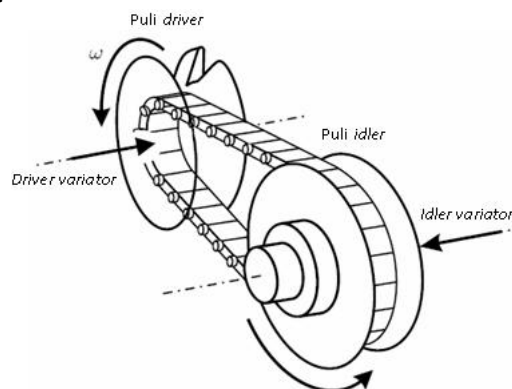
Disamping itu, Tri Tiyasmihadi [6] telah melakukan penelitian untuk mengoptimalkan *push-belt* CVT dengan menggunakan *variable rubber belt*. Ternyata dalam temperatur operasi yang tinggi, penggunaan *variable rubber belt* tidak menguntungkan. Dianjurkan untuk menggunakan *metal push-belt* yang mana lebih tahan panas dan memiliki kemungkinan slip yang lebih kecil.

Syaifudin dkk [7] pada penelitian sebelumnya telah melakukan analisa kinematika dan dinamika mengenai desain *governor* untuk mekanisme CVT. Pada penelitian tersebut, mekanisme governor

CVT dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menimbulkan gaya sentrifugal yang dapat mendorong piringan *variator* bergerak translasi baik maju maupun mundur. Hasil analisa menunjukkan bahwa terdapat selisih putaran awal dengan putaran akhir pada *driver pulley* yaitu 300 rpm sedangkan untuk *idler pulley* adalah 1620 rpm atau 5 kali lipatnya. Dengan demikian, mekanisme *governor* secara teoritis dapat digunakan untuk mendapatkan percepatan yang besar. Namun semua hasil penelitian ini didapatkan pada mekanisme yang belum dibebani (tanpa beban) sebagaimana pada kondisi yang sebenarnya.

Pada penelitian berikutnya, Syaifudin dkk [8] mem-buat *prototype governor* CVT dengan kombinasi meka-nisme *governor* tipe *Richardson* pada *driver pulley* dan pegas pada *idler pulley*. Hasilnya adalah *governor* CVT cukup valid untuk digunakan sebagai alternatif penggerak *variator pulley* namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan geometri dan tipe *governor* yang menghasilkan gerak aksial yang paling optimal baik pada *driver* maupun *idler pulley*.

Ada beberapa tipe CVT yang telah berhasil dikem-bangkan; *Push-belt*, *Toroidal Traction-Drive*, *Variable Diameter Elastomer Belt* dan beberapa tipe lain. Namun yang paling menarik perhatian para peneliti dan banyak diaplikasikan adalah *push-belt* dan *toroidal traction-drive*. Pada *toroidal traction-drive*, torsi yang dapat ditrans-misikan masih terlalu kecil sehingga belum dapat di-aplikasikan secara luas untuk kendaraan bermotor. Pada *push-belt*, diperlukan suatu mekanisme tertentu untuk mengontrol gerakan aksial puli. Beberapa metode yang digunakan adalah *hydraulic system*, *electronic control* dan *centrifugal system*.



**Gambar 1.** *Komponen push-belt CVT*

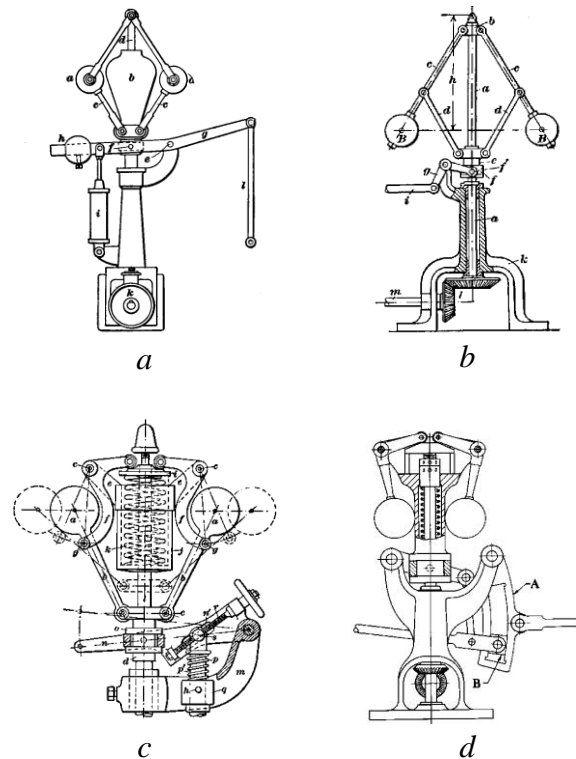
Dalam sistem hidrolis dan elektronik, dibutuhkan dua kontrol untuk mengubah kecepatan yaitu kontrol sistem penggerak piringan *variator* dan kontrol kecepatan *input* transmisi. Sehingga mekanisme menjadi semakin kompleks dan ruang mesin yang dibutuhkan juga lebih besar. Hal ini telah diatasi dengan sistem sentrifugal, namun gaya dorong yang dihasilkan masih kecil sehingga sistem transmisi menjadi kurang responsif. Maka perlu dikem-bangkan metode alternatif yang mana dapat mengatasi kelemahan tersebut. Dalam penelitian ini akan dirancang dan diuji penggunaan mekanisme *governor* untuk meng-gerakkan piringan *variator* baik pada *driver* maupun *idler pulley*. Secara teoritis, mekanisme *governor* seharusnya dapat memberikan gaya dorong yang lebih besar pada piringan *variator* sebab gaya yang bekerja berasal dari momen (perkalian gaya sentrifugal dengan lengan bola *governor*).

Mekanisme *governor* telah digunakan sejak dahulu terutama dalam aplikasi buka-tutup katup. Ada beberapa tipe *governor*; *Porter*, *Hartnel*, *Richardson* dan *Proell*. Pada dasarnya mekanisme ini

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

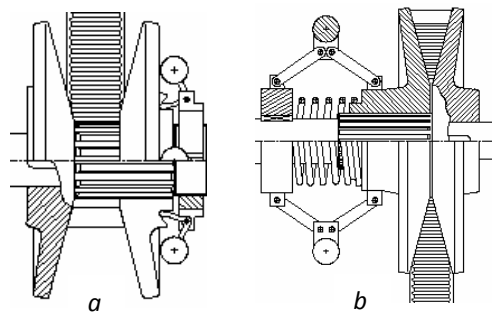
Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

memanfaatkan gaya sentri-fugal yang dihasilkan oleh putaran bola-bola *governor* untuk menggerakkan mekanisme yang lain secara aksial.



**Gambar 2** Berbagai tipe governor: a. Porter b. Watt c. Proell d. Hartnel (Richardson)

Inti sistem *push-belt* CVT adalah sabuk (*driving belt*) yang memutar dua puli, satu pada *output* mesin dan lainnya pada *drive shaft* (ke transmisi). Tiap puli terdiri dari dua piringan dengan permukaan miring (*slope*) di-mana salah satu piringan puli berfungsi sebagai *variator* yang bergerak translasi aksial akibat adanya dorongan yang dihasilkan mekanisme *governor*. Karena gerakannya tersebut maka dapat diperoleh perubahan rasio kecepatan secara kontinyu. Bila kedua piringan saling berjauhan (piringan *variator* menjauhi piringan tetap), maka sabuk berputar dengan diameter kecil, yang sebanding dengan roda gigi kecil pada transmisi konvensional. Sebaliknya, ketika kedua piringan saling mendekat (piringan *variator* mendekati piringan tetap) maka diameter puli jadi membesar, atau sama dengan roda gigi besar. Jadi *gear ratio* bisa diatur dengan mendekatkan atau menjauhkan piringan *variator*.



**Gambar 3.** Mekanisme governor: a. Driver b. Idler

Pada saat putaran mesin rendah, rasio kecepatan yang timbul juga rendah, diameter puli *idler* pada posisi maksimal. Seiring dengan kenaikan putaran pada poros *driver*, maka putaran pada poros *idler* juga mengalami kenaikan, diiringi dengan kenaikan tegangan pada sabuk. Hal ini menyebabkan gaya sentrifugal yang ditimbulkan oleh bola-bola *governor* semakin membesar. Pada bagian *driver*, dengan semakin membesarnya gaya sentrifugal ma-ka akan mendorong puli *variator* ke arah aksial (menyempit) dan mengakibatkan diameter puli *driver* membesar. Sedangkan pada *idler* dengan semakin membesarnya gaya sentrifugal dan ditambah gaya tekan sabuk yang melebihi gaya tekan pegas maka akan menarik puli *variator* sehingga menyebabkan diameter puli *idler* mengecil.

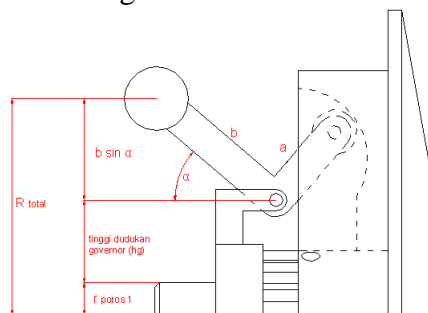
## 2. Dasar Teori

Sebuah objek yang bergerak rotasi dengan kecepatan konstan pada sumbu yang tetap akan mengalami percepatan karena kecepatan yang terjadi berubah arahnya se-cara konstan. Percepatan pada sebuah benda dengan massa tertentu akan menghasilkan gaya. Gaya ini diketahui seba-gai gaya sentripetal yang arahnya menuju pusat rotasi. Gaya inersia dari gaya sentripetal adalah gaya sentrifugal yang cenderung menarik benda keluar lintasan rotasi dimana besarnya tergantung pada massa benda, kecepatan rotasi dan jarak dari pusat. Gaya sentrifugal pada sebuah benda dengan massa  $m$  yang bergerak rotasi pada sumbu tetap dengan jari-jari  $\rho$  dinyatakan sebagai berikut:

$$F_{cf} = -ma_{cp} = -m \frac{v^2}{\rho} \hat{r} = -m\omega^2 \rho \hat{r} \quad (1)$$

dimana  $m$  = massa benda,  $a_{cp}$  = percepatan sentripetal,  $\rho$  = jarak benda dari pusat rotasi dan  $\hat{r}$  = unit vektor dengan arah keluar pusat rotasi. Dari persamaan 1 dapat disim-pulkan bahwa semakin besar massa benda semakin besar pula gaya sentrifugal yang dihasilkan. Begitu pula dengan kecepatannya, sedangkan semakin jauh jarak benda dari pusat rotasi maka semakin kecil gaya sentrifugalnya.

Mekanisme governor pada puli driver merupakan me-kanisme *governor* tipe *Richardson (Hartnel)* yang mana tersusun dari 3 buah bola dan 3 buah lengan yang digu-nakan untuk menggerakkan piringan *variator* puli *driver* ke arah aksial poros input. Putaran yang semakin besar akan menimbulkan bola *governor* terlempar menjauhi sumbu rotasi sehingga lengan yang terhubung pada bola *governor* akan mendorong piringan *variator* puli *driver*. Gerakan *variator* ini menyebabkan ruang *belt* pada puli *driver* menjadi menyempit sehingga terjadi pembesaran diameter puli *driver*. Perubahan diameter ini terjadi secara kontinyu sebanding dengan perubahan kecepatan poros *driver*. Mekanisme ini dapat dimodelkan dalam diagram bebas berikut :



**Gambar 4.** *Richardson governor poros driver*

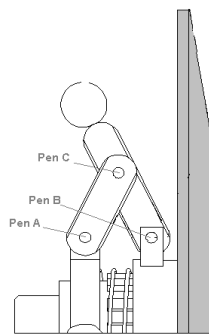
Gaya sentrifugal yang ditimbulkan oleh mekanisme *governor* dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$F_{cf} = nm\omega^2 R_{total} \quad (2)$$

dimana  $n$  menyatakan jumlah bola governor yang di-gunakan sebagaimana notasi pada gambar 3. Dengan de-mikian, massa setiap bola *governor* dapat didekati dengan persamaan:

$$m = \frac{F_{cf}}{3\omega^2 R_{total}} \quad (3)$$

Mekanisme pada *idler* adalah mekanisme *governor* tipe *Watt* yang dikombinasikan dengan pegas tekan heliks untuk mengontrol gerakan piringan puli *idler* sedemikian hingga dapat mengikuti perubahan piringan *variator driver*. Putaran yang semakin tinggi akan menimbulkan bola *governor* terlempar keluar sehingga lengan yang terhu-bung pada bola *governor* akan menarik piringan *variator* puli *idler*. Gerakan *variator* ini menyebabkan ruang *belt* pada puli *idler* menjadi melebar sehingga terjadi pengeci-lan diameter puli *idler*. Perubahan diameter ini terjadi secara kontinyu sebanding dengan perubahan kecepatan poros *idler*. Mekanisme ini dapat dimodelkan dalam dia-gram bebas sebagai berikut:



**Gambar 5.** *Watt governor pada poros idler*

Gerakan piringan *variator* pada puli *idler* dipengaruhi oleh tegangan *belt*, gaya sentrifugal dari mekanisme *governor* dan desakan pegas sehingga beban pegas secara tidak langsung berasal dari tegangan sabuk (gambar 5). Dengan demikian keseimbangan gaya ke arah aksial dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$F_p = \frac{N_s \cos \beta}{2} + B_x - \frac{\mu_p N_p}{2} - \frac{\mu_s N_s \sin \beta}{2} \quad (4)$$

dimana  $F_p$  = gaya pegas,  $\mu_s$  = koefisien gesek sabuk pada puli,  $\mu_p$  = koefisien gesek puli pada poros *idler*,  $N_s$  = gaya normal pada puli akibat tegangan sabuk,  $N_p$  = gaya normal pada poros *idler* akibat beban puli dan  $B_x$  = gaya reaksi aksial pada pin *B*.

Gaya tekan pegas dipengaruhi oleh defleksi dan kekakuannya. Untuk mengetahui derajat kekakuan pegas maka persamaan 4 dapat dikembangkan menjadi

$$k = \left( \frac{N_s \cos \beta}{2} + B_x - \frac{\mu_p N_p}{2} - \frac{\mu_s N_s \sin \beta}{2} \right) / \Delta x \quad (5)$$

### 3. Metodologi

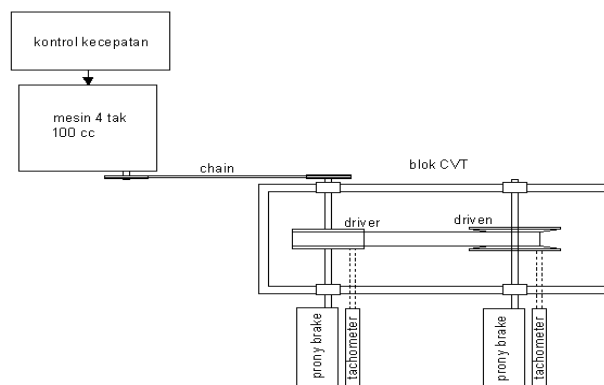
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu melakukan perancangan, pembuatan dan pengujian *proto-type* CVT. Rancang bangun sistem transmisi ini dimulai dengan pemilihan tipe mekanisme *governor* baik pada *driver* maupun *idler* serta jenis pegas yang sesuai pada *idler*, kemudian dilakukan analisa kinematika dan dina-mika sehingga dapat diketahui besarnya gaya yang diper-lukan untuk menggerakkan *variator* puli, dimensi bola *governor* yang dibutuhkan dan kekakuan pegas pada puli *idler*. Setelah hasil analisa kinematika dan dinamika diperoleh, selanjutnya

memindahkan desain kedalam bentuk gambar piktorial dan ortografik. Pengolahan desain dalam gambar piktorial dimaksudkan bila ada kesalahan perhitungan dalam desain model *prototype* dapat segera terlihat. Kemudian dilakukan pembuatan *prototype* dan pengujian.



**Gambar 6.** *Prony brake beserta CVT*

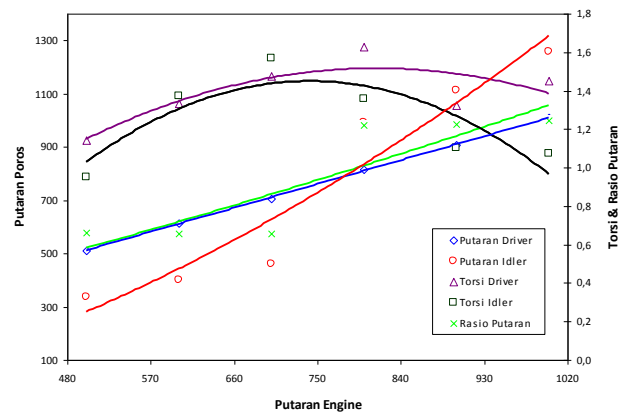
Pengujian sistem transmisi dilakukan dengan bantuan *tachometer* dan *prony break dynamometer*. Poros *output* CVT dihubungkan dengan *prony break dynamometer* yang berupa puli dari bahan aluminium, *flat belt* dan neraca. Putaran motor diatur sesuai dengan kebutuhan sehingga putaran *input* dan *output* CVT dapat diukur dengan *tachometer* dan selisih beban dapat terbaca pada neraca, baik pada puli *driver* maupun pada puli *idler*. Pengukuran dilakukan pada setiap kenaikan 100 rpm pada puli *driver*, mulai 500 rpm sampai dengan 1000 rpm. Kemudian hasil pengujian dibandingkan dengan hasil analisa teoritis.



**Gambar 7.** *Layout rangkaian pengujian CVT*

## 4. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian diperoleh data berupa kecepatan poros *driver* dan *idler*, torsi *driver* dan *idler* dalam beberapa variasi putaran mesin (*engine*). Data tersebut kemudian diolah dalam bentuk grafik sehingga dapat dilihat kecenderungannya.



**Gambar 8.** Hubungan putaran driver idler, torsi & rasio putaran dengan putaran engine

Dari gambar 8 mengenai hubungan antara putaran mesin (*engine*) dengan rasio putaran (sumbu ordinat sebelah kiri), terlihat bahwa semakin naik putaran mesin maka semakin naik pula rasio putaran yang bergerak dari 0,6 hingga 1,2. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi mekanisme *governor* telah berjalan sebagaimana mestinya. Walaupun demikian, perlu diteliti lebih lanjut sehingga bisa menyamai range rasio putaran sistem konvensional yaitu antara 0,8 – 2,39. Sedangkan dari grafik torsi terlihat bahwa terjadi penurunan torsi pada bagian akhir dan penurunan torsi *idler* lebih signifikan dibandingkan dengan torsi *driver*. Hal ini terjadi karena pada saat awal beroperasi, puli *idler* mengalami torsi yang lebih besar, tetapi seiring dengan kenaikan kecepatan, besarnya torsi pada *driver* lebih tinggi dibanding *idler*. Hal ini disebabkan pada *idler* mengalami kenaikan putaran yang mengakibatkan torsi turun. Sedangkan pada *driver*, torsi yang terjadi berasal dari mesin.

Dari gambar 8 mengenai hubungan antara putaran mesin (*engine*) dengan putaran *driver* dan *idler* (sumbu ordinat sebelah kanan), terlihat bahwa kenaikan putaran poros *driver* lebih halus (kontinyu) dibandingkan dengan poros *idler* sehingga pada akhirnya mempengaruhi rasio putaran yang dihasilkan. Dapat dikatakan bahwa kenaikan putaran poros *idler* lebih signifikan. Hal ini disebabkan perbedaan radius efektif bola *governor* antara mekanisme *governor* tipe *Richardson* dengan tipe *Watt* dimana dalam hal ini radius efektif bola *governor* tipe *Watt* lebih panjang dibandingkan tipe *Richardson*. Dengan kata lain, efek sentrifugal lebih cepat terjadi pada *idler* daripada pada *driver*.

## 5. Kesimpulan

1. Kombinasi *governor Richardson* pada puli *driver* dengan *governor Watt* pada puli *idler* cukup valid digunakan sebagai alternatif penggerak *variator* puli dari mekanisme *push-belt CVT*.
2. Radius efektif bola *governor* pada masing-masing mekanisme *governor* yang digunakan dapat mempengaruhi kenaikan putaran pada puli *driver* dan *idler*. Semakin panjang radius efektif bola *governor* maka semakin besar gaya sentrifugal yang dihasilkan.
3. Pada puli *idler*, torsi mengalami kenaikan sesaat selanjutnya mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh kenaikan torsi yang tersalurkan dari *driver* ke *idler* tidak sebanding dengan penurunan torsi akibat pengecilan diameter puli *idler*. Sedangkan torsi *driver* tergantung dari besarnya torsi motor penggerak, dan tidak tergantung dari perubahan diameter puli *driver* itu sendiri. Penurunan torsi setelah kenaikan sesaat pada puli *driver* menunjukkan bahwa mekanisme *governor* pada puli *driver* tidak berfungsi sebagaimana mestinya.
4. Profil lintasan link pada *driver* yang berbentuk seper-empat lingkaran menghasilkan gerakan aksial puli yang tidak bertahap atau tidak *smooth*. Sudut kemiringan profil lintasan puli (untuk mekanisme *Richardson*) 70°, 80°, 90° kurang bisa menghasilkan gerakan aksial yang *smooth* atau



# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

bertahap, dimana putaran operasional awal tertinggi pada  $90^\circ$  dan terendah  $70^\circ$ . Dengan kata lain, semakin besar sudut kemiringan profil lintasan puli maka semakin besar pula putaran operasional awal yang diperlukan.

## **Ucapan Terima Kasih**

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya disampaikan pada saudara Suhartoni yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

## **Daftar Pustaka**

- [1] Fauzan, Iwan dan Sutantra, 2001, "Disain dan Karakteristik Kendaraan Bermesin Bensin dan Diesel", Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITS, Surabaya.
- [2] Sudaryanto dan Sutantra, 2001, "Rancang Bangun dan Karakteristik Sistem Transmisi Variabel dengan Dua Kerucut", Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya.
- [3] Pramono, Agus Sigit dkk., 2001, "Design and Characteristic of Gearless Variable Transmission Applied for Automotive", International Pacific Conference XI, Shanghai, Cina.
- [4] Tarutani, Ichiro et. al., "Analysis of the Power Transmission Characteristic of a Metal V-belt Type CVT", Research Report, R&D Review of Toyota CRDL, Vol. 40, No. 3.
- [5] Nishizawa, Hiroyuki et. al., "Friction Characteristic Analysis for Clamping Force Setup in Metal V-bell Type CVTs", Research Report, R&D Review of Toyota CRDL, Vol. 40, No. 3.
- [6] Tiyasmihadi, Tri, 2005, "Rancang Bangun dan Studi Eksperimen Continuously Variable Transmission (CVT)", Laporan Thesis, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya.
- [7] Syaifudin, Achmad dkk, 2006, "Analisa Desain Mekanisme Penggerak Variator Pulley dengan Gaya Sentrifugal pada Continuously Variabel Transmission (CVT)", Jurnal Teknik Mesin Vol. 6 No. 2, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya.
- [8] Syaifudin, Achmad dkk, 2009, "Rancang Bangun Push-belt CVT Menggunakan Mekanisme Governor Tipe Richardson sebagai Penggerak Variator Driver Pulley", Seminar Nasional Teknik Mesin IV, Jurnal Teknik Mesin UK Petra, Surabaya.