

LAMPIRAN 1

Tabel 1-A Properti Baja AISI 304 pada Komponen Pin Piston dan *Bolt-Nut Connecting Rod*

No	Sifat Material	Nilai	Satuan
1	Modulus Elastisitas	1.2258e+008	N/in ²
2	Rasio Poisson	0.29	
3	<i>Shear Modulus</i>	4.8387e+007	N/in ²
4	Koefisien <i>Thermal Expansion</i>	1.8e-005	
5	Massa Jenis	0.289018	lb/in ³
6	Konduktivitas Termal	16	W/m.K
7	Kalor Jenis	500	J/kg.K
8	<i>Tensile Strength</i>	333559	N/in ²
9	<i>Yield Strength</i>	133424	N/in ²

Tabel 1-B Properti AISI 4340 *Stainless Steel Sheet* (SS) pada Komponen Snap Ring

No	Sifat Material	Nilai	Satuan
1	Modulus Elastisitas	1.24516e+008	N/in ²
2	Rasio Poisson	0.27	
3	Koefisien <i>Thermal Expansion</i>	1.6e-005	
4	Massa Jenis	0.289018	lb/in ³
5	Konduktivitas Termal	16.3	W/m.K
6	Kalor Jenis	500	J/kg.K
7	<i>Tensile Strength</i>	374193	N/in ²
8	<i>Yield Strength</i>	111206	N/in ²
9	Faktor Pengerasan (0.0-1.0; 0.0=isotropic; 1.0=kinematic)	0.000548386	N/in ²

Tabel 1-C Properti Aluminium *Alloys* 4032-T6 pada Komponen Piston

No	Sifat Material	Nilai	Satuan
1	Modulus Elastisitas	5.09676e+007	N/in ²
2	Rasio Poisson	0.34	
3	<i>Shear Modulus</i>	1.67742e+007	N/in ²
4	Koefisien <i>Thermal Expansion</i>	1.94e-005	
5	Massa Jenis	0.0968211	lb/in ³
6	Konduktivitas Termal	138	W/m.K
7	Kalor Jenis	850	J/kg.K
8	<i>Tensile Strength</i>	245161	N/in ²
9	<i>Yield Strength</i>	203225	N/in ²

LAMPIRAN 3

Command Program Matlab Untuk Menyelesaikan Persamaan Mekanisme *Slider Crank* pada Penelitian Ini

```
clc
clear

% measured weight of components
% piston          330.87gr
% piston+pin     417.63gr
% connecting-rod+cap 283.35gr
% connecting-rod  244.89gr
% cap            38.50gr
% pin           86.79gr

l1 = 36.98494e-3;
l2 = 120.777e-3;
mcrank = 3.7191;
mrod = 283.35e-3;
I2 = 662523.4802e-9;
lg = 28.5827e-3;
mp = 417.63e-3;
load = xlsread('load.xls');

for theta_t= 1:145
    theta = (theta_t-1)*5*pi/180;
    theta_d = 2800*2*pi/60;
    theta_dd = 0;
    beta(theta_t) = asin(l1*sin(theta)/l2);
    beta_d(theta_t) = theta_d*l1*cos(theta)/l2/sqrt(1-
(l1*sin(theta)/l2)^2);
    beta_dd(theta_t) = l1/l2*(theta_dd*cos(theta) -
theta_d^2*sin(theta))/sqrt(1-
(l1*sin(theta)/l2)^2)+theta_d^2*l1^2/l2^2*(cos(theta))^2*l1/l2*sin(theta)/
((1-(l1*sin(theta)/l2)^2)^1.5);
    v_pis(theta_t) = -l1*theta_d*sin(theta) -
l1^2/l2*theta_d*sin(theta)*cos(theta)/sqrt(1-(l1/l2*sin(theta)^2));
    a_rod_x(theta_t) = -l1*theta_dd*sin(theta) -
l1*theta_d^2*cos(theta) -theta_dd*lg*l1^2*sin(2*theta)/(l2^2*sqrt(1-
(l1*sin(theta)/l2)^2)) -theta_d^2*lg*l1^2/l2^2*(2*cos(2*theta)*sqrt(1-
(l1*sin(theta)/l2)^2)+sin(2*theta)*l1^2/l2^2*sin(theta)*cos(theta)/sqrt
(1-(l1*sin(theta)/l2)^2)/(2*(1-(l1*sin(theta)/l2)^2));
    a_rod_y(theta_t) = l1*theta_dd*cos(theta) -l1*theta_d^2*sin(theta) -
lg*l1/l2*theta_dd*cos(theta) +lg*l1/l2*theta_d^2*sin(theta);
    a_pis_x(theta_t) = -l1*theta_dd*sin(theta) -
l1*theta_d^2*cos(theta) -l1^2/l2*theta_dd*sin(theta)*cos(theta)/sqrt(1-
(l1*sin(theta)/l2)^2) -theta_d^2*l1^2/l2*(2*cos(2*theta)*sqrt(1-
(l1*sin(theta)/l2)^2)+sin(2*theta)*l1^2/l1^2*sin(theta)*cos(theta)/sqrt
(1-(l1*sin(theta)/l2)^2)/(2*(1-l1*sin(theta)/l2)^2));
    f_pis_x(theta_t) = load(theta_t,2)*1e5*pi*.089^2/4;
    f_a_x(theta_t) = mrod*a_rod_x(theta_t)+f_pis_x(theta_t);
```

```

        f_a_y(theta_t) = 1/l2*((I2*beta_dd(theta_t)-
(f_a_x(theta_t)*lg+f_pis_x(theta_t)*(l2-
lg))*sin(beta(theta_t)))/cos(beta(theta_t)))+1/l2*mrod*a_rod_y(theta_t
)*(l2-lg);
        f_local_x(theta_t) =
f_a_x(theta_t)*cos(theta)+f_a_y(theta_t)*sin(theta);
        f_local_y(theta_t) = f_a_y(theta_t)*cos(theta)-
f_a_x(theta_t)*sin(theta);
end

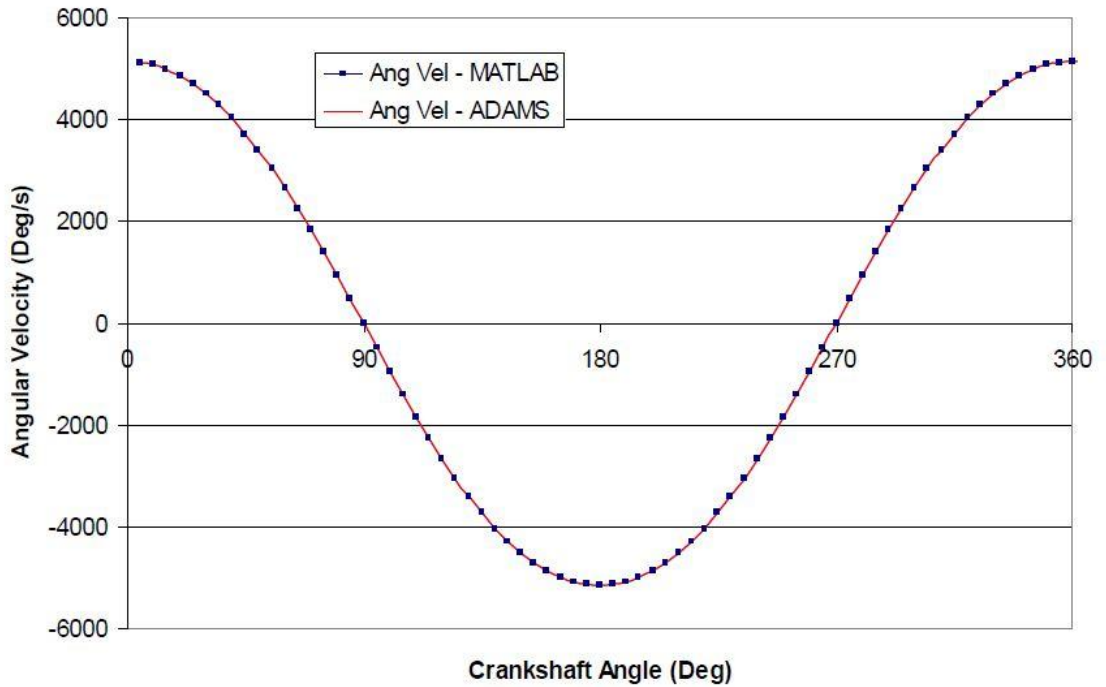
```

```

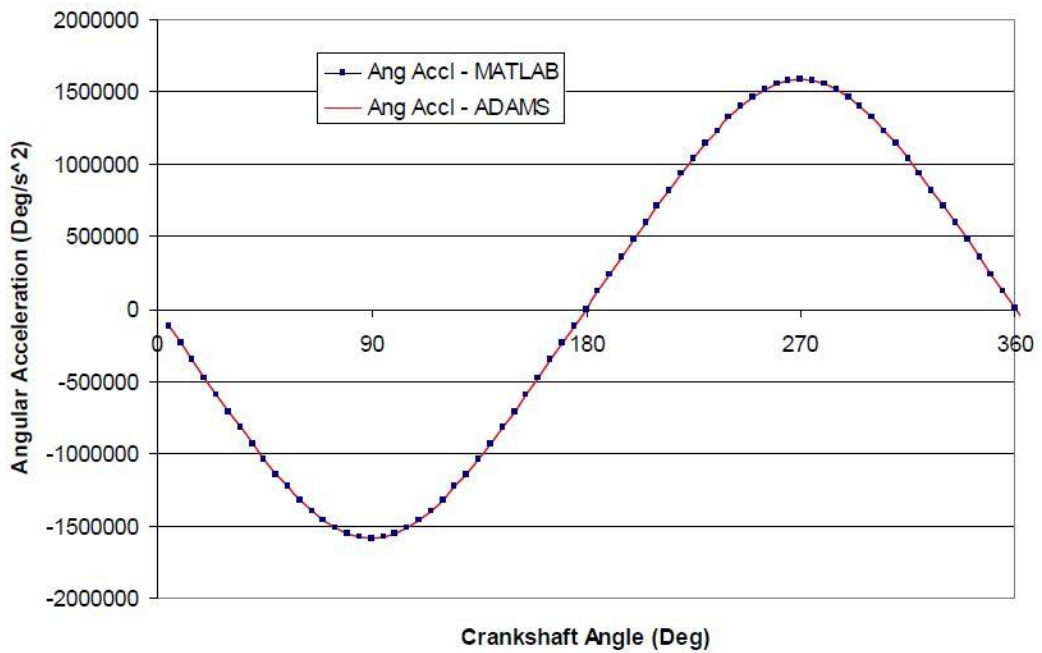
figure(2)
hold off
plot(load(:,1),f_a_x,'r-')
hold on
plot(load(:,1),f_a_y,'g-')
grid
title('Force Between Piston and Connecting rod @ 2000 rpm')
xlabel('Crankshaft Angle (Degree)')
ylabel('Force N')
legend('Axial','Normal','Magnitude')

```

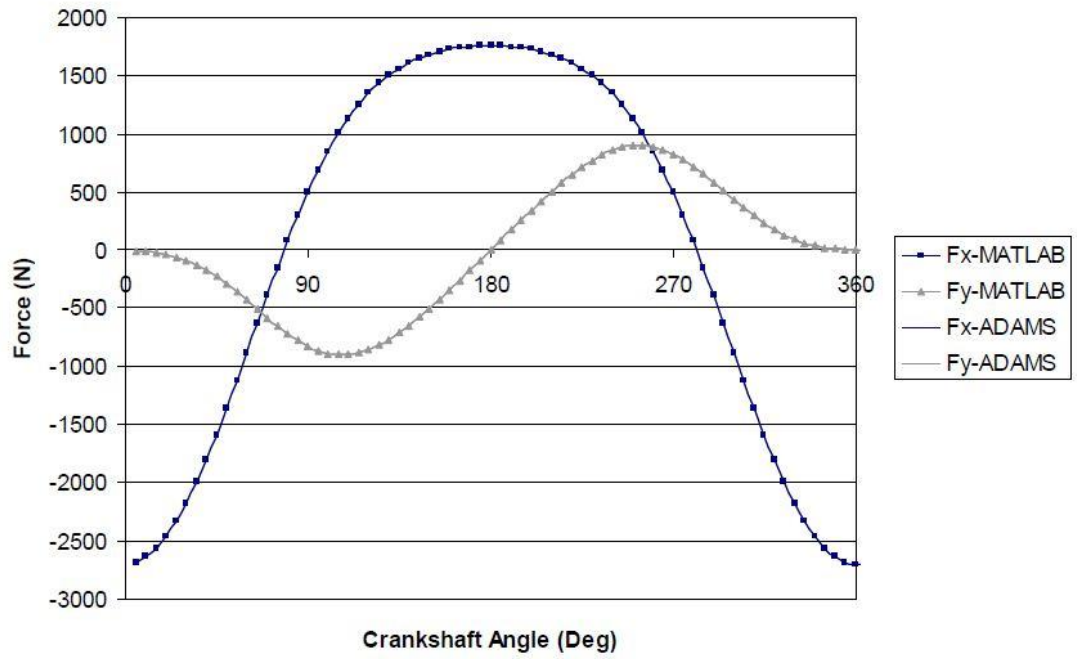
LAMPIRAN 4



Gambar 4-A Hasil plot grafik program Matlab untuk analisa kecepatan angular sambungan *crankshaft* dan *connecting rod* pada kecepatan rotasi mesin 2800 rpm [2].



Gambar 4-B Hasil plot grafik program Matlab untuk analisa percepatan angular sambungan *crankshaft* dan *connecting rod* pada kecepatan rotasi mesin 2800 rpm [2].



Gambar 4-C Hasil plot grafik program Matlab untuk analisa gaya sambungan *crankshaft* dan *connecting rod* pada kecepatan rotasi mesin 2800 rpm [2].

LAMPIRAN 5

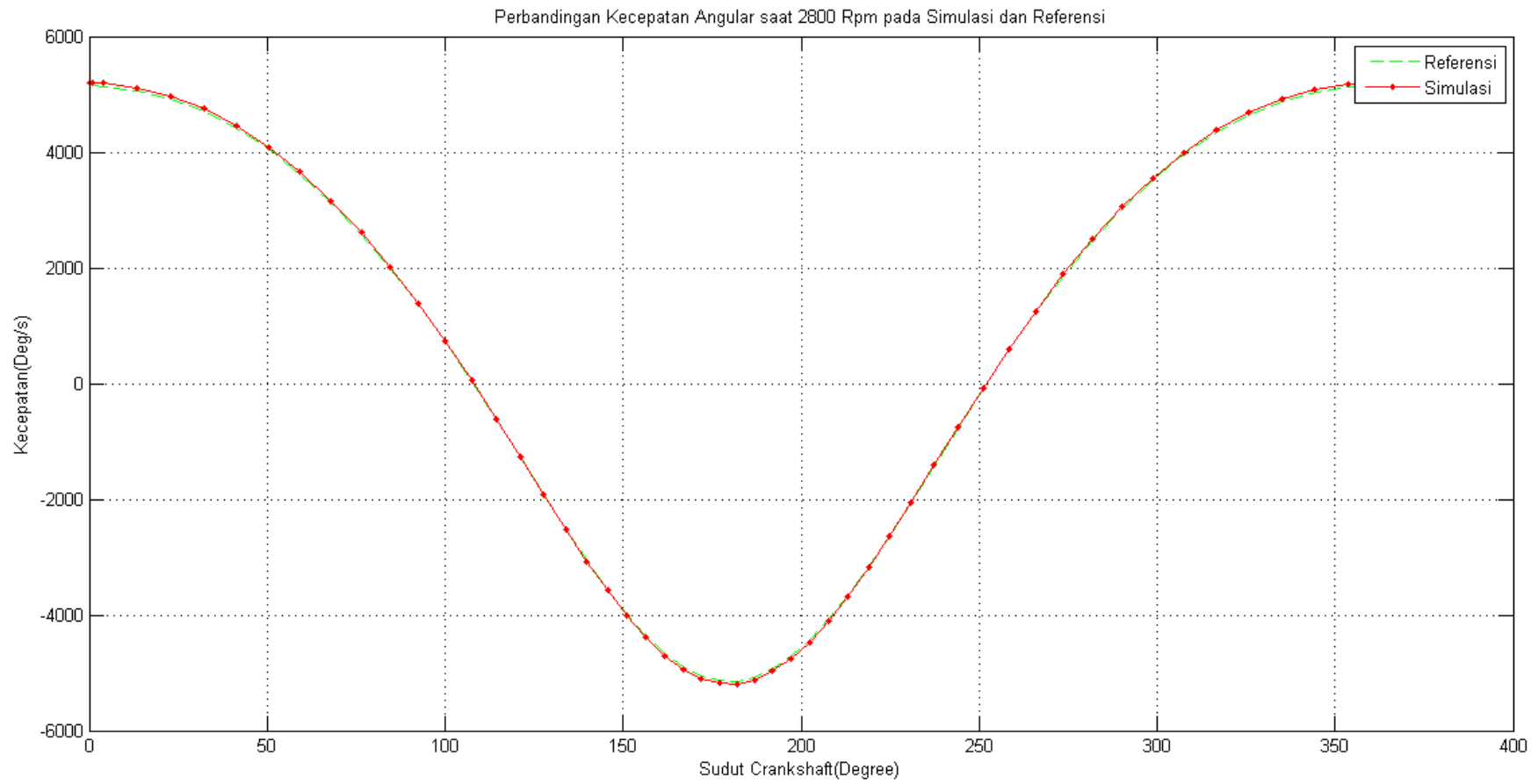
Lampiran 5, berisi tentang perbandingan antara hasil grafik simulasi dengan grafik referensi yang digunakan. Perbandingan dilakukan dengan mensimulasikan model mekanisme *slider crank* dan data pada grafik referensi dengan menggunakan Simmechanic, kemudian dibandingkan hasil simulasi tersebut dengan model pada penelitian pada Tugas Akhir ini. Berikut parameter yang digunakan untuk mensimulasikan model pada referensi dan model pada penelitian ini : (Model pada referensi selanjutnya disebut “referensi” dan model pada penelitian Tugas Akhir disebut “simulasi”)

1. Referensi dan simulasi menggunakan variasi kecepatan rotasi mesin 2800 rpm. Karena kecepatan rotasi mesin ini digunakan pula pada perhitungan referensi pada Matlab.
2. *Crankshaft* pada referensi dan simulasi sama-sama berputar hingga 360 derajat.
3. Data dan parameter yang diisikan pada blok Simmechanic sesuai tabel 5-A.

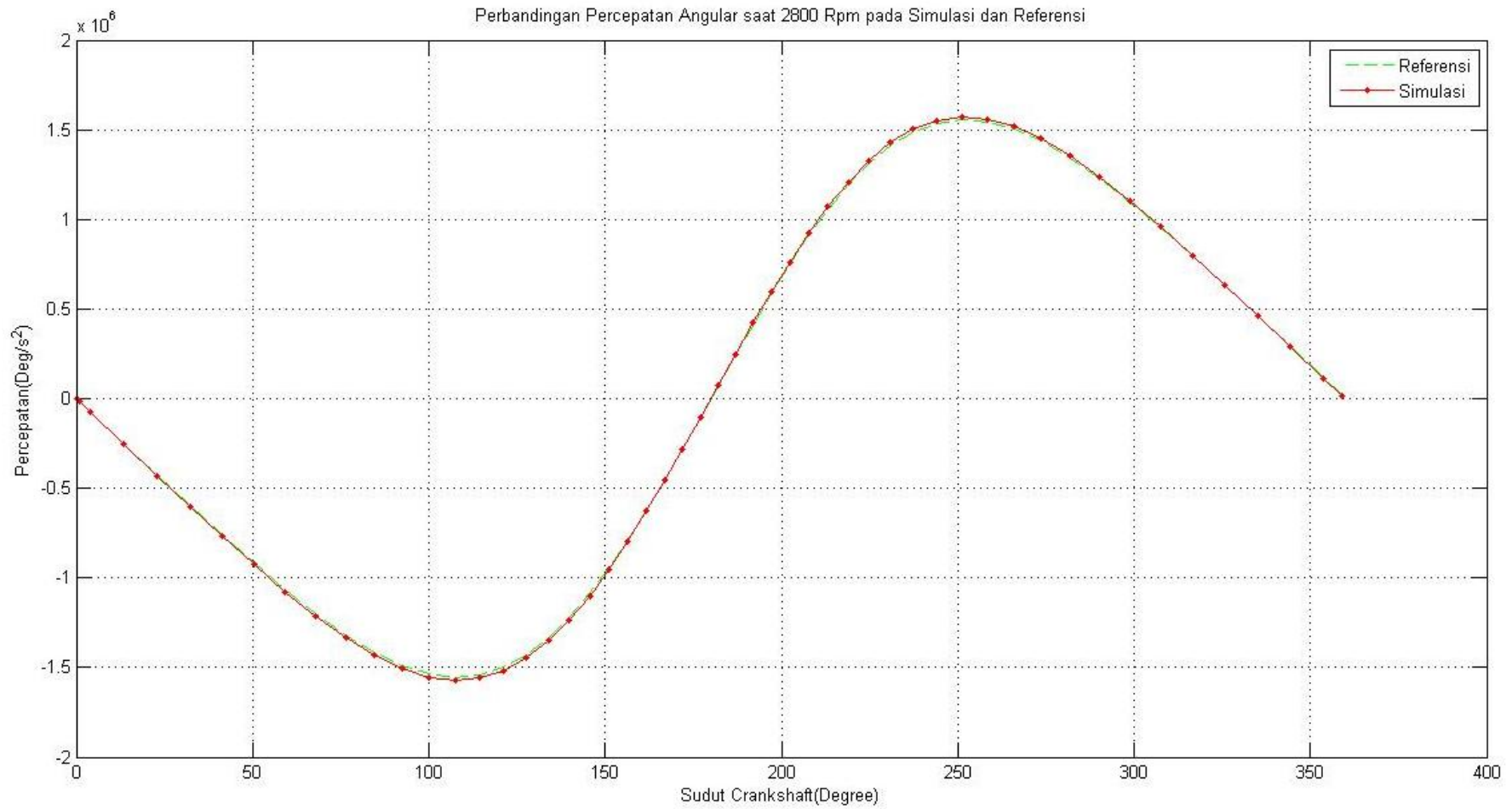
Pada gambar 5-A, terlihat kecepatan angular baik pada referensi maupun simulasi memiliki besaran yang sama. Begitu pula pada gambar 5-B, percepatan angularnya juga memiliki besaran yang sama. Sedangkan pada gambar 5-C, yaitu gaya pada sambungan *connecting rod* memiliki besaran yang cukup berbeda tetapi masih terlihat jalur grafiknya serupa. Hal ini dikarenakan perbedaan parameter massa pada data tabel 5-A, dimana perbedaan massa ini disebabkan perbedaan pemilihan material, contohnya pada *crankshaft*, referensi menggunakan material *micro-alloy grades*(MA1 dan MA2) sedangkan pada simulasi menggunakan baja SAE 4140.

Tabel 5-A Data pada Model Referensi dan Simulasi

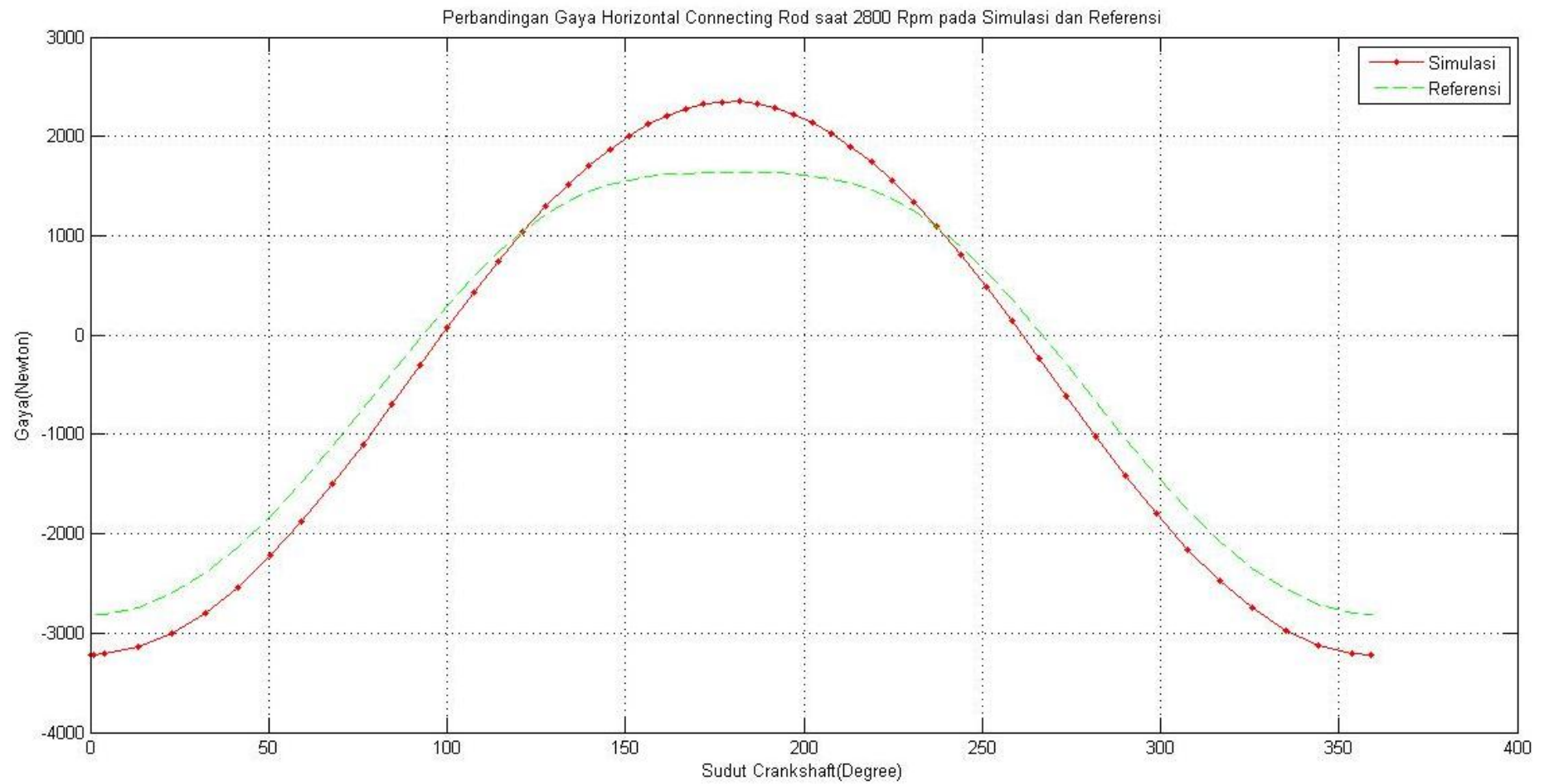
No	Parameter	Simulasi	Referensi	Satuan
1	Massa Crankshaft	10.95	14.88	kg
2	Massa Connecting Rod	0.56	0.28	kg
3	Massa Piston	0.31	0.42	kg
4	Crank Length	37.10	36.99	mm
5	Piston Length	36.00	36.00	mm
6	Conrod Length	120.00	120.78	mm
7	CG Length of Conrod	28.50	28.60	mm



Gambar 5-A Grafik plot kecepatan angular *connecting rod* untuk model referensi dan simulasi.



Gambar 5-B Grafik plot percepatan angular *connecting rod* untuk model referensi dan simulasi.



Gambar 5-C Grafik plot gaya pada sambungan *crankshaft* dan *connecting rod* untuk model referensi dan simulasi.