Studi Eksperimental dan Analisa Laju Keausan Roller pada Sistem Continously Variable Transmission (CVT) dengan Gerakan Reciprocating

Johan Ady Setyawan Indar Putra dan Yusuf Kaelani
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: y_kaelani@me.its.ac.id

***Abstrak* - Sistem transmisi otomatis pada motor matik sudah banyak membahas mengenai roller. Seringnya pergantian roller yang diakibatkan aus, bahkan terkadang roller tersebut mengalami kerusakan perlu ditinjau dari kinematika pergerakan dari roller, laju keausan, dan umur pakai. Kinematika dari pergerakan roller dapat dianalisa dengan proyeksi gambar lintasan variator dan eksperimen yang dilakukan dengan menggunakan alat tribometer tipe pin on plate gerakan reciprocating tanpa pelumasan (Dry Sliding). Pengujian keausan 2 jenis roller yaitu round roller dan sliding roller dengan proyeksi gambar lintasan roller berisi tentang posisi dan kecepatan roller dalam rpm (engine) tertentu juga beban yang berbeda, Sedangkan eksperimen dilakukan dengan L=1500mm, 3 variasi kecepatan roller yang berbeda dan waktu yang ditentukan dari proyeksi gambar lintasan roller, yaitu V_1=0,8944mm/s, V_2 =1,7152mm/s, V_3=2,34mm/s, t_1=11,255s, t2=11,86s, dan t_3=12,003s. Didapatkan hasil Spesific Wear Rate pada round roller adalah 0,000628931, 0,00127385, dan 0,003950617, sedangkan Spesific Wear Rate pada sliding roller adalah 0,000457404, 0,000679012, dan 0,00305275. Grafik Spesific Wear Rate pada 2 jenis roller menunjukkan trendline naik sama seperti trendline Spesific Wear Rate linier dan rata-rata pemakaian round roller bisa bertahan ±3 bulan dan sliding roller bisa bertahan ±6 bulan dalam penggunaan sepeda motor matik 6 jam sehari dalam satu tahun.**

***Kata Kunci* - Sistem Transmisi Otomatis, Roller CVT, Keausan.**

I. PENDAHULUAN

TRANSMISI OTOMATIS atau yang dikenal dengan sebutan *Continuous Variable Transmision* (CVT) adalah sistem transmisi otomatis tidak memakai gigi transmisi, tapi sebagai gantinya menggunakan dua buah *pulley* yang dihubungkan dengan sabuk (*v-belt*). Sistem CVT didesain agar pengendara dapat merasakan kenyamanan dalam berkendara karena tidak perlu menggunakan perpindahan gigi, hanya saja tinggal memutar gas untuk menambah kecepatan dan mengendorkan gas untuk mengurangi kecepatan.

Sepeda motor matik adalah sepeda motor yang menggunakan sistem CVT dalam kinerja sistem transmisi. Sepeda motor matik ini bekerja dengan putaran, jadi tidak akan dihasilkan tenaga seresponsif motor manual dan performa yang diberikan oleh sepeda motor matik ini dianggap kurang bertenaga. Untuk performa pada sepeda motor matik ini berkaitan dengan sistem CVT, karena sistem transmisi otomatis prinsip kerjanya menggunakan *roller* untuk mendapatkan gaya sentrifugal yang terpasang pada *pulley*. *Roller* merupakan salah satu komponen dari sistem CVT pada motor matik. Dengan menggunakan prinsip dasar dari gaya sentrifugal, maka roller sendiri difungsikan untuk menekan dinding dalam pulley primer sewaktu terjadi putaran tinggi. Kendala penyebab terjadinya kerusakan dari roller yaitu kurangnya perawatan pada sistem CVT, membuka tutup handle gas secara spontan, atau roller terkontaminasi oleh zat-zat yang dapat mengganggu kinerja dari roller seperti debu, lumpur, dan lain-lain. Namun kasus yang sering terjadi di bengkel sepeda motor matik adalah pergantian roller yang diakibatkan aus.

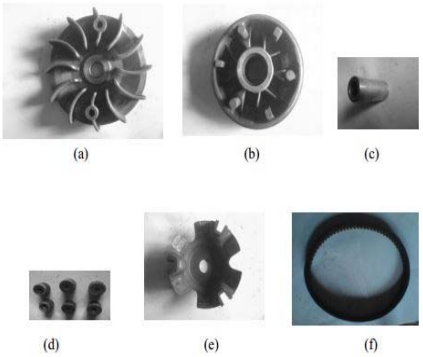
Pada penelitian sebelumnya belum ada yang spesifik membahas tentang keausan yang terjadi pada *roller*. Kebanyakan membahas tentang variasi berat *roller* dan pengaruh perubahan berat *roller* terhadap performa dari sepeda motor matik. Oleh karena itu didalam penelitian ini penulis mencoba untuk menganalisa kinematika dari pergerakan *roller*,laju keausan yang terjadi pada *roller*, dan memprediksi umur pakai dari *roller*.

II. URAIAN PENELITIAN

A. *Sistem Transmisi Otomatis*

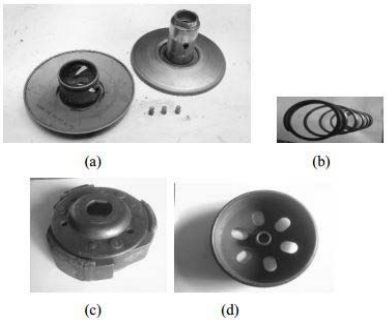
Transmisi otomatis adalah transmisi kendaraan yang pengoperasiannya dilakukan secara otomatis dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. Transmisi yang digunakan yaitu transmisi otomatis "V" belt atau yang dikenal dengan CVT (*Constantly Variable Transmission*). CVT merupakan sistem transmisi daya dari mesin menuju ban belakang menggunakan sabuk yang menghubungkan *drive pulley* dengan *driven pulley* menggunakan prinsip gaya gesek. Puli penggerak / Puli Primer adalah komponen yang berfungsi mengatur kecepatan sepeda motor berdasarkan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh roller akibat adanya putaran *engine*, yang terdiri dari beberapa komponen yaitu dinding luar puli penggerak dan kipas pendingin, dinding dalam puli penggerak (*moveable drive face*), *bushing*/ bos puli, 6 buah *roller*, plat penahan, dan sabuk *V-belt.* Komponen puli primer dapat ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini. Sedangkan Puli yang digerakkan / Puli Sekunder adalah komponen yang berkesinambungan dengan puli primer dan juga terdapat beberapa komponen didalamnya, yaitu dinding luar puli

sekunder, pegas pengembali, kampas kopling dan rumah kopling, dan dinding dalam puli sekunder. Komponen puli sekunder dapat ditunjukkan pada gambar 2 dibawah ini.



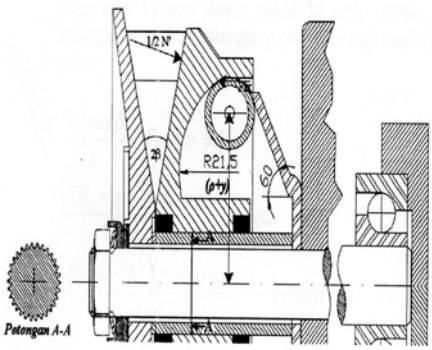
Gambar 1. Komponen Puli Primer [3]

Sedangkan Puli yang digerakkan / Puli Sekunder adalah komponen yang berkesinambungan dengan puli primer dan juga terdapat beberapa komponen didalamnya, yaitu dinding luar puli sekunder, pegas pengembali, kampas kopling dan rumah kopling, dan dinding dalam puli sekunder. Komponen puli sekunder dapat ditunjukkan pada gambar 2 dibawah ini.



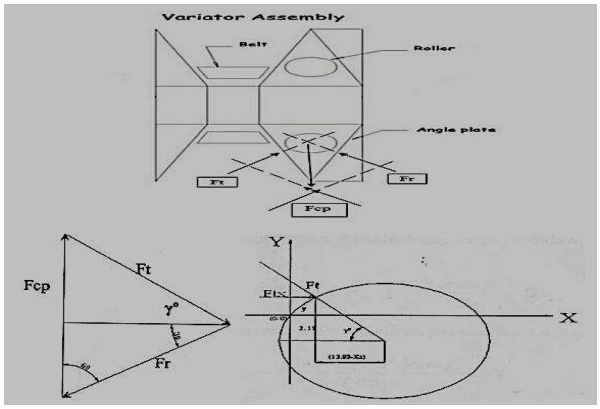
Gambar 2. Komponen Puli Sekunder [3]

B. Analisa kinematika dari pergerakan roller



Gambar 3. Diagram benda bebas dari roller bergerak [8]

Untuk menghitung besarnya harga Ft pada tiap titik garis singgung kurva lingkaran, maka diperlukan sebuah proyeksi gambar sebagai berikut :



Gambar 4. Poligon Segitiga Gaya dan Kurva Lingkaran[8]

Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat proyeksi gambar dari variator yang menjelaskan tentang vektor dalam bentuk poligon segitiga gaya dan kurva lingkaran yang menunjukkan arah posisi, sehingga didapatkan persamaan:

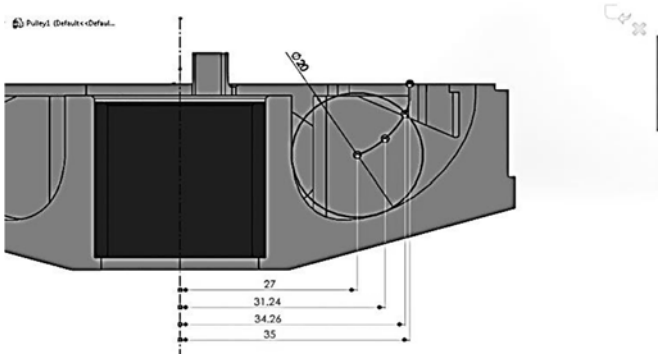
$$\frac{Ft}{\sin 60^\circ} = \frac{Fcp}{\sin(30^\circ+\gamma^\circ)}$$

$$Ft = \frac{Fcp \times \sin 60^\circ}{\sin(30^\circ+\gamma^\circ)} \quad (1)$$

Dimana Fcp adalah gaya sentrifugal

$Fcp = m\omega^2(\rho + y)$
Dimana :
M = Massa roller
ω = Kecepatan sudut ($\frac{\text{rad}}{\text{detik}}$)
ρ = Radius putar awal = 27 mm
$Ft = Gaya$ reaksi dari $variator\ drive\ pulley$
$Fr = Gaya$ reaksi dari $ramp\ plate$

C. Titik Lintasan Kecepatan pada Variator



Gambar 5. Titik Lintasan Kecepatan pada Variator

Gambar 5 merupakan gambar *roller* yang bergerak dengan kecepatan tertentu pada lintasan variator dan radius yang berbeda-beda dititik lintasan kecepatan. Kecepatan *roller* terbagi atas 3 macam pada lintasan *variator* yaitu Kecepatan rendah, menengah, dan tinggi. Dari ketiga kecepatan tersebut memiliki radius yang berbeda – beda dan gaya sentrifugal yang dihasilkan roller pun juga berbeda. Maka persamaan yang didapatkan adalah :

V Rendah $\longrightarrow$ R1 $\longrightarrow$ $Fcp1 = m.\omega^2.R1$

V Menengah $\longrightarrow$ R2 $\longrightarrow$ $Fcp2 = m.\omega^2.R2$

V Tinggi $\longrightarrow$ R3 $\longrightarrow$ $Fcp3 = m.\omega^2.R3$ (2)

D. Metode menghitung Laju Keausan

Keausan (*Wear*) adalah kerusakan pada permukaan atau hilangnya material dari satu atau kedua permukaan benda padat pada saat terjadi gesekan, perputaran atau efek dari gerakan relatif antara satu sama lain.Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap aksi mekanis (gesekan). Akibat negatif yang ditimbulkan adalah ketahanan (durability) dan kehandalan (reliability) dari benda yang aus akan berkurang karena perubahan dimensi dari benda tersebut.

Dalam mendeterminasikan keausan, teknik pengukuran yang berbeda dapat digunakan. Hal tersebut disebabkan oleh volume keausan, V, yang dapat diasumsikan merupakan fungsi dari *sliding distance*, L, kekerasan dari material yang lebih lunak, H, pembebanan yang diberikan, W, dan *sliding velocity*, $\tilde{V}$ (persamaan 3).

$$V = f(L, W, H, \tilde{V}) \quad (3)$$

Berdasarkan standar German DIN 50321, "*Wear-quantities*", keausan dapat dideteksi dengan mengukur secara langsung kuantitas keausan, yaitu dengan mengukur *wear coefficient* yang didefinisikan sebagai berikut:

a. $K' = \frac{wear\ volume}{load\ .distance} \left(\frac{mm^3}{Nm}\right)$ (4)

Atau dengan mengukur *dimensionless Archard's wear coefficient* yang didefinisikan sebagai berikut:

b. $K = \frac{wear\ volume.hardness}{load.distance}$ (5)

III. METODE PENELITIAN

Pengujian dalam penelitian ini didahului dengan Studi literatur mengenai sistem CVT (*Continously Variable Transmission*) pada sepeda motor matic khususnya pada bagian roller, mencari parameter operasional yang berkaitan dengan roller CVT, menganalisa kinematika pada roller, mengumpulkan data-data standar pengujian pada roller, melakukan pengujian dan perhitungan laju keausan pada roller, Menganalisa hasil laju keausan pada roller, Kemudian dibuat kesimpulan dari penyusunan tugas akhir ini. langkah – langkah pada yang akan dilakukan untuk dalam pengujian adalah sebagai berikut :

A. Menyiapkan Data-data pengujian.

1) Data Spesifikasi motor honda vario 125 PGM-FI

SPESIFIKASI HONDA VARIO

MESIN | KAPASITAS | KELISTRIKAN | DIMENSI | RANGKA

	TECHNO	CBS
Tipe mesin :	4 langkah, SOHC pendinginan dengan cairan	
Diameter x langkah :	52,4 x 57,9 mm	
Volume langkah :	124,8 cc	
Perbandingan kompresi :	11,0 : 1	
Daya maksimum :	11,3 PS / 8500 rpm	
Torsi maksimum :	1,1 kgf.m / 5000 rpm	
Kopling :	Otomatis, sentrifugal, tipe kering	
Starter :	Pedal dan elektrik	
Busi :	ND U22EPR-9, CPR7EA-9	
Sistem Bahan Bakar :	Injeksi (PGM-FI)	

Gambar 6. *Spesifikasi Honda Vario 125 PGM-FI*

2) Data Spesifikasi Roller Standar Vario PGM-FI

SPESIFIKASI

Satuan: mm

BAGIAN		STANDARD	BATAS SERVIS
Lebar drive belt		22,0	21,0
Movable drive face	D.D. bushing	23,989 – 24,052	24,08
	D.L. boss	23,960 – 23,974	23,93
	D.L. weight roller	19,92 – 20,08	19,5
Kopling	Ketebalan lapisan kanvas	–	2,0
	D.D. clutch outer	125,0 – 125,2	125,5
Driven pulley	Panjang bebas pegas driven face	103,1	@@
	D.L. boss driven face	33,965 – 33,985	33,94
	D.D. movable driven face	34,000 – 34,025	34,06

Gambar 7. Spesifikasi roller standard 125 PGM-FI

3) Spesifikasi material Roller (Teflon/PTFE) standar Vario 125 PGM-FI

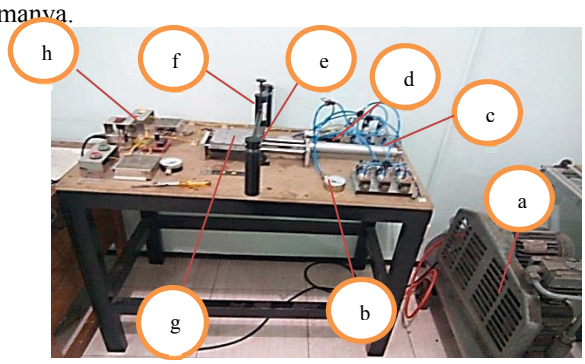
Property	Value
Density	2200 kg/m^3
Melting point	600 K
Thermal expansion	112–125 · 10^{-6} K^{-1} [22]
Thermal diffusivity	0.124 mm^2/s [23]
Young's modulus	0.5 GPa
Yield strength	23 MPa
Bulk resistivity	10^{16} Ω·m [24]
Coefficient of friction	0.05–0.10
Dielectric constant	ε = 2.1, tan(δ) < 5(-4)
Dielectric constant (60 Hz)	ε = 2.1, tan(δ) < 2(-4)
Dielectric strength (1 MHz)	60 MV/m

Physical properties	
Phase	solid
Melting point	1357.77 K (1084.62 °C, 1984.32 °F)
Boiling point	2835 K (2562 °C, 4643 °F)
Density near r.t.	8.96 g/cm^3
when liquid, at m.p.	8.02 g/cm^3
Heat of fusion	13.26 kJ/mol
Heat of vaporization	300.4 kJ/mol
Molar heat capacity	24.440 J/(mol·K)
Thermal expansion	16.5 µm/(m·K) (at 25 °C)
Thermal conductivity	401 W/(m·K)
Electrical resistivity	16.78 nΩ·m (at 20 °C)
Magnetic ordering	diamagnetic[2]
Young's modulus	110–128 GPa
Shear modulus	48 GPa
Bulk modulus	140 GPa
Poisson ratio	0.34
Mohs hardness	3.0
Vickers hardness	343–369 MPa
Brinell hardness	235–878 MPa
CAS Number	7440-50-8

Gambar 8. Spesifikasi material Roller (Teflon/PTFE) standar Vario 125 PGM-FI

B. Menyiapkan alat uji spesimen dan spesimen uji serta mengkalibrasi alat tersebut.

a. Alat uji yang digunakan untuk pengambilan data adalah *Tribometer tipe pin on plate*. Gambar 9 merupakan alat *Tribometer tipe pin on plate* beserta nama – nama bagian utamanya.



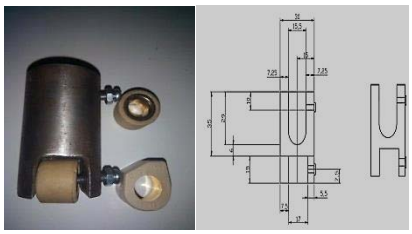
Gambar 9. Tribometer Pin On Plate

Keterangan:

- Nama-nama bagian Utama
a. Kompressor
b. Pressure Gauge
c. Sistem Pneumatik
d. Selenoid Valve
e. Spesimen Uji Roller
f. Tiang Pembebanan
g. Plate
h. Tombol Penghidup dan Tombol Pengatur Kecepatan alat

b. Spesimen uji yaitu *round roller* dan *sliding roller* serta alat pencekam pada spesimen uji agar tidak bergerak kemana-mana sewaktu pengujian berlangsung. Spesimen uji dan alat pencekam dapat ditunjukkan pada gambar 10 dan gambar 11.

Gambar 10. *Round roller dan sliding roller*



Gambar 11. *Alat Pencekam Roller*

c. Kalibrasi alat yang dilakukan adalah kalibrasi *loadcell* dan Kalibrasi kecepatan. Kalibrasi *loadcell* merupakan kalibrasi pegas dengan menggunakan berat badan dan posisi pegas berada didalam tiang pembebanan, sehingga pegas tinggal ditekan sesuai berat yang dibutuhkan. Sedangkan Kalibrasi Kecepatan dengan menggunakan Tachometer. Kalibrasi *loadcell* dan Kalibrasi Kecepatan dapat ditunjukkan pada gambar 12 dan gambar 13.

Gambar 12. Kalibrasi Loadcell

Gambar 13. *Kalibrasi Kecepatan*

Pada gambar 13 merupakan kalibrasi kecepatan alat uji dengan menggunakan tachometer dan didapatkan kecepatan pada alat uji yang dapat ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Kalibrasi Speed Control

Tombol	V (mm/s)
Kuning	70
Hijau	130
Merah	230

C. *Menentukkan Perencanaan dari eksperimen*

Penelitian ini dilakukan pada *round roller* dan *sliding roller* dengan gerakan *reciprocating* (bolak- balik) menggunakan alat uji tribometer tipe pin on plate tanpa menggunakan pelumasan (*dry sliding*).Kemudian menentukkan variasi beban dan rasio kecepatan.Besarnya rasio kecepatan antara pin dan *plate* ditentukan berdasarkan kecepatan *roller* pada lintasan dengan kecepatan alat yang digunakan dan beban yang digunakan sesuai dengan perhitungan gaya sentrifugal yang dihasilkan roller. hasil yang didapat adalah laju keausan antara *round roller* dan *sliding roller*, sehingga perhitungan laju keausan dapat digunakan untuk prediksi umur pakai dari kedua *roller* tersebut. Pada gambar 14 adalah model dari perencanaan eksperimen yang akan dilakukan.

Dalam kondisi aktual *round roller* dan *sliding roller* bergerak naik – turun, sedangkan pada perencanaan eksperimen roller dicekam dan diberikan pembebanan kearah bawah dan plate yang digerakan oleh sistem pneumatik dengan arah gerakan *reciprocating* (bolak – balik). Perencanaan eksperimen menyesuaikan dengan aktual putaran yang dihasilkan oleh motor, sehingga kecepatan pada motor dengan alat uji dibuat sebuah perbandingan rasio kecepatan dengan selang waktu yang ditentukan pada gerakan r*eciprocating* (bolak – balik).

Gambar 14 Perencanaan *ekperimen*

Dalam perencanaan eksperimen *pin on plate* ini perlu memperhitungkan terlebih dahulu lamanya selang waktu yang dibutuhkan dengan rasio kecepatan motor yang telah ditentukan. Lamanya waktu pengujian dihitung dengan menggunakan formula berikut :

$$t = \frac{L}{v} \qquad (6)$$

Keterangan :
t = waktu pengujian (s)
L = *sliding distance* (m)
v = Kecepatan (m/s)

Sedangkan perencanaan eksperimen untuk pengujian keausan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perencanaan ekperimen Pengujian Keausan

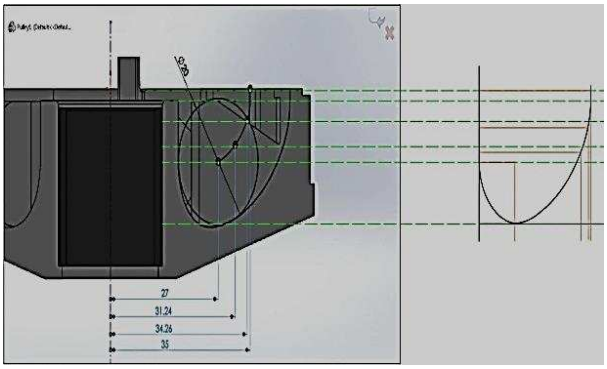
Jenis Roller	Kecepatan Alat	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Δm (gr)	V (mm/s)	L (mm)	t (menit)	Beban (kg)
Round roller	Rendah	13				1500		1,3
								1,06
Sliding roller		13						1,3
								1,06
Round roller	Menengah	13				1500		11,9
								5,4
Sliding roller		13						11,9
								5,4
Round roller	Tinggi	13				1500		35,1
								2,7
Sliding roller		13						35,1
								2,7

Perubahan massa (Δm) didapatkan dengan menimbang pin sebelum dilakukan pengujian dan kemudian ditimbang lagi menggunakan timbangan digital setelah dilakukan pengujian. V(Kecepatan roller), L(Panjang Lintasan), t(waktu pengujian). Untuk menghitung perubahan volume (ΔV) pin yang terjadi dengan menggunakan rumus seperti persamaan 7 dibawah ini :

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho} \qquad (7)$$

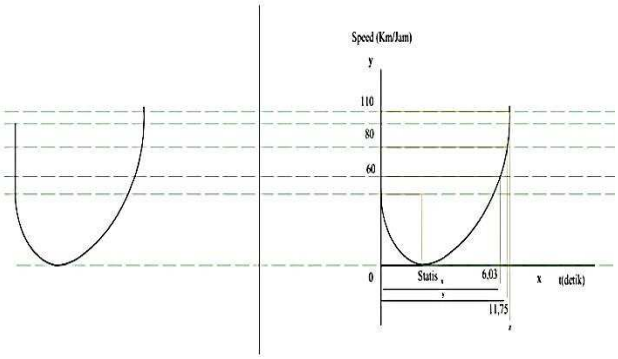
IV. HASIL DAN DISKUSI

Analisa Kinematika kecepatan roller pada lintasan ini sangat dibutuhkan sebagai acuan dari pengujian laju keausan roller yang terjadi pada saat engine (rpm) berputar. Untuk menganalisa kinematika kecepatan roller pada lintasan variator perlu mengetahui jarak, kecepatan roller pada rpm tertentu dan selang waktu yang dibutuhkan



Gambar 15. *Lintasan Variator yang berbentuk Kurvatur*

Berdasarkan eksperimen mengendarai sepeda motor Honda Vario 125 PGM-FI dengan kecepatan 0-60 km/jam didapatkan waktu 6,03 detik, kecepatan 0-80 km/jam didapatkan waktu 11,75 detik. Proyeksi pada gambar ditentukan sesuai hasil eksperimen dari mengendarai sepeda motor dan untuk menentukan nilai waktu dapat ditarik garis sumbu x dan y seperti pada gambar 16.



Gambar 16. *Proyeksi gambar kurva*

Dari Proyeksi gambar 16 dapat dibuat grafik perbandingan antara kecepatan dengan waktu melalui autocad, sehingga contoh perhitungan waktu dapat dituliskan sebagai berikut:

1. $\frac{Jarak\ 0-11{,}75}{11{,}75} = \frac{jarak\ 0-x}{x}$

   $x = t_1 = 11{,}255$ detik (8)

2. $\frac{Jarak\ 0-11{,}75}{11{,}75} = \frac{jarak\ 0-y}{y}$

   $y = t2 = 11{,}86$ detik (9)

3. $\frac{Jarak\ 0-11{,}75}{11{,}75} = \frac{jarak\ 0-110}{z}$

   $z = t_3 = 12{,}003$ detik (10)

Sedangkan kecepatan didapatkan berdasarkan posisi *roller* yang diukur dari panjang kurva pada posisi tersebut dengan autocad, sehingga perhitungan kecepatan mengukur *Arc length* sesuai pada posisi roller di lintasan terlebih dahulu pada autocad yang dibagi dengan skala gambar. Gunakkan formula $t = \frac{L}{v}$ untuk mendapatkan nilai kecepatan dan waktu pengujian.

1. Posisi titik 0-1

   $\frac{Arc\ Length\ pada\ gambar}{skala\ gambar} = \frac{3814{,}11}{378{,}89} = 10{,}067\ mm$

   $t = \frac{L}{v}$

   $V_1 = 0{,}8944$ mm/s (12)

2. Posisi titik 0-2

   $\frac{Arc\ Length\ pada\ gambar}{skala\ gambar} = \frac{7701{,}31}{378{,}89} = 20{,}352\ mm$

   $V_2 = 1{,}7152$ mm/s (13)

3. Posisi titik 0-3

   $\frac{Arc\ Length\ pada\ gambar}{skala\ gambar} = \frac{10640{,}35}{378{,}89} = 28{,}083\ mm$

   $V_3 = 2{,}34$ mm/s (14)

Berikut ini Hasil Gaya Sentrifugal *Roller* dan Pembebanan yang diterima dan data Hasil Percobaan pada tabel 3 dan 4 sedangkan Hasil Perhitungan dan Perhitungan umur pakai pada tabel 5 dan 6.

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan beban yang diterima (R1 dan R2)

Perhitungan Gaya Sentrifugal dan pembebanan yang diterima

Posisi	M (kg)	ρ (kg/m³)	n (rpm)	ω (rad/s)	R (mm)	R (m)	θ1 (deg)	θ2 (deg)
1	0,013	2200	1700	177,933	31,240	0,0312	47,340	69,687
2	0,013	2200	5100	533,800	34,260	0,0343	25,410	69,687
3	0,013	2200	8500	889,667	35,000	0,0350	4,279	69,687

Posisi	θb1 (deg)	θb2 (deg)	Fc (N)	R1 (N)	R2 (N)	Rb (N)	Fb (N)
1	16,507	73,836	12,858	13,537	10,615	14,118	7,861
2	27,325	73,836	126,908	119,488	54,671	134,495	74,884
3	37,682	73,836	360,136	351,409	27,959	444,026	247,223

Note :

R : Radius Roller terhadap sumbu Pulley (m)
θ1 : Sudut Normal Fc Terhadap Pulley (deg)
θ2 : Sudut Normal Fc Terhadap Ramp Plate (deg)
θb1 : Sudut Antara Normal Roller Pulley dan Normal Pulley Belt (deg)
θb2 : Sudut Normal Belt Terhadap Pulley (deg)
n : Kecepatan Pulley (rpm)
ω : Kecepatan Sudut Pulley (rad/s)
Fc : Gaya Sentrifugal (N)
R1 : Gaya Normal Roller Terhadap Pulley (N)
R2 : Gaya Normal Roller Terhadap Ramp Plate (N)
Rb : Gaya Normal Pulley Terhadap Belt (N)
Fb : Gaya Tegang Belt (N)

Tabel 4. Data Hasil Percobaan

Jenis Roller	Kecepatan Alat	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Δm (gr)	V (mm/s)	L (mm)	t (menit)	Beban (kg)
Round roller	Rendah	13	12,978	0,022	0,8944	1500	28	1,3
								1,06
Sliding roller		13	12,984	0,016				1,3
								1,06
Round roller	Menengah	13	12,773	0,227	1,7152	1500	15	11,9
								5,4
Sliding roller		13	12,879	0,121				11,9
								5,4
Round roller	Tinggi	13	12,648	0,352	2,34	1500	11	35,1
								2,7
Sliding roller		13	12,728	0,272				35,1
								2,7

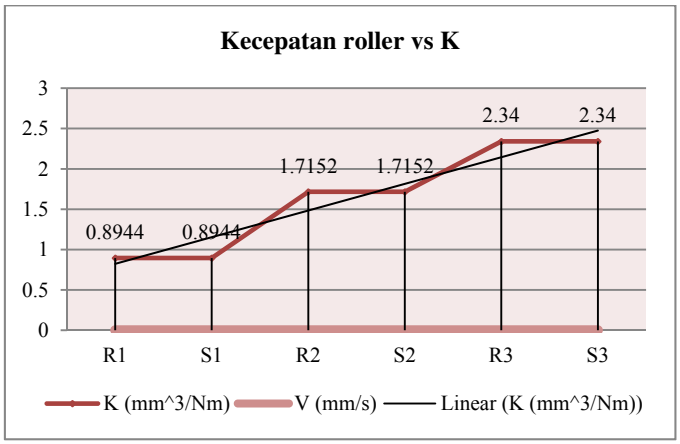
Tabel 5. Hasil Perhitungan

Roller	Δm (kg)	L (m)	F (N)	ΔV (mm³)	K (mm³/Nm)	
Round1	0,000022	1,5	13	0,0100	0,0000512821	0,000628931
			10,6			
Sliding1	0,000016		13	0,073	0,00037296	0,000457404
			10,6			
Round2	0,000227	1,5	119	0,1032	0,000578049	0,00127385
			54			
Sliding2	0,000121		119	0,0550	0,000308123	0,000679012
			55			
Round3	0,000352	1,5	351	0,1600	0,000303894	0,003950617
			27			
Sliding3	0,000272		351	0,1236	0,000234827	0,00305275
			27			

Tabel 6. Perhitungan Umur Pakai

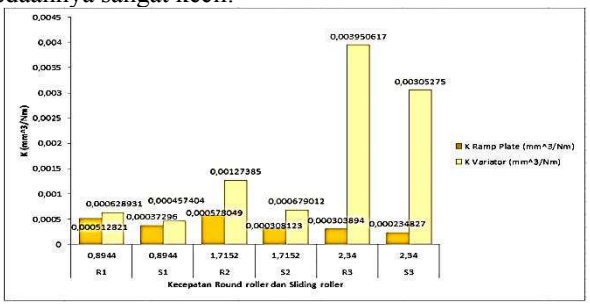
Jenis Roller (*Round roller* dan *Sliding roller*)	Pemakaian 6 jam sehari dalam satu tahun	Batas volume roller yang tergerus (Δd)	Umur Pakai (Tahun)
R_1	34,5600	29,4375	0,8518
S_1	25,1345	29,4375	1,1712
R_2	356,5964	29,4375	0,0826
S_2	190,0800	29,4375	0,1549
R_3	552,9600	29,4375	0,0532
S_3	427,2873	29,4375	0,0689

Berdasarkan tabel 3, 4, 5 dan 6 dapat dibuat grafik *Spesific Wear Rate,* yang mana Grafik menjelaskan 3 variasi kecepatan yang berbeda pada *round roller* dan *sliding roller* dengan jarak gesekan dijaga konstan dan pembebanan yang diberikan pada tiap kecepatan berbeda-beda dikarenakan adanya gaya sentrifugal. Grafik *Spesific Wear Rate* di gambar 17 trendline *Spesific Wear Rate* pada *round roller* dan *sliding roller* menunjukkan naik, dimana kedua roller bergerak dari kecepatan rendah menuju ke kecepatan tinggi. Berdasarkan dari grafik, trendline pada *Spesific Wear Rate linier* naik karena semakin tinggi kecepatan maka semakin besar laju keausan yang terjadi pada spesimen.



Gambar 17. *Proyeksi gambar kurva*

Pada gambar 18 merupakan nilai laju keausan terhadap 3 variasi kecepatan yang berbeda hasil dari laju keausan antara *round roller* dan *sliding roller* yang berbeda namun perbedaannya sangat kecil.



Gambar 18. *Nilai laju keausan terhadap 3 variasi kecepatan*

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari studi eksperimental dan analisa laju keausan *roller* pada sistem CVT dengan gerakan *reciprocating* adalah :

1. kecepatan roller yang berbeda dan waktu yang ditentukan dari proyeksi gambar lintasan, yaitu V_1= 0,8944 mm/s, V_2 = 1,7152 mm/s, V_3= 2,34 mm/s, t_1= 11,255 s, t2= 11,86 s, dan t_3= 12,003 s pada alat tribometer *tipe pin on plate* dengan gerakan *reciprocating* didapatkan rata-rata nilai laju keausan yang berbeda pada roller tersebut. Hasil *Spesific Wear Rate* pada *round roller* adalah 0,000628931, 0,00127385, dan 0,003950617, sedangkan *Spesific Wear Rate* pada *sliding roller* adalah 0,000457404, 0,000679012, dan 0,00305275. Grafik *Spesific Wear Rate* pada kedua jenis roller menunjukkan trendline naik sudah sesuai teori *Spesific Wear Rate Linier* ,dimana semakin tinggi kecepatan maka semakin besar nilai laju keausan yang terjadi.
2. Dari hasil perhitungan umur pakai roller, maka hasil pemakaian sepeda motor matik 6 jam sehari selama satu tahun didapatkan rata-rata perbandingan umur pakai, dimana *round roller* bisa bertahan ± 3 bulan dan *sliding rolle* bisa bertahan ± 4 bulan.

Dari berbagai kendala yang didapat pada saat pengujian, adapun saran yang diusulkan oleh penulis adalah Perlu adanya perawatan secara berkala dan pergantian komponen pada alat Tribometer tipe *Pin On Plate* di laboratorium Mekanika Benda Padat ITS-Surabaya agar alat dapat bekerja dengan baik saat melakukan pengujian dan dapat hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Sutantra, I. N., & Sampurno. (2010). *Teknologi Otomotif Edisi Kedua.* Surabaya: Intitut Teknologi Sepuluh Nopember.
[2] Jama, Julius (2008). Teknik Sepeda Motor.
[3] Rochadi, Fuad. 2007. Pembuatan Alat Peraga Transmisi Otomatis Sepeda Motor. Surakarta.
[4] Bhushan, Bharat. 2013. Principles and Applications of Tribology. New York : John Wiley & Sons, INC.
[5] Mansyur, Ibrahim. 2012. Tribometer Actuator Mechanism Design Pin-On-Plate with Driver Reciprocating Motion Eletropneumatic. Surabaya.
[6] Wijanarko. 2007. Analisa pengaruh perubahan massa *roller* penggerak variator pada Continously Variable Transmission (CVT) terhadap kinerja traksi pada sepeda motor yamaha mio. Surabaya.
[7] Ludema, C. Kenneth. 1996. Friction, Wear, Lubrication : A Textbook in Tribology. USA : CRC Press.