

## Analisa Kinematik Watt's Link pada Suspensi Holden Torana

Mestoko, Yizhar<sup>1)</sup>, Jonoadji, Ninuk<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra (9 pt)<sup>1,2)</sup>

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia<sup>1,2)</sup>

Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658<sup>1,2)</sup>

E-mail : [yizharbechamelputramestoko@gmail.com](mailto:yizharbechamelputramestoko@gmail.com)<sup>1)</sup>, [ninukj@petra.ac.id](mailto:ninukj@petra.ac.id)<sup>2)</sup>

**Abstrak.** Dapat dikatakan bahwa stabilitas kendaraan ditentukan oleh salah satunya adalah stabilizer. Salah satu upaya untuk meningkatkan stabilitas dari kendaraan adalah dengan menambah komponen stabilizer seperti Watt's Link. Watt's link merupakan sebuah stabilizer yang berfungsi untuk mencegah pergerakan menyamping dari gardan terhadap sumbu aksialnya. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisa kinematik dari Watt's Link. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengerti cara kerja dari Watt's Link, memahami sudut-sudut optimalnya, dan mengetahui simpangan gardan saat diterapkan Watt's Link. Dari hasil analisa kinematik posisi dari Watt's Link watt's link mampu menghasilkan pergerakan yang bisa dianggap lurus sepanjang 69.08 mm dan range optimal batang ayun dari Watt's link berayun adalah sebesar 11°. Dan dari hasil pengujian statis simpangan gardan didapati bahwa Watt's link mampu untuk mengurangi simpangan gardan dari titik tengah chassis hingga 0.7 mm, sehingga ketika kendaraan melakukan manuver dengan kecepatan tinggi mampu mengurangi gejala oversteer.

**Kata Kunci:** 4 bar linkage ; Watt's link ; stabilizer ; rear suspension

### 1. Pendahuluan

Berdasarkan BPS (Badan Pusat Statistik) Indonesia mencatat jumlah mobil di Indonesia setiap tahun meningkat sebesar sekitar 7%-8% [1]. Dengan hal tersebut, mobil-mobil klasik Amerika juga bertambah jumlahnya di Indonesia. Keperluan akan mobil klasik Amerika di Indonesia merupakan bagian dari tuntutan hobi dan prestise beberapa orang Indonesia. Dengan memperhatikan kebutuhan akan mobil tersebut, maka banyak perusahaan-perusahaan dan pabrik-pabrik otomotif diseluruh dunia berusaha untuk memproduksi ulang *part-part* mobil tersebut dan bahkan membangun ulang mobil tersebut dengan keunggulan masing-masing agar dapat bersaing dalam pasar.

G'SPEED Indonesia adalah *workshop* yang bergerak dalam bidang produksi otomotif, di mana dalam produksinya banyak merestorasi mobil klasik Amerika bermesin V8 dengan meningkatkan keamanan dan kenyamanan tanpa mengabaikan faktor estetika mobil tersebut. Proses restorasi yang dilakukan meliputi restorasi mesin, restorasi sasis, restorasi bodi, restorasi sistem kemudi dan suspensi, dan restorasi yang menyangkut seluruh sistem kendaraan. . Dalam proses restorasi ini banyak sistim pada mobil pabrikan Amerika yang didesain ulang sendiri oleh pihak G'Speed agar semua sistim tersebut dapat berfungsi dengan baik saat diterapkan di mobil yang diperuntukan untuk iklim dan kondisi jalan di Indonesia. Sehingga banyak komponen mobil bawaan dari Amerika didesain ulang, contohnya seperti mesin V8 dan sistem suspensi.

Salah satu proyek mobil yaitu Holden Torana telah didesain ulang G'Speed adalah sistem suspensinya dengan menerapkan sistem suspensi kombinasi 4 *link* dan *Watt's link*. *Watt's link* digunakan di as roda belakang beberapa suspensi mobil sebagai perbaikan dari batang *panhard*, yang dirancang pada awal abad ke-20 [2]. Kedua metode tersebut bertujuan untuk mencegah pergerakan *sideways* relatif antara poros dan bodi mobil. *Watt's linkage* mendekati gerakan garis lurus vertikal lebih dekat, dan melakukannya saat menemukan pusat poros daripada menuju satu sisi kendaraan, seperti yang lebih umum digunakan saat memasang batang *panhard* yang panjang untuk mesin uap Watt. Hal ini juga digunakan dalam suspensi mobil, yang memungkinkan poros kendaraan bergerak secara vertikal sambil mencegah gerakan menyamping.



Gambar 1.1 *Watt's link* pada suspensi belakang Holden Torana

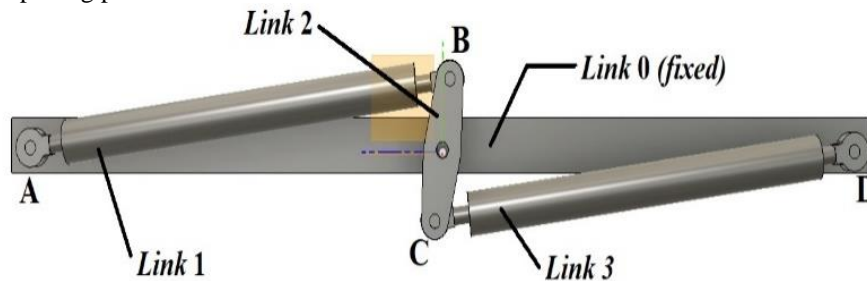
Tujuan akhir dari jurnal ini adalah untuk menganalisis kinematik dari *watt's link* dan pengaruh sudut *watt's link* terhadap sistem suspensi serta pengaruhnya terhadap mengurangi pergerakan translasi gardan terhadap sumbu axialnya.

## 2. Metode Penelitian



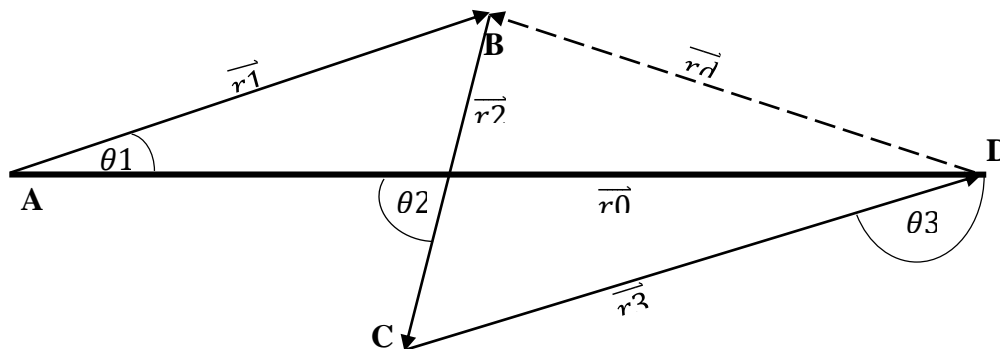
Metode penelitian diawali dengan studi literatur dengan pengumpulan data dan jurnal sebagai penunjang dalam melakukan penelitian. Setelah itu dilakukan proses pengumpulan data aktual dengan melakukan pengukuran dimensi dari gardan beserta lengan ayun atau *armnya*, dan masing-masing komponen penyusun *watt's link* seperti plat yang menempel pada *chassis*, batang hubung, dan bracket yang akan dipasang pada gardan. Proses pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dan *roll meter*. Pada proses pengukuran komponen *watt's link*, komponen yang sangat penting adalah batang hubung yaitu 2 batang tubular dan 1 batang *follower*. Dari hasil pengukuran didapati bahwa masing-masing panjang batang tubular dari titik tengah lubang *ball-jointnya* adalah 446 mm dan panjang batang *follower* dari titik tengah lubangnya ke titik ujungnya yaitu 110 mm. Parameter ini merupakan komponen penting dalam analisa kinematikanya. Untuk mengetahui posisi dan sudut yang dibentuk oleh masing-masing batang linkage pada *Watt's link* maka analisa posisi

vektor dapat digunakan untuk menyelesaikannya. Mekanisme *watt's link* merupakan mekanisme hubung 4 batang, jadi persamaan mekanisme hubung 4 batang dapat diaplikasikan pada *watt's link*. Dari data pengukuran masing-masing *linkage* kemudian dimasukkan ke dalam sebuah *software* CAM (*Computer Aided Machining*) untuk kemudian mengetahui geometri awal dari *watt's link* yang sudah terpasang pada mobil.



Gambar 2.1 Posisi awal *watt's link*

Dari gambar 3.4 didapati parameter sebagai link 0 (batang AD) = 866.22 mm; link 1 sebagai *crank* (batang AB) = 446 mm; link 2 sebagai *coupler* (batang BC) = 110 mm ; link 3 *follower* (batang CD) = 80 mm dan  $\theta_1$  sebesar  $7^\circ$  relatif terhadap sumbu horizontalnya. Dari parameter tersebut bila digambarkan diagram kinematik vektor posisinya maka dapat dilihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Diagram kinematika *watt's link*

Dari diagram tersebut, langkah pertama memulai perhitungan adalah menentukan titik koordinat dari sistem untuk menentukan link fixed berada pada koordinat x minus (-x) sehingga didapat vektor  $\vec{r}_0 = -866.22 i$  ;  $\vec{r}_1 = 446 (i \cos 7^\circ + j \sin 7^\circ)$  ;  $r_2 = 110$  ;  $r_3 = 446$ . Kemudian vektor diagonalnya yang dilambangkan dengan  $\vec{r}_d$  didapatkan dengan cara menjumlahkan vektor  $\vec{r}_0$  dengan  $\vec{r}_1$ . Sehingga didapati  $\vec{r}_d = -423.5354 i + 54.3537 j$ . Besaran dari vektor  $\vec{r}_d$  didapati dengan menggunakan persamaan dibawah ini [3].

$$rd = \sqrt{(rx^2 + ry^2)} \tag{2.1}$$

Dari persamaan diatas didapati  $rd = 427.0088$ . Kemudian vektor  $\vec{r}_d$  memiliki sebuah vektor unit, yang dimana vektor unit ini adalah hasil pembagian masing-masing unit vektor  $\vec{r}_d$  dengan besarnya. Sehingga vektor unitnya yaitu  $r_d^u = -0.991865 i + 0.12728 j$ . Vektor unit  $\vec{r}_d$  merupakan vektor penyederhanaan dari vektor itu sendiri. Dari gambar diagram kinematik arah dari vektor  $r_d$  berlawanan pada *loop* (putaran) pertama maka vektor  $r_d$  harus dibalik arahnya. Untuk itu vektor unit  $r_d$  dapat dikalikan dengan determinan k yang terletak pada bidang xy. Nilai dari deteminan k yaitu  $k = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$  [3].

$$r_d^u \times k = \begin{vmatrix} i & j & k \\ -0.991865 & 0.12728 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 0.12728 i + 0.991865 j \tag{2.2}$$

Setelah persilangan tersebut maka didapati arah vektor  $\vec{r}_d$  yang diinginkan. Kemudian dapat digunakan persamaan vektor analisis untuk mencari posisi dari  $\vec{r}_2$  dan  $\vec{r}_3$  yang dituliskan pada persamaan 2.3 dan persamaan 2.4 [3].

$$\vec{r}_2 = \mp \sqrt{r_3^2 - \left(\frac{r_3^2 - r_2^2 + r_d^2}{2r_d}\right)^2} \left(r_d^u \times k\right) + \left(\frac{r_3^2 - r_2^2 + r_d^2}{2r_d} - r_d\right) r_d^u \quad (2.3)$$

$$\vec{r}_3 = \pm \sqrt{r_3^2 - \left(\frac{r_3^2 - r_2^2 + r_d^2}{2r_d}\right)^2} \left(r_d^u \times k\right) - \left(\frac{r_3^2 - r_2^2 + r_d^2}{2r_d}\right) r_d^u \quad (2.4)$$

Aturan dari penggunaan persamaan diatas adalah apabila *loop* vektor  $r_2 r_3 r_d$  arahnya searah jarum jam (*Clock Wise*) maka tanda bagian bawah yang digunakan pada masing-masing persamaan. Apabila *loop*nya berlawanan arah jarum jam (*Conter Clock Wise*), maka tanda bagian atas yang digunakan pada masing-masing persamaan diatas. Dari persamaan 2.3 dan 2.4 didapati nilai dari vektor  $\vec{r}_2 = -19.18836 i - 108.3134 j$  dan  $\vec{r}_3 = 442.7237 i + 53.9597 j$ . Untuk mencari posisinya dapat menggunakan persamaan trigonomteri segitiga [3].

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{ry}{rx}\right) \quad (2.5)$$

Dari persamaan 2.5 didapati  $\theta_2 = 79.953^\circ$  relatif terhadap sumbu vertikalnya dan  $\theta_3 = 173.06^\circ$  relatif terhadap sumbu horizontalnya. Jadi posisi awal dari *linkage watt's link* yaitu  $\theta_1 = 7^\circ$  relatif terhadap sumbu horizontalnya,  $\theta_2 = 79.953^\circ$  relatif terhadap sumbu vertikalnya dan  $\theta_3 = 173.06^\circ$  relatif terhadap sumbu horizontalnya. Setelah mengetahui posisi awal linkage, maka ketika posisi dari link 1 mulai mengayun baik ke atas maupun ke bawah, dengan menggunakan analisa posisi vektor maka posisi dari link 2 dan link 3 dapat dicari.

Setelah melakukan perhitungan data-datanya dapat dimasukkan dalam sebuah *software* pengolah data seperti *microsoft excel* dan kemudian dapat membuat sebuah *trajectory* yang berguna untuk menunjukkan pergerakan dari masing-masing linkage. Tahap berikutnya setelah tahap perhitungan dilanjut dengan pengujian simpangan gardan yang dilakukan dengan cara menghentak bodi mobil Holden Torana dari samping untuk mendapatkan data simpangan gardan. Pengujian dilakukan dengan kondisi gardan dipasang *watt's link* dan kondisi gardan *tanpa watt's link*. Untuk mendapatkan hasil simpangan menggunakan alat khusus yaitu sebuah millimeter blok dengan sebuah indikator kecil. Posisi dari millimeter blok dipasang pada *chassis* yang menempel bodi kendaraan dan indikator diletakkan pada gardan. Jadi ketika bodi kendaraan dihentak maka data simpangan dari gardan dapat dilihat dari jauhnya pergeseran jarum indikator dari titik awalnya. Untuk melihat pergerakan dari indikator menggunakan kamera *action cam* dengan *framerate* yang tinggi agar hasil dari pergerakan dari indikator dapat dilihat dengan jelas.

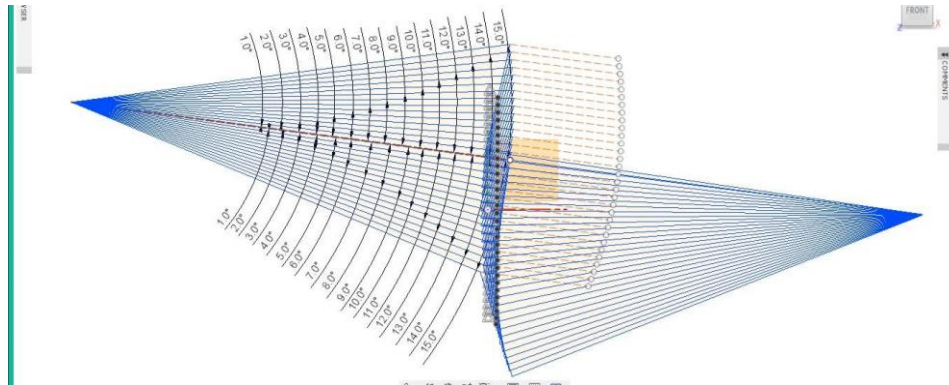


Gambar 2.3 Milimeter block dengan sebuah indikator

Pengujian statis ini dilakukan guna untuk mensimulasikan gaya centrifugal yang dihasilkan oleh kendaraan saat kendaraan melakukan manuver pada jalan dengan radius tertentu. Dengan pengujian diharapkan bahwa ketika kendaraan melakukan manuver, gardan tidak bergeser ke arah luar dilihat dari sumbu aksial gardan, karena kegunaan *watt's link* adalah untuk mencegah gerakan translasi gardan sarah sumbu aksialnya.

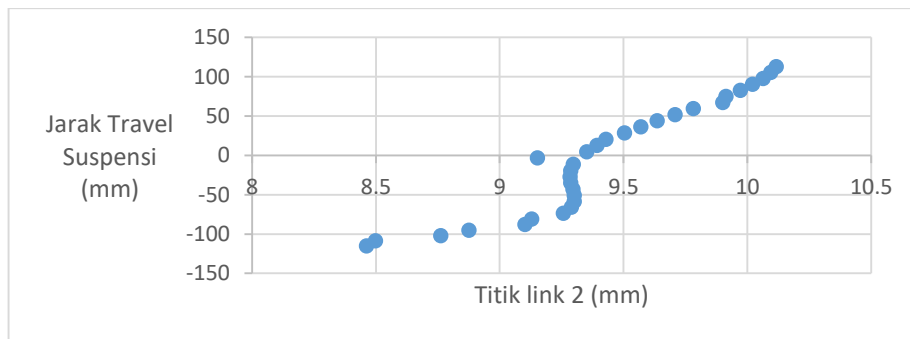
### 3. Hasil dan Pembahasan

Dengan menggunakan persamaan 2.3 dan persamaan 2.4 lalu memasukkan data  $\Theta_1$  dengan nilai sudut tertentu hingga hasil perhitungan mencapai titik maksimumnya, maka didapatkan hasil yang sangat banyak. Maka dari data tersebut diambil 30 sample yaitu dengan posisi  $\Theta_1$  pada  $345^\circ$  hingga  $360^\circ$  dan  $1^\circ$  hingga  $15^\circ$  dan kemudian dibuatlah *trajectory*nya pada software 3D.



Gambar 3.1 Grafik *trajectory* mekanisme *watt's link*

Dari grafik diatas dapat dilihat jelas bahwa titik tengah dari link 2 ketika mengayun, menghasilkan sebuah pergerakan lurus. Namun bila dilihat lebih detailnya tidak sepenuhnya menghasilkan garis lurus melainkan sebuah kurva.



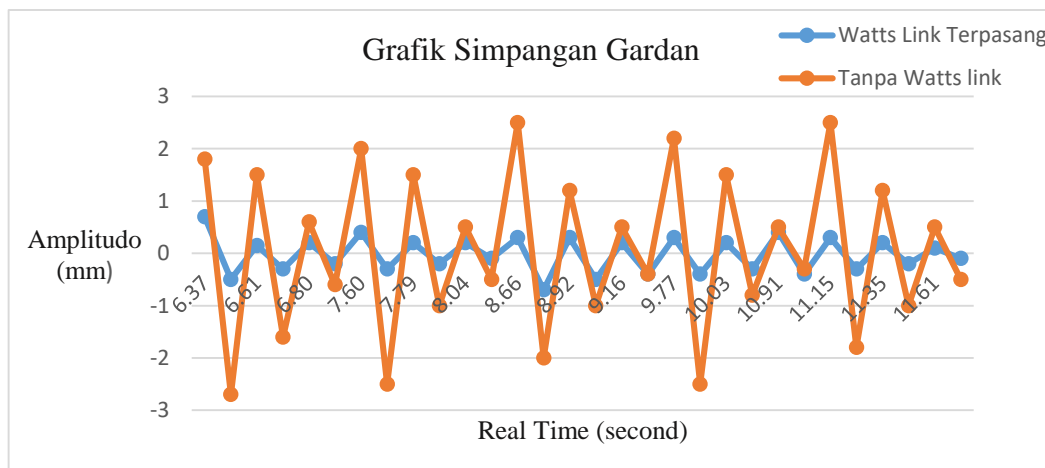
Gambar 3.2 Grafik *trajectory* titik koordinat dengan jarak *travel* suspensi

Ketika batang 1 mulai mengayun dengan membentuk sudut tertentu maka titik tengah dari batang 2 posisinya juga berubah. Dari grafik tersebut titik tengah bisa dianggap melakukan pergerakan lurus saat posisi suspensi mengayun pada dari posisi travel suspensi 4.461 mm hingga 73.541 ke bawah. Dengan demikian dapat dituliskan bahwa *watt's link* yang terpasang pada mobil Holden torana mampu menghasilkan pergerakan lurus sebesar

$$73.541 - 4.461 = 69.08 \text{ mm}$$

Karena jarak *travel* suspensi pada mobil Holden Torana hanya berikisar kurang lebih 70 mm maka, posisi terbaik dari *watt's link* tersebut adalah ketika batang 1 membentuk sudut  $359^\circ$  sampai  $9^\circ$ . Dengan posisi tersebut, maka range optimal dari batang 1 berayun adalah  $11^\circ$ .

Dari hasil pengujian simpangan didapati data yang kemudian dinyatakan dalam sebuah grafik antara simpangan gardan dengan *real time*.



Gambar 3.3 Grafik simpangan gardan dengan kondisi *watts link* terpasang dan *watt's link* terlepas

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa dalam kondisi *watt's link* tidak dipasang pada gardan, ketika bodi mobil dihentak dari samping simpangan gardan dari titik tengah gardan amplitudo maksimumnya adalah sebesar 2.7 mm pada detik ke 6.48. Sedangkan amplitudo minimumnya adalah sebesar 0.3 pada detik ke 11.032. Hal tersebut terjadi karena *bushing* nylon pada *bracket lower arm* dan *upper arm* suspensi belakang mengalami defleksi. Saat *watt's link* terpasang menghasilkan simpangan dengan amplitudonya maksimumnya adalah sebesar 0.7 mm pada detik ke 6.38. Sedangkan amplitudo terendahnya sebesar 0.1 mm pada detik ke 8.11. Sehingga dengan terpasangnya *watt's link* mampu mengurangi simpangan gardan terhadap sumbu aksialnya, sehingga ketika kendaraan melakukan manuver akan menjadi stabil. Selain itu dengan terpasangnya *watt's link* mampu mengurangi efek *oversteer* maupun *understeer* dari kendaraan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa kinematik dan pengujian dari penambahan *watt's link* pada suspensi belakang mobil Holden Torana, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Dari hasil *trajectory* titik tengah batang *follower*, *watt's link* mampu menghasilkan pergerakan yang bisa dianggap lurus sepanjang 69.08 mm.
- Range* optimal batang 1 dari *watt's link* berayun adalah sebesar  $11^\circ$ .
- Watt's link* mampu untuk mengurangi simpangan gardan dari titik tengah chassis hingga 0.7 mm, sehingga ketika kendaraan melakukan manuver dengan kecepatan tinggi mampu mengurangi gejala *oversteer*.
- Range* batang 1 untuk berayun adalah sebesar  $68^\circ$  dan *range* batang 3 untuk berayun adalah sebesar  $59.629^\circ$

#### 5. Daftar Pustaka

- Satu Data Indonesia, Jumlah kendaraan bermotor (unit). 2014 [Online] from <https://data.go.id/dataset/jumlah-kendaraan-bermotor-unit>. (2013). [Accessed on November 12nd 2017].
- Wikipedia, Watt's Linkage. 2018 [Online] from [https://en.wikipedia.org/wiki/Watt%27s\\_linkage](https://en.wikipedia.org/wiki/Watt%27s_linkage). (2018). [Accessed on November 20th 2017].
- Sadler, J. P. and Wilson, C. E. (2003). *Kinematics and Dynamics of Machinery* (3rd ed.). New Jersey : Pearson Education. p. 120-124.
- W. Jun, F. Shaowei, J. Minghe, L. Hong. *Cnd. Phys. J. E*, 40,3:399–417(2016).
- Varberg, D., Purcell, E. J., and Rigdon, S. E. (2006). *Calculus with Differential Equations* (9th ed.). Pearson Education. p. 560-586.
- Knowles, D. (2010). *Today's Technician : Automotive Suspension & Steering, Fifth Edition* : Cengage Learning.