BAB IV

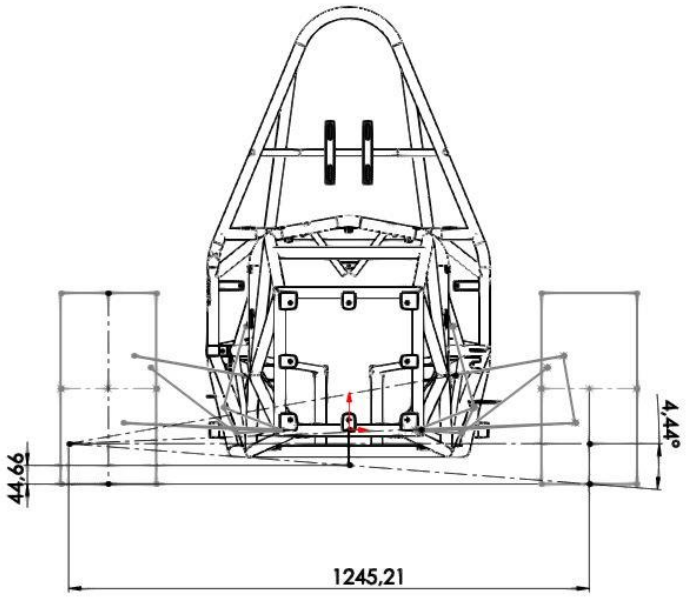
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Diskripsi Rancangan Geometri Suspensi Mobil Formula Garuda 17

1. *Front View Swing Arm Geometry* (FVSA) Mobil Formula Garuda 17

   a. Suspensi Depan

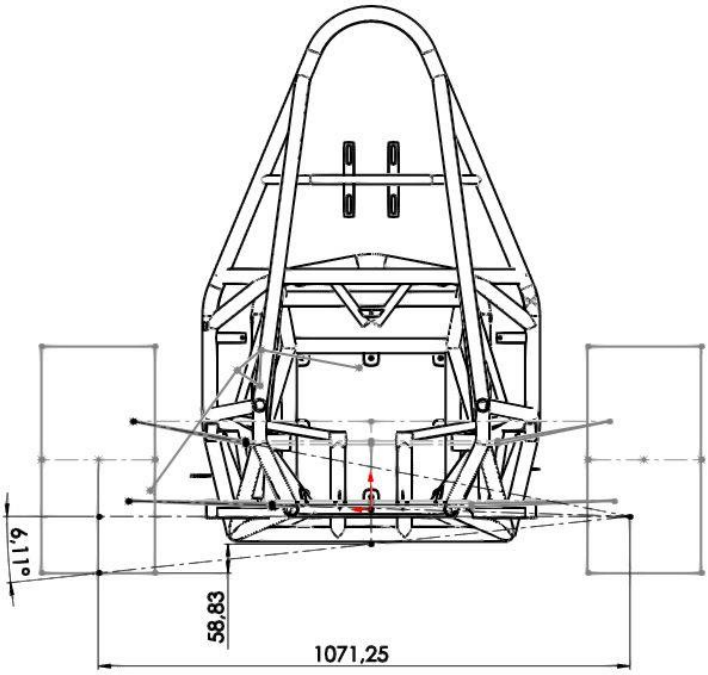
   Suspensi Depan Mobil Formula Garuda 17 dengan *setting camber* awal 0 deg memiliki *roll center height* 44,6 mm, *scrub angle* 4,44 deg dan memiliki *Instantaneous roll center* dengan *swing axle length* (SAL) 1245,21 mm.*Front View Swing Arm Geometry* suspensi depan Mobil Formula Garuda 17 dapat dilihat pada gambar 41.



Gambar 47. *Front View Swing Arm Geometry* suspensi depan Mobil Formula Garuda 17.

   b. Suspensi Belakang

Suspensi Belakang Mobil Formula Garuda 17 dengan *setting camber* awal 0 deg memiliki *roll center height* 58,83 mm, *scrub angle* 6,11 deg dan memiliki *Instantaneous roll center* dengan *swing axle length* (SAL) 1071,25 mm. *Front View Swing Arm Geometry* suspensi belakang Mobil Formula Garuda 17 dapat dilihat pada gambar 42.

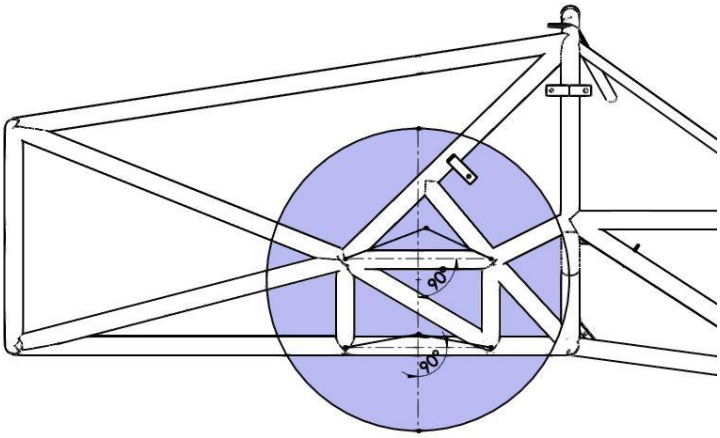


Gambar 48. *Front View Swing Arm Geometry* suspensi belakang Mobil Formula Garuda 17.

2. *Side View Swing Arm Geometry* (SVSA) Mobil Formula Garuda 17

   a. *Anti-dive*

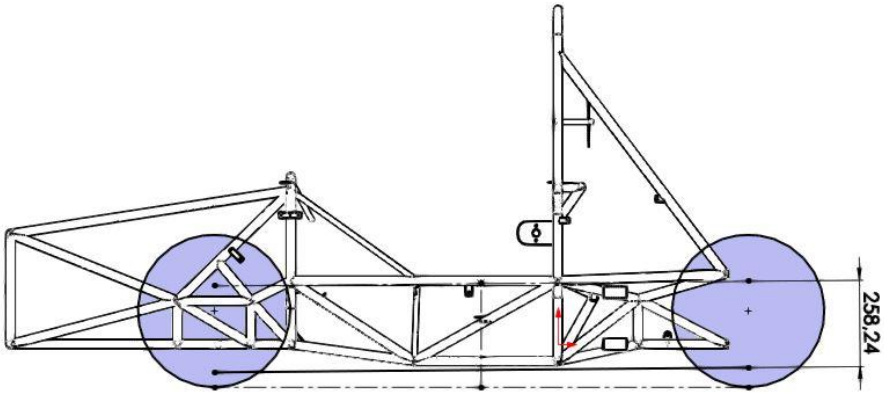
Dari kajian teori jika *mounting A-arm* pada *chassis* memiliki garis yang tegak lurus dengan garis vertikal roda maka rancangan tersebut memiliki *zero anti-dive* sehingga dapat dilihat pada gambar 43 rancangan suspensi depan Mobil Formula Garuda 17 memilki *zero anti-dive*.



Gambar 49. *Zero anti-dive* suspensi depan Mobil Formula Garuda 17.

b. *Roll axis*

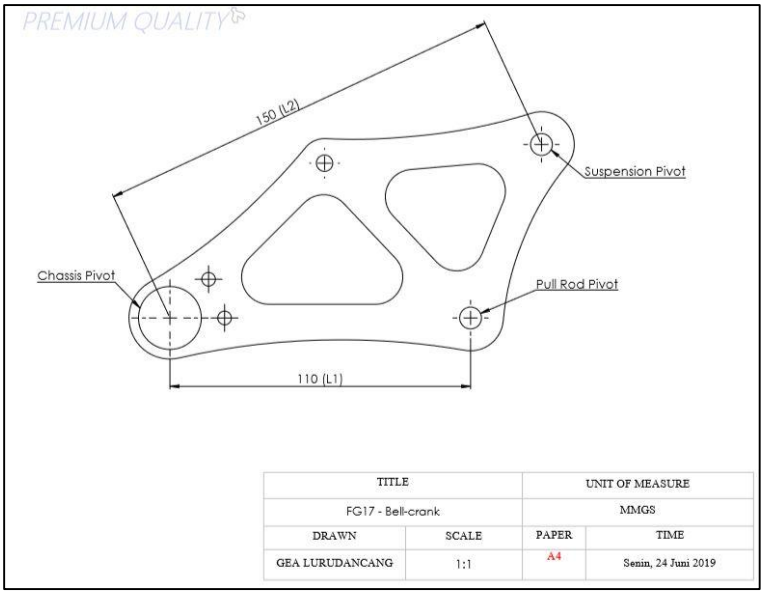
Mobil Formula Garuda 17 memiliki tinggi *center of gravity* 310 mm dengan tinggi *roll center* depan 44,6 mm dan tinggi *roll center* belakang 58,83 mm, maka Mobil Formula Garuda 17 memiliki *roll axis height* 258,24.



Gambar 50. *Roll axis height* Mobil Formula Garuda 17.

3. *Motion ratio bell-crank*

a. *Bell-crank* depan

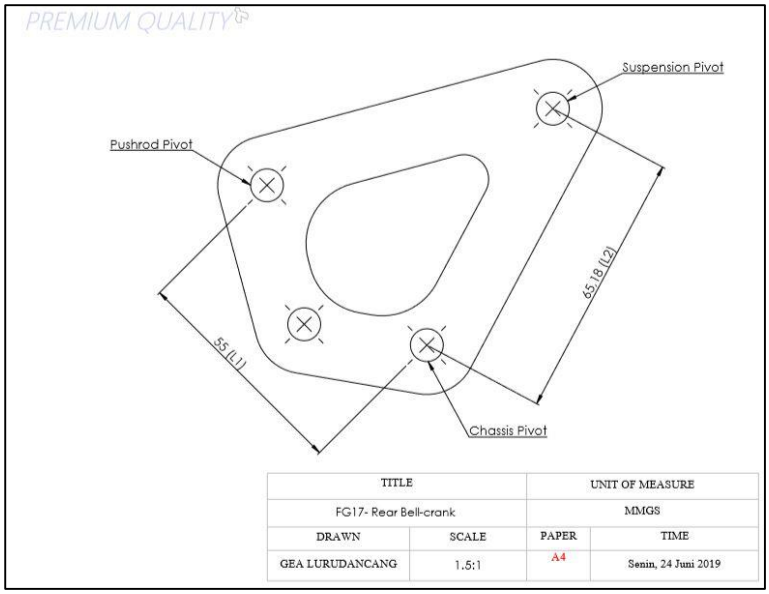


Gambar 51. *Bell-crank* depan Mobil Formula Garuda 17.

Berdasarkan kajian teori yang telah di paparkan rumus dari *motion ratio bell-crank* didapat dari jarak antara jarak antara *chassis pivot* sampai *pull/push rod pivot* (L1) dibagi *chassis pivot* sampai *suspension pivot* (L2). Maka *motion ratio bell-crank* depan mobil Formula Garuda 17:

RM = L1/L2 = 110/150 = 0,73

b. *Bell-crank* belakang



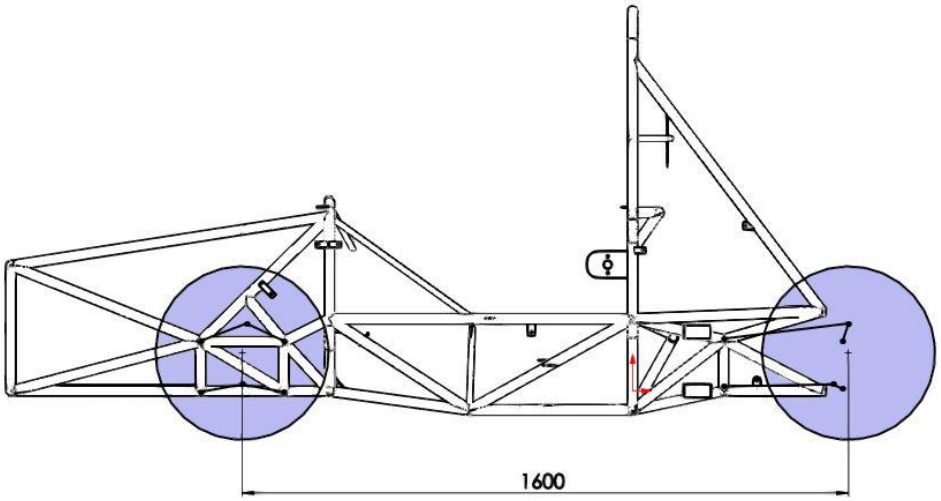
Gambar 52. *Bell-crank* belakang Mobil Formula Garuda 17.

Dengan rumus yang sama, maka *motion ratio bell-crank* belakang mobil Formula Garuda 17:

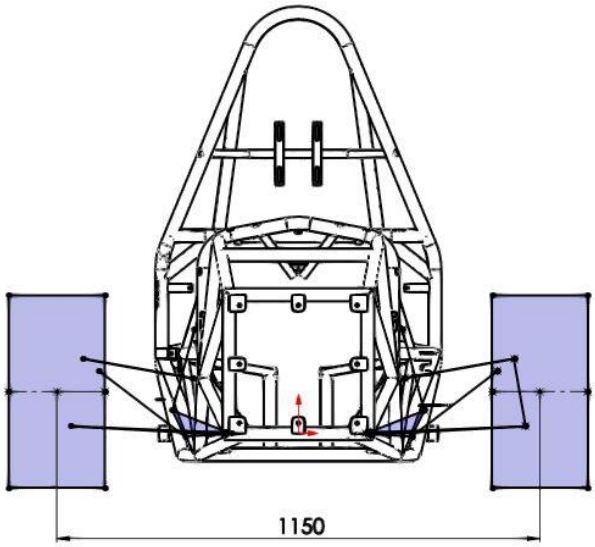
RM = L1/L2 = 55/65,18 = 0,84

4. *Wheelbase* dan *widthtrack*

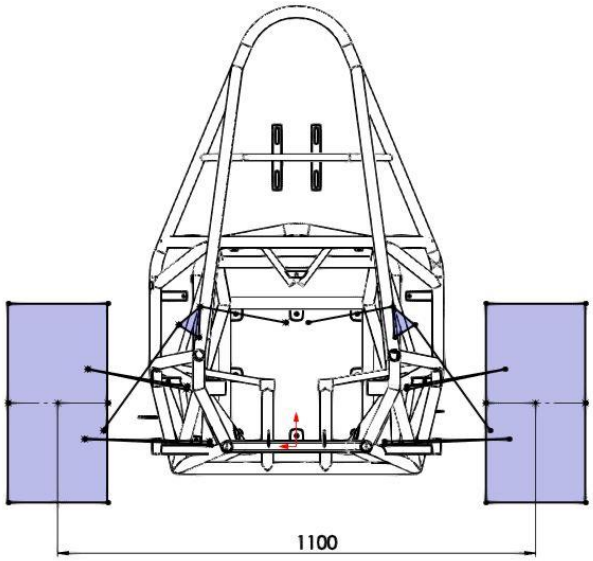
Wheelbase mobil Formula Garuda 17 memiliki panjang 1600 mm sedangkan *widthtrack* depan 1150 mm dan *widthtrack* belakang 1100 mm. Dimensi pada rancangan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 53. *Wheelbase* Mobil Formula Garuda 17.



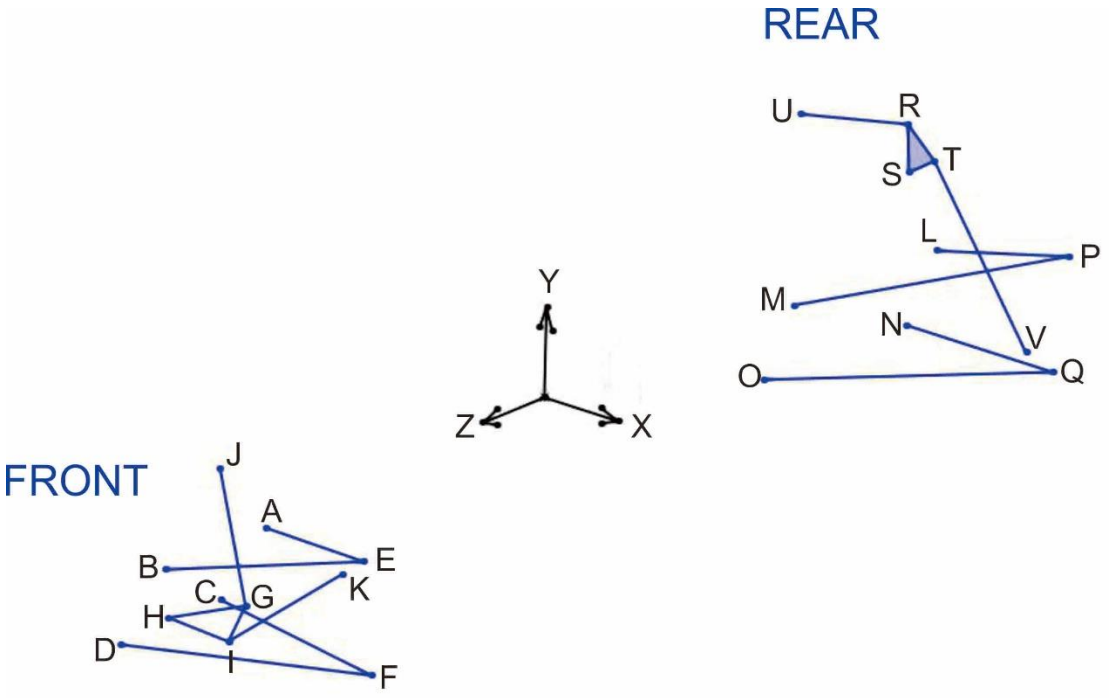
Gambar 54. *Widthtrack* depan Mobil Formula Garuda 17.



Gambar 55. *Widthtrack* belakang Mobil Formula Garuda 17.

5. Koordinat geometri suspensi mobil Formula Garuda 17

   Adams Car *software* analisis suspensi membutuhkan koordinat dari kendaraan untuk membentuk model 3d dalam Adams Car nantinya. Koordinat mobil Formula Garuda 17 didapat melalui *software* solidworks, semua titik geometri yang tercantum direferensikan dari pusat mobil, anak panah menunjukan arah positif dari sumbu x,y, dan z dan titik koordinat dalam bentuk (x,y,z) dengan dimensi yang ditunjukan milimeter.



Gambar 56. Koordinat (x,y,z) geometri suspensi Mobil Formula Garuda 17.

Tabel.3 Koordinat x,y,z geometri suspensi

Front	*Rear*
A = (253.10, 131.86, 920.00)	L = (253.26, 130.92, -554.00)
B = (253.10, 131.86, 1140.00)	M = (252.92, 137.86, -240.00)
C = (173.00, 2.50, 920.00)	N = (200.32, 5.00, -554.00)
D = (173.00, -2.50, 1140.00)	O = (200.50, 12.00, -240.00)
E = (512.76, 177.91, 1018.50)	P = (480.15, 177.91, -570.00)
F = (540.91, 17.50, 1030.00)	Q = (488.80, 17.50, -530.00)
G = (299.61, 54.85, 1018.50)	R = (221.56, 321.91, -522.50)
H = (160.00, 0.00, 1018.50)	S = (225.00, 250.00, -522.50)
I = (269.78, -6.81, 1018.50)	T = (271.26, 279.74, -522.50)

J = (247.43, 247.92, 1018.50) K = (474.67, 149.31, 1018.50)	U = (25.00, 285.00, -522.50) V = (445.44, 37.38, -522.93)
Keterangan	
GHI = *Bell-crank* GJ = *Suspension* IK = *Pull-rod*	RST = *Bell-crank* RU = *Suspension* TV = *Push-rod*

Namun *datum* koordinat (x,y,z) pada *Solidworks* berbeda dengan koordinat (x,y,z) pada Adams Car sehingga perlu adanya perubahan sebagai berikut.

Tabel 4. *datum* koordinat (x,y,z) pada *Solidworks* dan Adams Car

Koordinat (x,y,z)	
Adams Car	SolidWorks
x	z
y	x
z	y

Sehingga dalam memasukan koordiat ke Adams Car agar *datum* koordinat sama maka pada saat memasukan koordinat ke Adams Car, koordinat pada SolidWorks diubah menjadi (z,x,y).

B. *Setting* analisis Rancangan Geometri Suspensi Mobil Formula Garuda 17 pada *software* Adams Car

1. *Model building* di Adams Car

Model dibuat pada *software* Adams Car untuk memungkinkan mensimulasikan *vehicle dynamic* selama kondisi yang berbeda. Semua simulasi kendaraan dilakukan dalam Adams Car. Ada beberapa *subsystem* yang disertakan dalam Adams Car untuk membentuk model mobil utuh, semua *subsytem* pada mobil dapat dimodelkan satu per satu dan kemudian disatukan menjadi mobil yang lengkap. Ini memberikan keuntungan bahwa sangat mudah untuk mengubah dari satu model suspensi dengan melakukan perubahan pada koordinatnya. Untuk mensimulasikan kendaraan *subsytem* yang dibutuhkan antara lain:

a) Front Suspension Subsystem

b) Rear SuspensionSubsystem

c) Steering Subsystem

d) Front Wheel Subsystem

e) Rear Wheel Subsystem

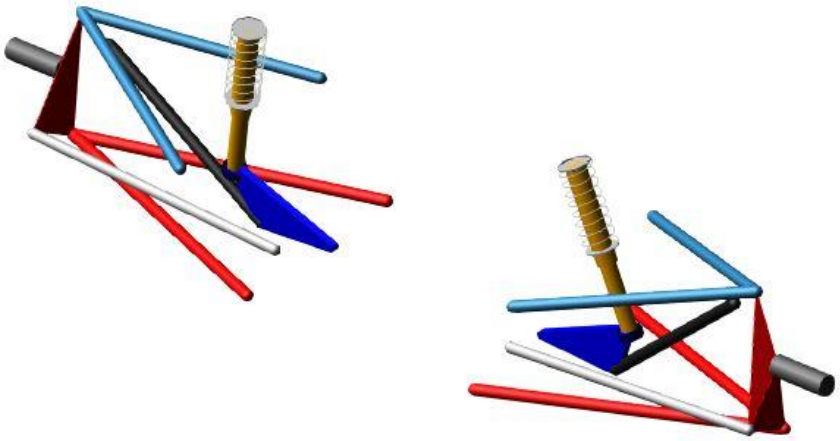
f) Body Subsystem

Jika detail lain dibutuhkan seperti *powertrains*, *brakes*, *antiroll bars*, *differential* dll, dapat ditambahkan pada *vehicle model*. *Subsystem* satu dengan yang lainnya berhubungan melalui *input communicators* yang membaca informasi kedalam *subsystem* dengan *data communicator* dan *output communicator* yang mengirimkan informasi dari suatu *subsytem* ke *subsystem* yang lain.

a. *Front suspension subsystem*

Desain suspensi depan adalah tipe *double wishbone*, model yang digunakan diperoleh dari Adams Car dan dimodifikasi agar sesui dengan tujuan pemodelan. Roda dihubungkan dengan *upright* melalui *wheelhub* dengan *revolution joint*. *A-arm*

dihubungkan dengan *upright* melalui *spherichal bearings*. *Pullrod* dihubungkan pada *A-arm* dan *bell-crank* dengan *hooke joint*. *Bellcrank* dihubungkan pada *chassis* dengan *revolute joint* dan dihubungkan pada *dampers* dengan *hooke joint*. *Tie rod* dihubungkan pada *rack pinion* dan *upright* dengan *hooke joint*. *Communicators* pada *front suspension subsystem* bekerja dengan *front suspension*, *chassis*, *steering* dan *front wheel*.

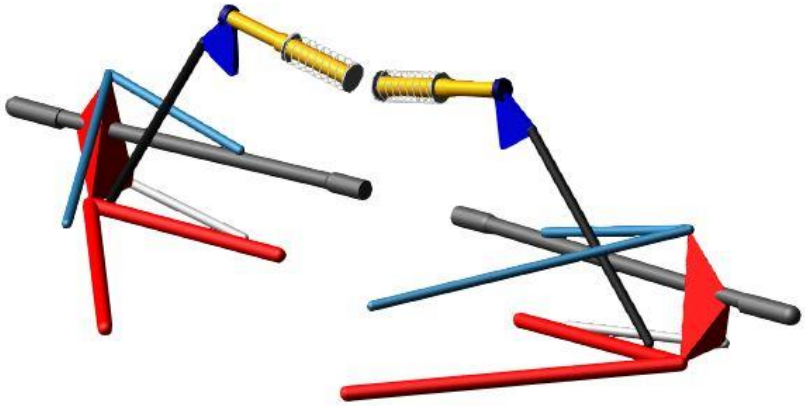


Gambar 57. Adams Car model *front suspension subsystem* mobil Formula Garuda 17.

b. *Rear suspension subsystem*

Sama dengan model pada *front suspension subsystem* hanya saja pada *Rear suspension subsystem* tidak memiliki komponen *steering* dan memiliki *driveshaft* yang dihubungkan pada *chassis* dengan *convel joint* juga *adjustable toe rod* yang dihubungkan pada *lower control arm* dan *upright* dengan *hooke joint*.

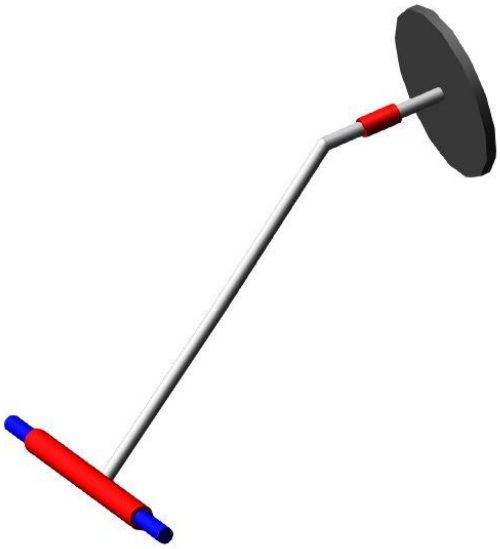
Communicators pada *rear suspension subsystem* bekerja dengan *rear suspension*, *chassis*, *powertrain* dan *rear wheel*.



Gambar 58. Adams Car model *rear suspension subsystem* mobil Formula Garuda 17.

c. *Steering subsytems*

Model *steering system* yang digunakan adalah *rack and pinion configuration*. *Steering rack* dihubungkan pada *steering rack house* dengan *translation joint* dan *steering shaft* dengan *revolute joint*. *Communicators* pada *steering subsystem* bekerja dengan *front suspension*, *chassis*, dan *steering system*.



Gambar 59. Adams Car model *steering subsystem* mobil Formula Garuda 17.

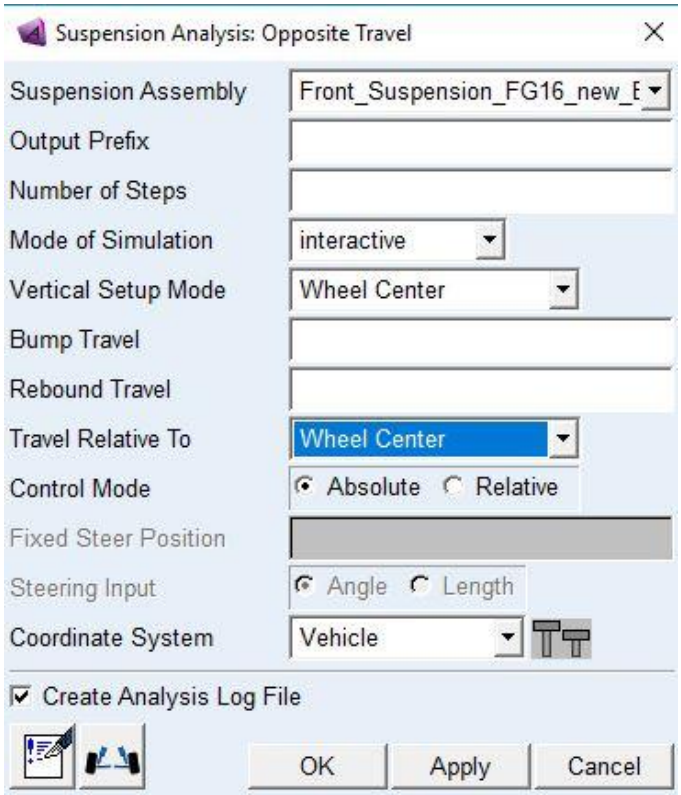
d. *Wheel modeling*

Representasi dari roda yang digunakan adalah 94 *Pacejka Magic Formula wheel* yang datanya sudah disediakan pada *database* Adams Car. *Communicators* pada *wheel subsystem* bekerja dengan *suspension*, dan *wheel*.

e. *Body subsystem*

Body subsystem yang digunakan hanyalah letak dari *center of gravity*. *Communicators* pada *bony subsystem* bekerja dengan *rear suspension*, *font suspension* dan *steering*.

2. Data analisis di Adams Car

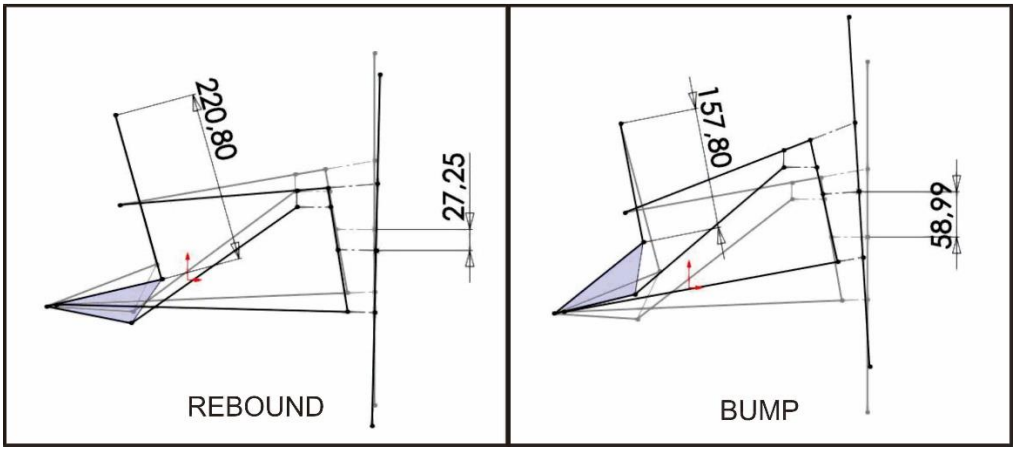


Gambar 60. Parameter *travel* Adams Car.

Pada gambar 54 menunjukan *bump* dan *rebound travel* yang digunakan sebagai parameter dalam melakukan analisis adalah *travel* terhadap titik tengah roda atau *wheel center*. Data yang diperoleh adalah *Bump* dan *rebound travel* terhadap suspensi yang digunakan, data tersebut diperoleh melalui sensor *travel suspensi* pada saat latihan di tahun 2017 dengan mobil Formula Garuda 17 dimana ketika mobil *cornering*, *bump* maksimal menghasilkan *travel* suspensi 42,2 mm dan *rebound* maksimal 20,8 mm. Gambar 55 menunjukan pembacaan *travel* sensor.

Gambar 61. Pembacaan *travel* sensor *bump* maksimal dan *rebound* maksimal pada saat mobil *cornering*.

Karena *bump* dan *rebound travel* yang digunakan pada analisis adalah *travel* terhadap titik tengah roda dan data yang deperoleh adalah *bump* dan *rebound travel* terhadap suspensi maka perlu dilakukan *convert travel* dari *travel* suspensi ke *travel* titik tengah roda. *convert travel* dilakukan melalui SolidWorks *sketch*. Gambar 56 menunjukan *convert travel* melalui SolidWorks *sketch* pada saat *bump* dan *rebound*.



Gambar 62. *convert travel* dari *travel* suspensi ke *travel* titik tengah roda.

Pada gambar 56, garis abu-abu menunjukan posisi awal geometri suspensi, garis hitam menunjukan geometri suspensi saat *bump* dan *rebound* selama mobil *cornering*. Panjang awal suspensi 200 mm, *rebound* maksimal pada *travel* sensor yang terbaca 20,8 mm maka suspensi akan memanjang dan menjadi 220,80 mm, dengan *link pivot* yang terhubung dapat deketahui bahwa *travel* titik tengah roda pada saat *rebound* adalah -27.25 mm. Begitu juga pada saat *bump* diketahui *travel* titik tengah roda adalah 58,99 mm. Sehingga sudah diketahui *bump* dan *rebound travel* yang digunakan pada analisis.

C. Analisis, *redesign* dan *reanalysis* Rancangan Geometri Suspensi Mobil Formula Garuda 17 pada *software* Adams Car.

Pada analisis ini akan dilakukan analisis pada Rancangan Geometri Suspensi Mobil Formula Garuda 17 dan melakukan perubahan parameter-parameter pada geometri suspensi dan membandingkan hasil analisis seperti *roll center vertical location, camber change, wheel rate, dive breaking, squat accelaration, roll steer, jacking force,* dan *scrub radius*. Analisis akan dilakukan pada *front suspension subsytem,* dan *rear suspension subsytem*.

1. *Front suspension*

Setelah koordinat suspensi depan dimasukan, parameter yang akan dirubah seperti letak *A-arm upper* maupun *lower*, *bellcrank* dan *pullrod* yang nanti akan mempengaruhi dari hasil analisis. Hasil analisis atau *result set* yang diambil pada analisis suspensi depan adalah *roll center vertical location, camber change, wheel rate, dive breaking, roll steer, toe angle,* dan *scrub radius*. Berikut parameter yang diubah dan hasil dari analisisnya.

Tabel 5. Perubahan parameter

Nama	Koordinat yang dirubah (x,y,z) *datum* SolidWorks
Front suspension Formula Garuda 17	-
Trial 1	A = (253.10, 81.86, 920.00) B = (253.10, 81.86, 1140.00)
Trial 2	A = (253.10, 106.86, 920.00) B = (253.10, 106.86, 1140.00) C = (173.00, -47.50, 920.00) D = (173.00, -52.50, 1140.00)

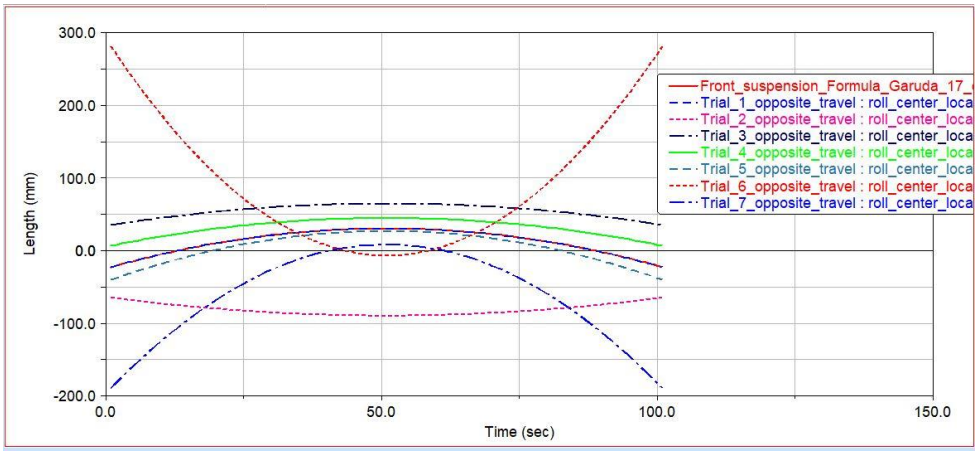
Trial 3	A = (253.10, 123.84, 920.00) B = (253.10, 123.84, 1140.00) C = (173.00, 8.49, 920.00) D = (173.00, 17.93, 1140.00)
Trial 4	A = (253.10, 88.48, 920.00) B = (253.10, 88.48, 1140.00) C = (173.00, -13.13, 920.00) D = (173.00, -3.69, 1140.00) G = (381.85, 97.15, 1018.50) J = (240.27, 281.06, 1018.50)
Trial 5	A = (253.10, 139.15, 920.00) B = (253.10, 139.15, 1140.00) C = (173.00, 8.41, 920.00) D = (173.00, 8.41, 1140.00) I = (260.06, -45.7, 1018.50)
Trial 6	A = (253.10, 116.86, 920.00) C = (173.00, -2.5, 920.00) D = (173.00, -7.5, 1140.00) I = (260.06, -45.7, 1018.50)
Trial 7	A = (253.10, 116.86, 920.00) C = (173.00, 2.5, 920.00) D = (173.00, -2.5, 1140.00) I = (260.06, -45.7, 1018.50)

Analisis dilakukan dengan parameter yang sudah deketahui yaitu *bump* 58,99mm, *rebound* -27,25mm, berat kendaraan 214 kg, *camber* awal 0 deg, dan *wheelbase* mobil 1600mm. Hasil analisis nantinya akan berupa grafik dimana sumbu y menunjukan menunjukan satuan dari *result set* dan sumbu x menunjukan waktu. Waktu yang dimaksud adalah dalam melakukan *bump* 58,99mm dan *rebound* -27,25mm dilakukan

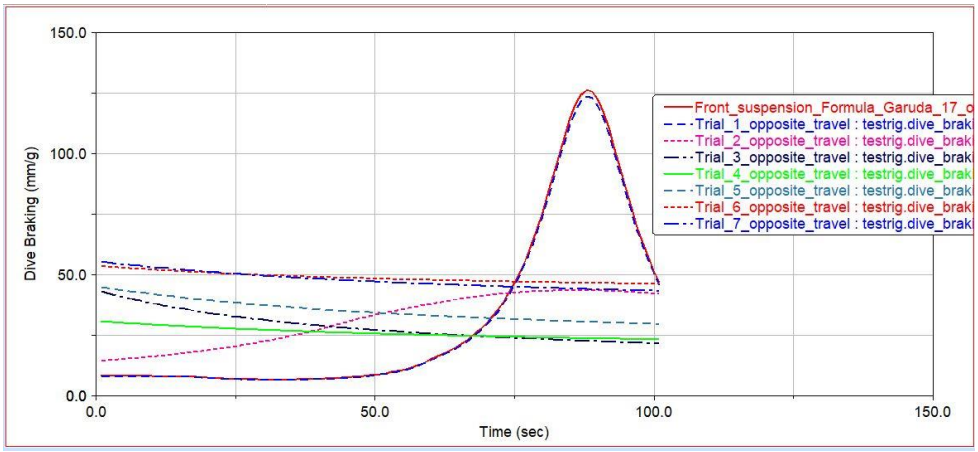
selama waktu yang ditentukan, disini waktu yang ditentukan adalah 100 sec agar grafik yang tertera jelas. Berikut tabel dan gambar dari hasil analisis.

Tabel 6. *Result set analysis*

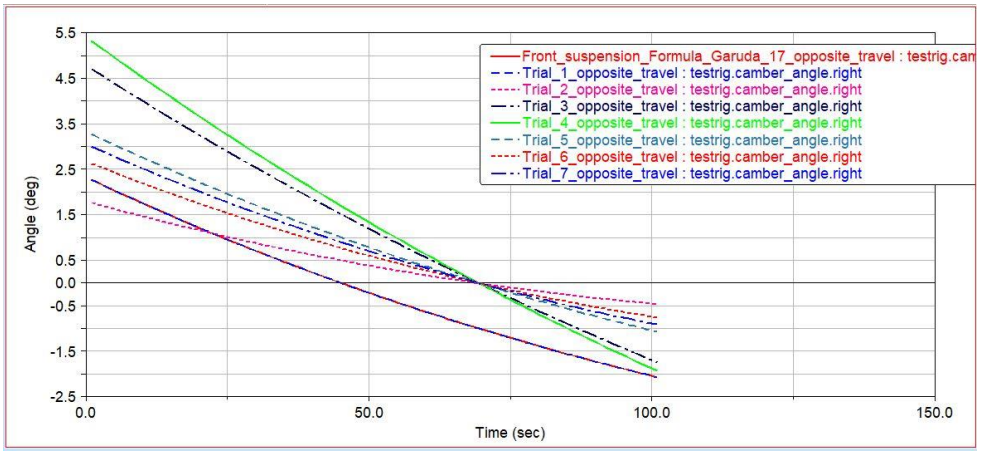
Analisis	*Result set*						
	Perubahan RC vertikal (mm)	*Max Dive breaking* (mm/g)	*Camber change* (deg)	*Roll steer* (no unit)	*Max Wheel rate* (N/mm)	*Scrub radius (mm)*	*Toe change* (deg)
Front sus FG17	32 – (-23)	125	2,25 – (-2)	0,025 - 0,1625	38	31	(-0,55) – 0,25
Trial 1	32 – (-23)	125	2,25 – (-2)	0,025 - 0,1625	38	31	(-0,55) – 0,25
Trial 2	(-64) – (-88)	43	1.75 – (-0,5)	0,625 – 1,825	20	21,8	(-7) – 3
Trial 3	35 – 65	42,5	4.5 – (-1,5)	(-0,105) – (-0,025)	7,25	20,41	-0,4 – 0,4
Trial 4	7 – 45	31	5,5 – (-2)	0,3875 – 0,65	7	23,05	(-3,5) - 1,25
Trial 5	(-40) – 27	45	3,25 – (-1)	(-0,12) – (-0,035)	6,75	20,5	(-0,4) – 0,45
Trial 6	20 - 270	54	2,5 – (-0,75)	0,145 – 0,195	5,85	23,14	(-1) – 0,5
Trial 7	20 – (-180)	55	3 – (-1)	0,05 – 0,09	6,25	23,075	(-0,45) – 0,15



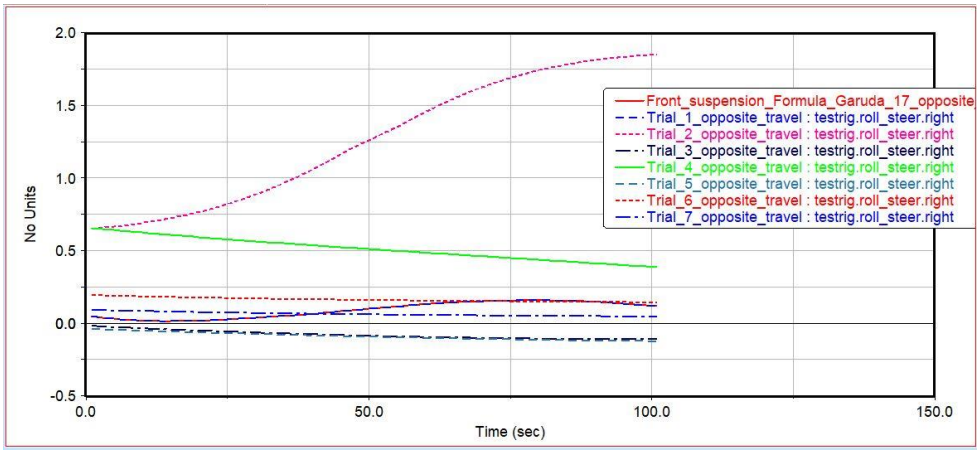
Gambar 63. Suspensi depan *Roll center vertical location.*



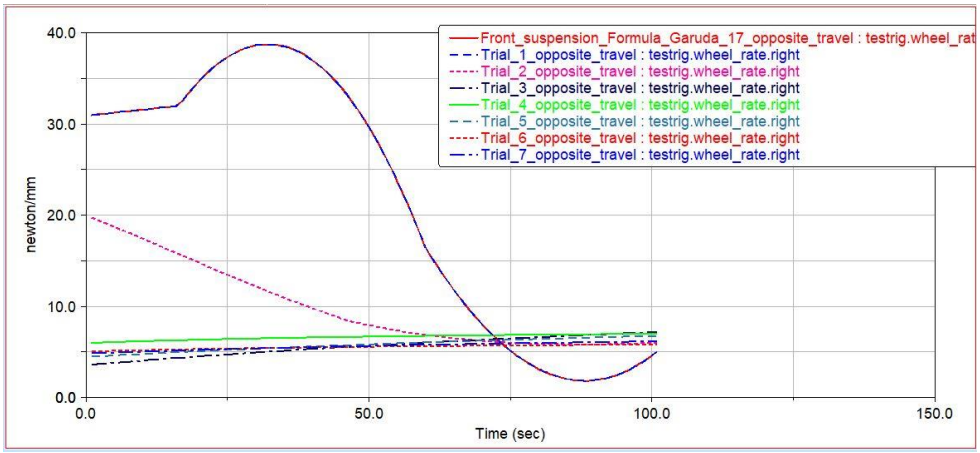
Gambar 64. Suspensi depan *Dive breaking.*



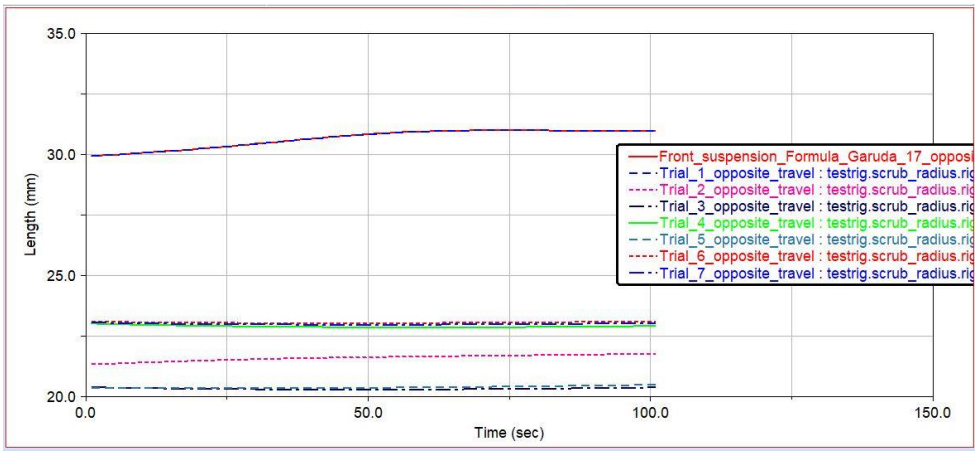
Gambar 65. Suspensi depan *Camber change.*



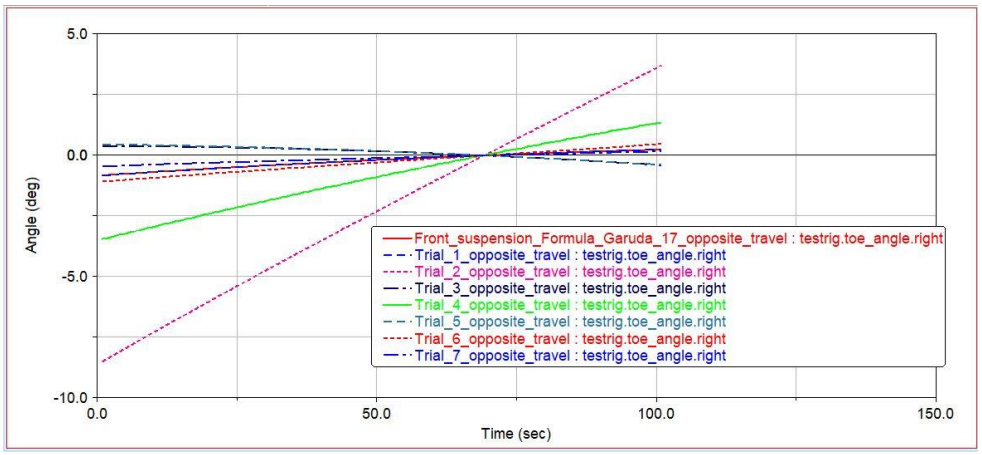
Gambar 66. Suspensi depan *Roll steer.*



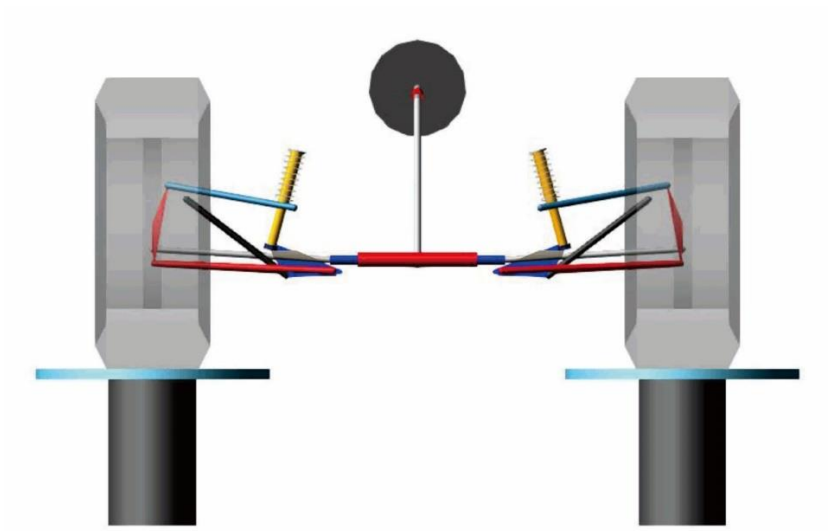
Gambar 67. Suspensi depan *Wheel rate.*



Gambar 68. Suspensi depan *Scrub radius*.



Gambar 69. Suspensi depan *Toe angle change*.



Gambar 70. *Front suspension analysis*.

Dapat dilihat paga gambar hasil analisis *trial 7* dengan koordinat yang telah diubah pada titik A, C, D dan I memiliki hasil analisis yang lebih baik dari pada hasil analisis *Front suspension* Formula Garuda 17 juga hasil yang memiliki rata-rata pailing baik dari semua *trial* di *result set*. *Trial 7* memiliki *camber change, wheel rate,* dan *scrub radius* yang lebih randah selama mobil *cornering* yang berarti membuat *traksi* roda terhadap jalan lebih banyak sehingga membuat mobil tidak mengalami *understeer*. *Trial 7* juga memiliki *roll steer* dan *toe angle change* yang lebih rendah selama mobil *cornering* hal ini membuat kondisi mobil lebih stabil. *Dive breaking* yang dihasilkan *trial 7* lebih rendah saat mobil *cornering* yang membuat mobil pada saat mengerem di tikungan tidak akan menukik kebawah sehingga tidak menghabiskan waktu yang lama pada saat ditikungan. Perubahan *vertical roll center* yang tidak lebih banyak dari rancangan geometri suspensi mobil Formula Garuda 17 membuat *lateral force* pada rancangan *trial 7* lebih rendah. Maka dari itu untuk rancangan geometri suspensi depan mobil Formula Garuda 18 menggunakan rancangan dari *trial 7*.

2. *Rear suspension*

Setelah koordinat suspensi belakang dimasukan, parameter yang akan dirubah seperti letak *A-arm upper* maupun *lower*, *bellcrank* dan *pushrod* yang nanti akan mempengaruhi dari hasil analisis. Hasil analisis atau *result set* yang diambil pada analisis suspensi depan adalah *roll center vertical location, camber change, wheel rate, squat acceleration,* dan *scrub radius*. Berikut parameter yang diubah dan hasil dari analisisnya.

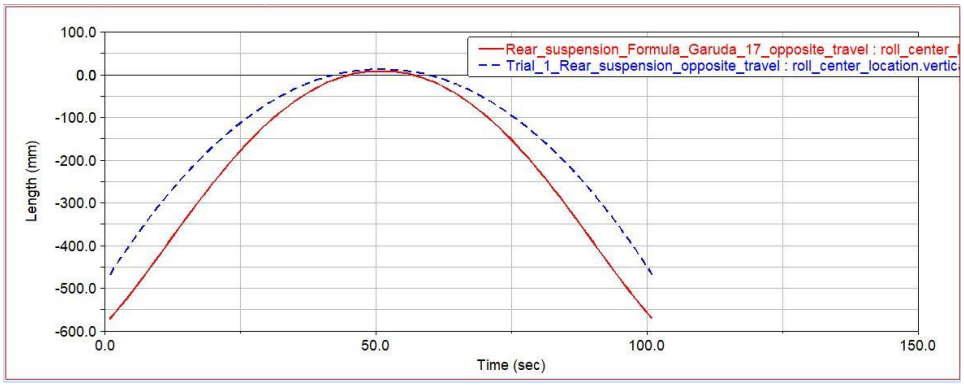
Tabel 7. Koordinat yang dirubah (x,y,z) *datum* Solid Works

Nama	Koordinat yang dirubah (x,y,z) *datum* Solid Works
Rear suspension Formula Garuda 17	-
Trial 1_Rear suspension	R = (244.86, 315.00, -522.50) T = (287.99, 280.54, -522.50) U = (26.00, 293.49, -522.50)

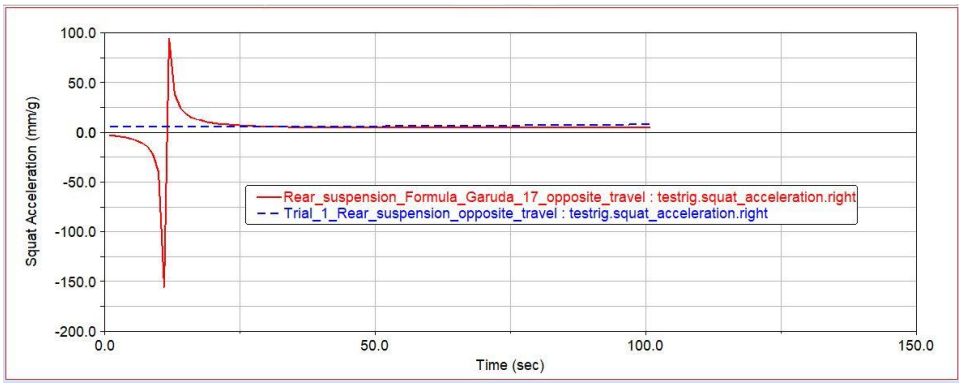
Analisis dilakukan dengan parameter yang sudah deketahui yaitu *bump* 58,99mm, *rebound* -27,25mm, berat kendaraan 214 kg, *camber* awal 0 deg, dan *wheelbase* mobil 1600mm. Hasil analisis nantinya akan berupa grafik dimana sumbu y menunjukan menunjukan satuan dari *result set* dan sumbu x menunjukan waktu. Waktu yang dimaksud adalah dalam melakukan *bump* 58,99mm dan *rebound* -27,25mm dilakukan selama waktu yang ditentukan, disini waktu yang ditentukan adalah 100 sec agar grafik yang tertera jelas. Berikut tabel dan gambar dari hasil analisis.

Tabel 8. *Result set analysis*

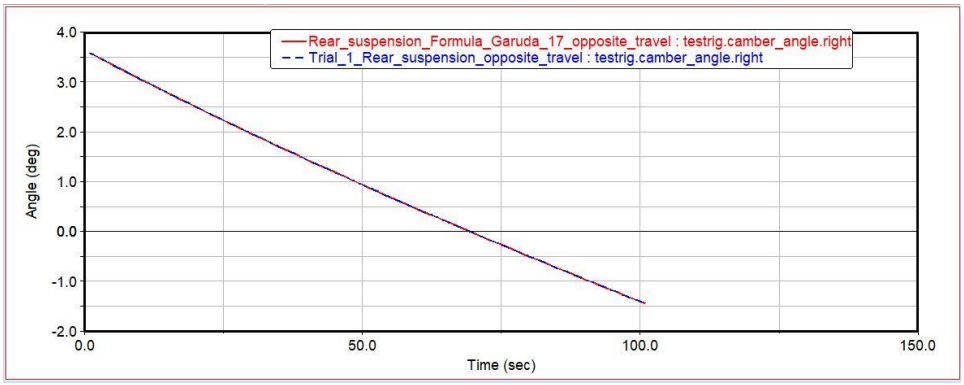
Analisis	*Result set*				
	Perubahan RC vertikal (mm)	*Max squat acc* (mm/g)	*Camber change* (deg)	*Max Wheel rate* (N/mm)	*Scrub radius (mm)*
Rear suspension Formula Garuda 17	(-600) – 30	150	(-1,5) – 3,5	55	47,25
Trial 1_Rear suspension	(-450) – 30	8.5	(-1,5) – 3,5	50	46,8



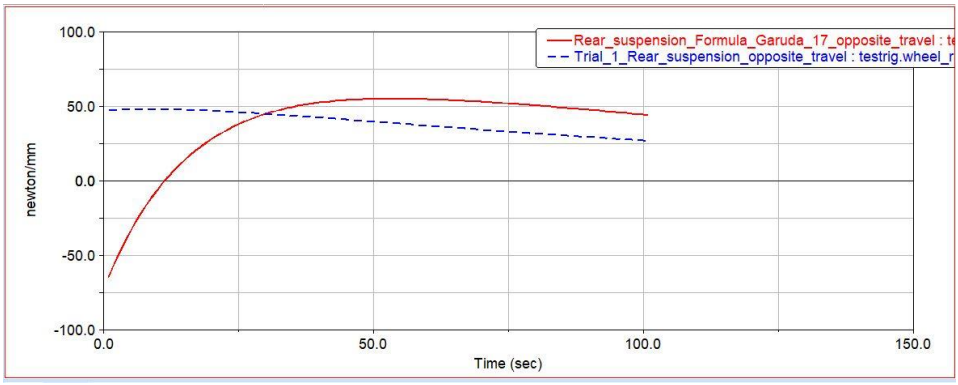
Gambar 71. Suspensi belakang *Roll center vertical location.*



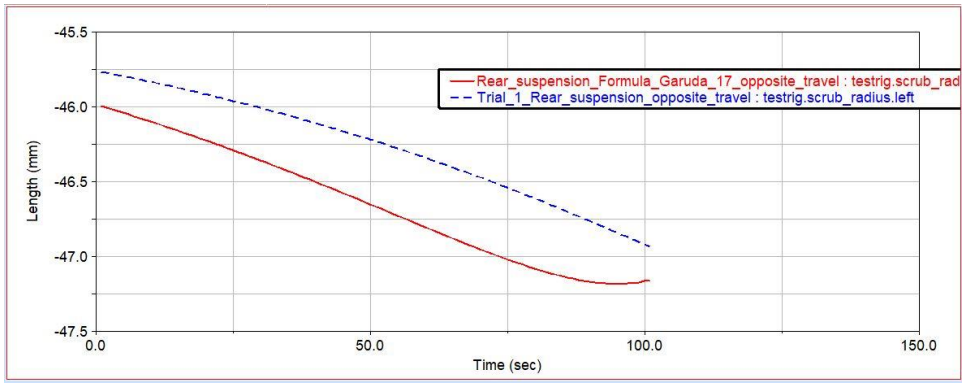
Gambar 72. Suspensi belakang *squat acceleration.*



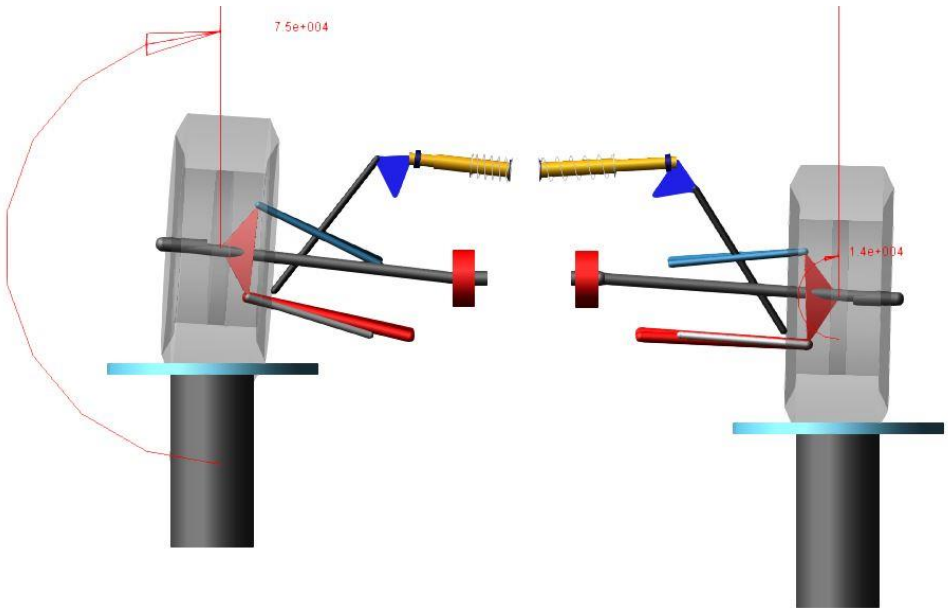
Gambar 73. Suspensi belakang *Camber change.*



Gambar 74. Suspensi belakang *Wheel rate.*



Gambar 75. Suspensi belakang *scrub radius.*



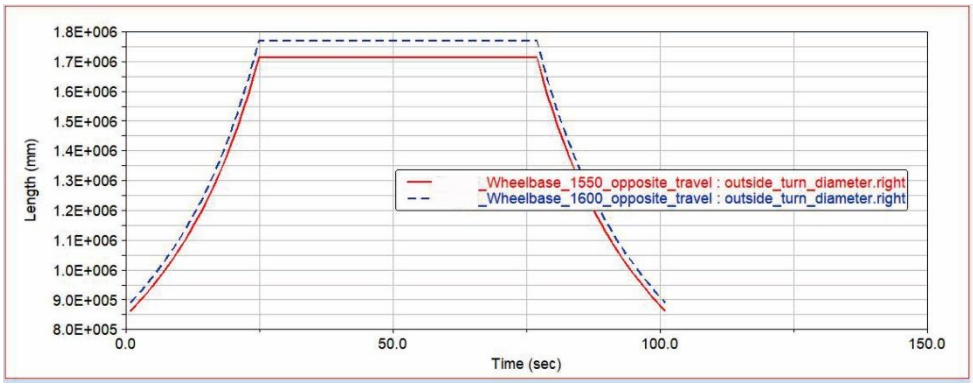
Gambar 76. *Rear suspension analysis*.

Pada analisis suspensi belakang parameter yang diubah hanyalah geometri dari *bellcrank* karena jika ingin menurunkan *roll center* yang banyak pada suspensi belakang dikawatirkan membuat *spherical joint* yang digunakan untuk menghubungkan *upper A-arm* dengan *upright* mudah rusak karena sudut yang debentuk akan lebih kecil. Perubahan pada *bell-crank* menghasilkan *result set* yang lebih baik dibandingkan dengan mobil Formula Garuda 17. *Trial 1_Rear suspension* menghasilkan *wheel rate* dan *scrub radius* yang lebih rendah membuat mobil memiliki traksi roda yang baik terhadap jalan sehingga membuat *slip* pada roda belakang berkurang. *Acceleration squat* yang lebih rendah pada *Trial 1_Rear suspension* membuat mobil saat digas selama tikungan tidak terjadi *squat* pada mobil bagian belakang sehingga tidak menghabiskan waktu yang lama pada saat ditikungan. *Trial 1_Rear suspension* juga memiliki perubahan *vertical roll center* yang lebih sedikit dibandingkan dengan rancangan geometri suspensi belakang mobil Formula Garuda 17 sehingga *lateral force* yang

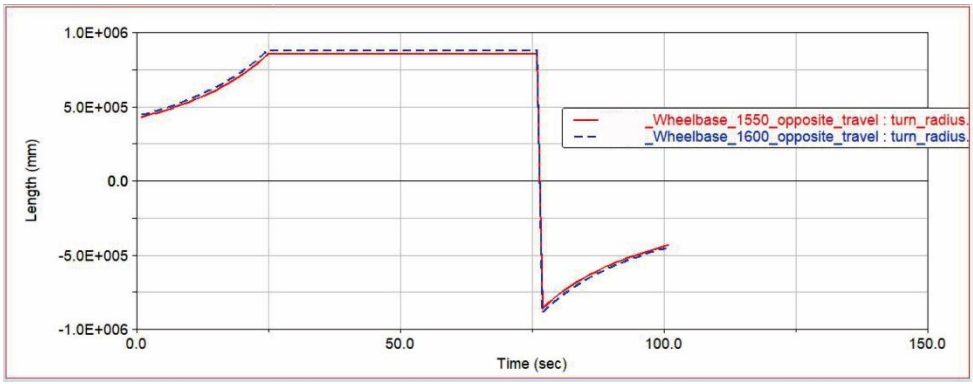
terjadi juga akan lebih sedikit. Maka dari itu untuk rancangan geometri suspensi depan mobil Formula Garuda 18 menggunakan rancangan dari *Trial 1_Rear suspension*.

3. *Wheelbase*

Analisis yang akan dilakukan adalah dengan melihat perbedaan *wheelbase* yang digunakan pada mobil Formula Garuda 17 yaitu 1600mm dengan *wheelbase* 1550mm. *Result set* yang dilihat adalah *turn radius* dan *outside turn diameter*, dimana *result set* ini mempengaruhi pada kemampuan belok mobil. Berikut adalah gambar dari analisis.



Gambar 77. *Outside turn diameter.*



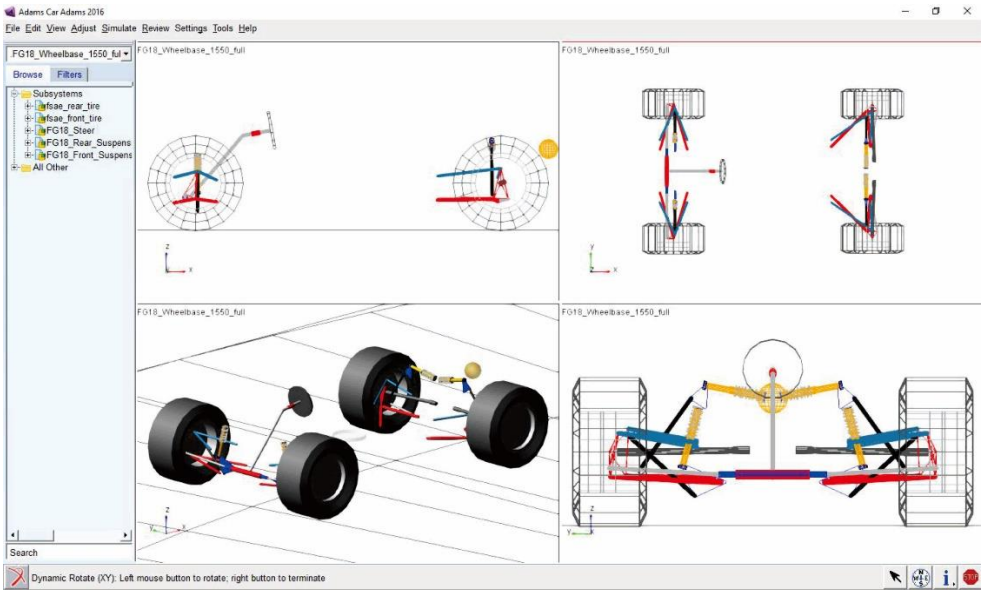
Gambar 78. *Turn radius.*

Dapat dilihat pada gambar 71 dan gambar 72, dimana mobil dengan *wheelbase* 1550mm memeliki radius belok dan dalam *outside turn diameter* yang sedikit

dibandingkan dengan mobil yang memiliki *wheelbase* 1600mm yang membuat mobil mampu mengambil tikungan yang lebih pendek dengan melintasi jalan bagian dalam sehingga waktu yang diperlukan untuk melewati tikungan lebih singkat. Maka dari itu mobil Formula Garuda 18 menggunakan *wheelbase* dengan panjang 1550mm.

4. *Final model* di *software* Adams Car

Setelah melakukan analisis dan beberapa *redesign* diperoleh hasil rancangan geometri suspensi yang lebih baik dibandingkan dengan rancangan geometri suspensi mobil Formula Garuda 17. Pada geometri suspensi depan menggunakan rancangan *trial 7*, pada geometri suspensi belakang menggunakan rancangan *Trial 1_Rear suspension* dan yang terakir menggunakan *wheelbase* 1550mm. Hasil yang sudah deperoleh ini, nantinya akan digunakan untuk rancangan geometri suspensi mobil Formula Garuda 18. Gambar 73 menunjukan *Final model* rancangan geometri suspensi mobil Formula Garuda 18 di *software* Adams Car.



Gambar 79. *Final model* Adams Car rancangan geometri suspensi mobil Formula Garuda 18

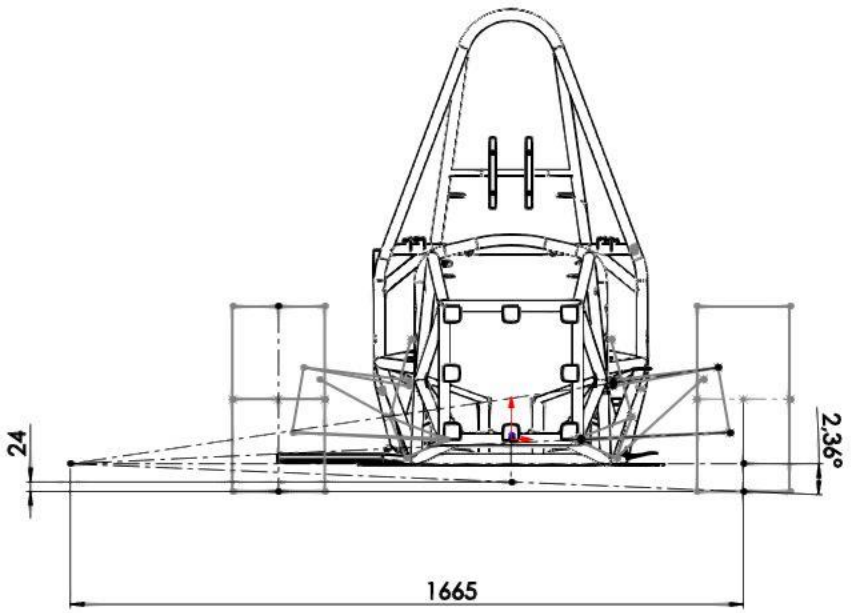
D. Diskripsi Rancangan Geometri Suspensi Mobil Formula Garuda 18

Setelah melakukan analisis pada rancangan geometri suspensi mobil Formula Garuda 17 dan mendapatkan rancangan yang lebih baik kemudian rancangan tersebut digunakan pada pada rancangan geometri suspensi mobil Formula Garuda 18. pada Rancangan geometri suspensi yang sudah didapatkan kemudian digambar dalam *sofware* Solid Works. Berikut adalah diskripsi dari rancangan mobil Formula Garuda 18.

1. *Front View Swing Arm Geometry* (FVSA) Mobil Formula Garuda 18

   a. Suspensi depan

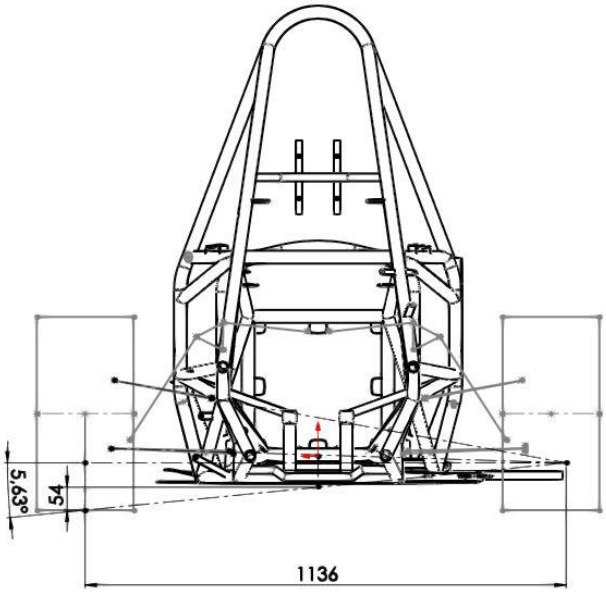
      Suspensi Depan Mobil Formula Garuda 18 dengan *setting camber* awal 0 deg memiliki *roll center height* 24 mm, *scrub angle* 2,36 deg dan memiliki *Instantaneous roll center* dengan *swing axle length* (SAL) 1665mm. Pada suspensi depan Mobil Formula Garuda 18 memiliki *roll center* yang lebih rendah, *swing axle length* yang lebih panjang dan *srub angle* yang lebih sedikit dibandingkan dengan suspensi depan Mobil Formula Garuda 17. *Front View Swing Arm Geometry* suspensi depan Mobil Formula Garuda 18 dapat dilihat pada gambar 74.



Gambar 80. Front View Swing Arm Geometry suspensi depan Mobil Formula Garuda 18.

b. Suspensi depan

Suspensi Belakang Mobil Formula Garuda 18 dengan setting camber awal 0 deg memiliki roll center height 54mm, scrub angle 5,63 deg dan memiliki Instantaneous roll center dengan swing axle length (SAL) 1136mm. Pada suspensi belakang Mobil Formula Garuda 18 memiliki *roll center* yang lebih rendah, *swing axle length* yang lebih panjang dan *srub angle* yang lebih sedikit dibandingkan dengan suspensi belakang Mobil Formula Garuda 17. Front View Swing Arm Geometry suspensi belakang Mobil Formula Garuda 18 dapat dilihat pada gambar 81.

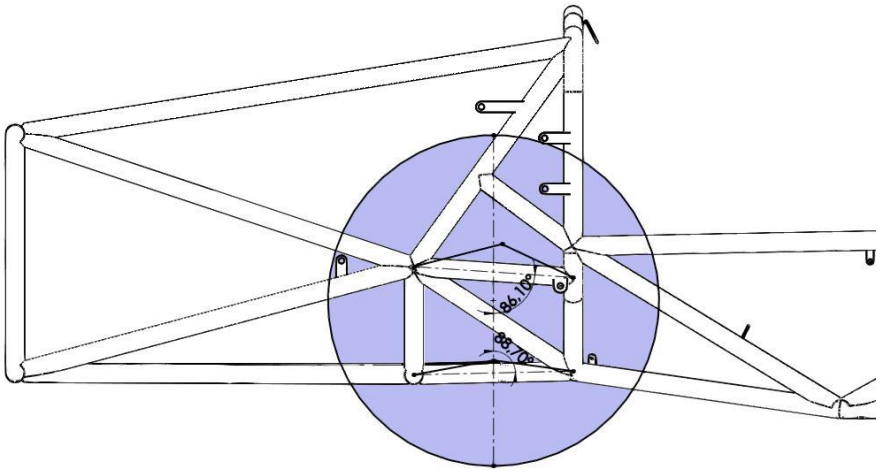


Gambar 81. Front View Swing Arm Geometry suspensi belakang Mobil Formula Garuda 18.

2. *Side View Swing Arm Geometry* (SVSA) mobil Formula Garuda 18

   a. *Anti-dive*

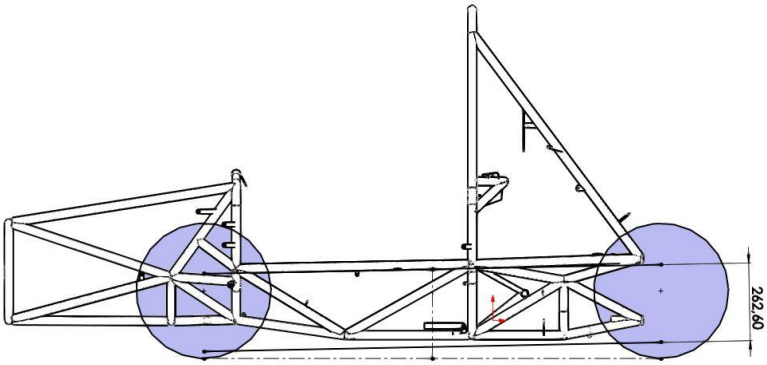
   Dapat dilihat pada gambar 76, *mounting A-arm* pada *chassis* tidak tegak lurus dengan garis vertikal roda, maka rancangan tersebut memiliki *anti-dive* dan juga dibuktikan pada hasil analisis bahwa rancangan suspensi depan mobil Formula Garuda 18 memiliki *dive breaking* yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan rancangan suspensi depan mobil Formula Garuda 17 yang menjadikan mobil Formula Garuda 18 lebih stabil saat dilakukan pengereman selama *cornering* dan tidak menukik kebawah. Berikut adalah gambar rancangan *anti-dive* suspensi depan mobil Formula Garuda 18.



Gambar 82. Rancangan *anti-dive* suspensi depan Mobil Formula Garuda 18.

b. *Roll axis*

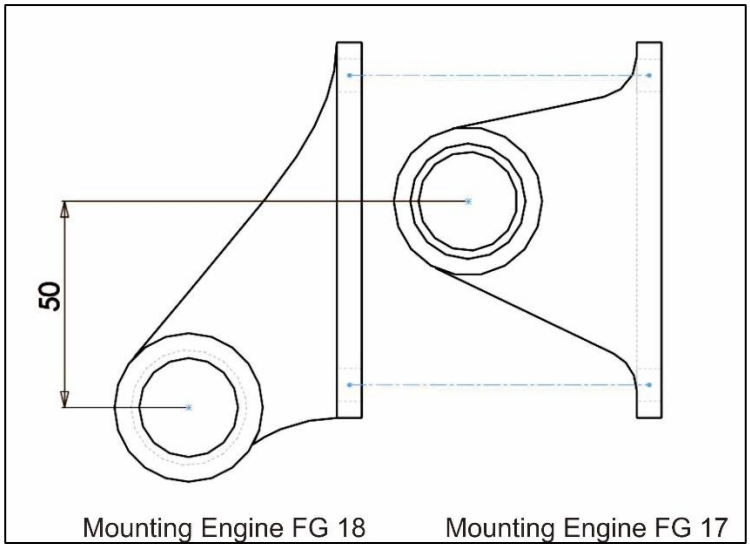
Mobil Formula Garuda 18 memiliki tinggi *center of gravity* 301,8mm dengan tinggi *roll center* depan 24mm dan tinggi *roll center* belakang 54mm, maka Mobil Formula Garuda 18 memiliki *roll axis height* 258,24. Mobil Formula Garuda 18 memiliki selisih *roll axis height* 4,36mm lebih pendek.



Gambar 83. *Roll axis height* Mobil Formula Garuda 18.

Untuk menjaga *roll axis height* tetap pendek pada mobil Formula Garuda 18 maka *center of gravity* pada kendaraan diturunkan dengan cara menurunkan posisi *engine* melalui *mounting engine* sebesar 50mm. Berikut gambar dari *mounting*

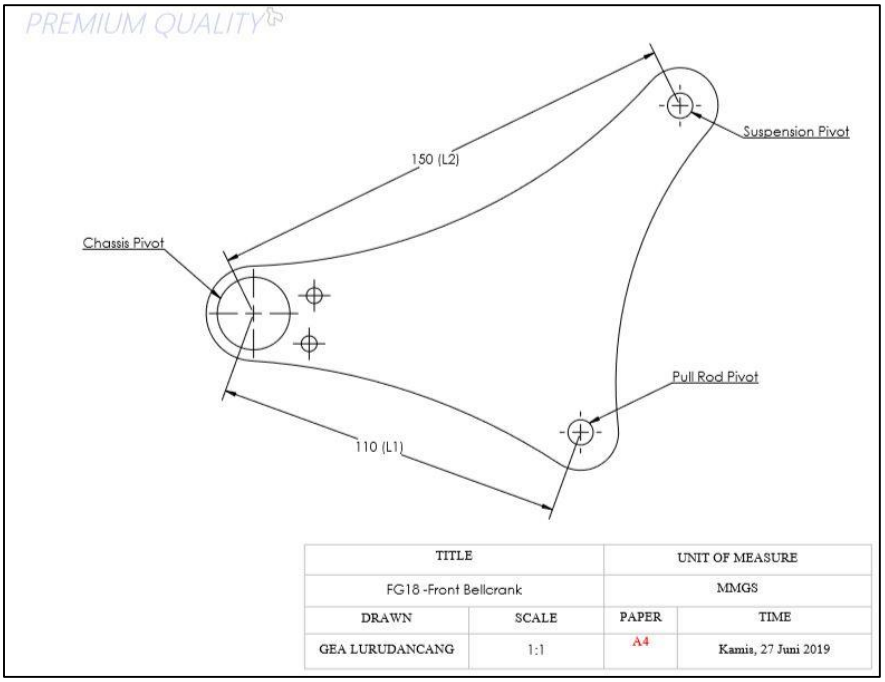
engine mobil Formula Garuda 18. Sehingga mobil Formula Garuda 18 memiliki *center of gravity* dibandingkan Formula Garuda 17.



Gambar 84. *Mounting engine* Mobil Formula Garuda.

3. *Motion ratio bell-crank*

   a. *Bell-crank* depan



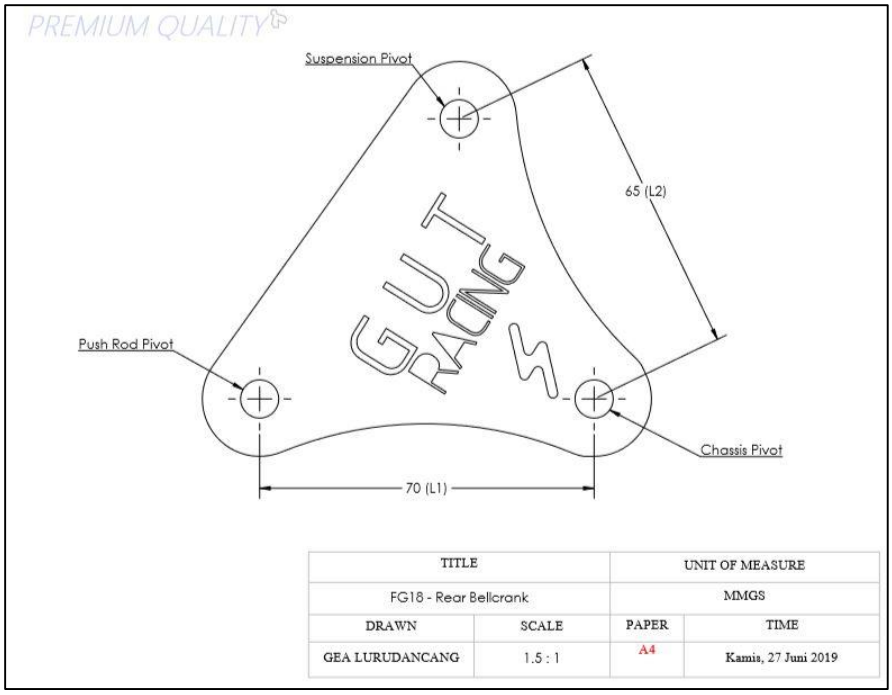
Gambar 85. *Bell-crank* depan Mobil Formula Garuda 18.

Motion ratio bell-crank depan mobil Formula Garuda 18:

RM = L1/L2 = 110/150 = 0,73

Walaupun *Bell-crank* depan Mobil Formula Garuda 18 memiliki *motion ratio* yang sama dengan *Bell-crank* depan Mobil Formula Garuda 17, namun perbedaannya adalah koordinat pada *pull rod pivot* yang mempengaruhi panjang dari *pull rod* , *pull rod* pada Formula Garuda 18 lebih panjang sehingga momen untuk mengungkit *bell-crank* lebih besar.

b. *Bell-crank* belakang



Gambar 86. *Bell-crank* belakang mobil Formula Garuda 18.

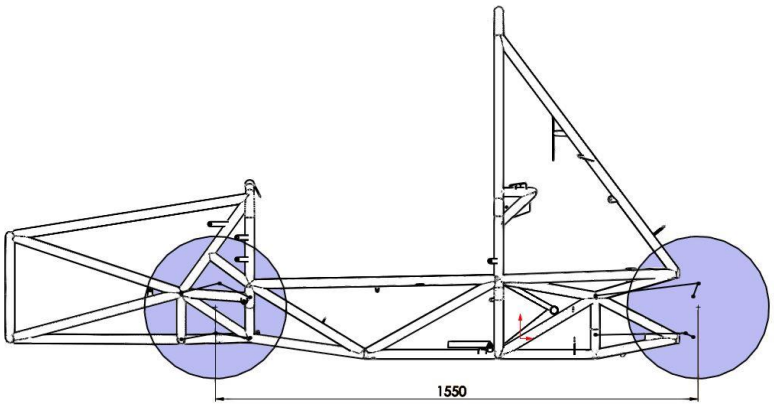
Motion ratio bell-crank belakang mobil Formula Garuda 18:

RM = L1/L2 = 70/65 = 1,07

Motion ratio bell-crank belakang mobil Formula Garuda 18 lebih besar dibandingkan dengan *Motion ratio bell-crank* belakang mobil Formula Garuda 17, yang berarti gerakan dari roda akan langsung diteruskan pada suspensi.

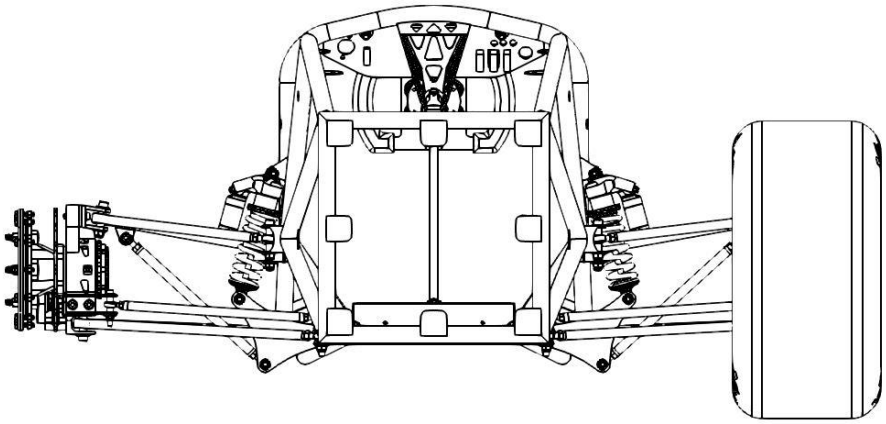
4. *Wheelbase* dan *widthtrack*

Wheelbase mobil Formula Garuda 18 memiliki *wheelbase* yang lebih pendek dibandingkan dengan *Wheelbase* mobil Formula Garuda 17, yaitu 1550mm selisih 50mm lebih pendek. sedangkan *widthtrack* depan 1150 mm dan widthtrack belakang 1100 mm sama dengan *widthtrack* mobil Formula Garuda 17.

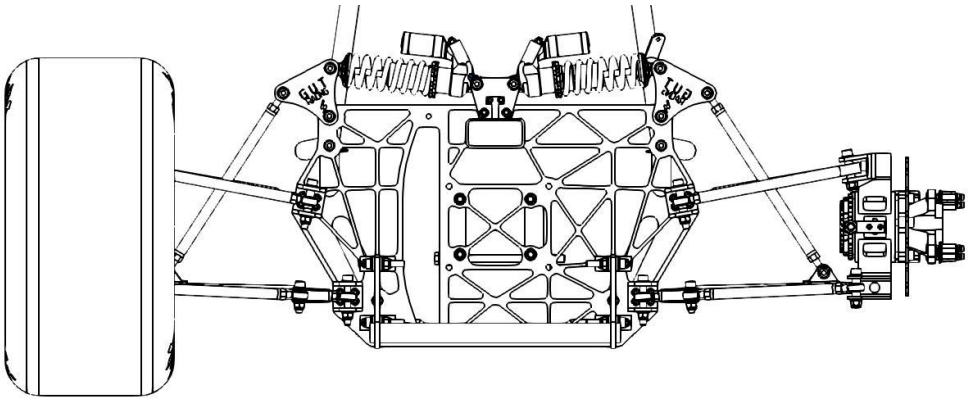


Gambar 87. *Wheelbase* mobil Formula Garuda 18.

Setelah rancangan 2d suspensi geometri suspensi mobil Formula Garuda 18 sudah digambar dalam SolidWorks, selanjutnya adalah menggambar 3d dari rancangan tersebut sehingga dapat dikerjakan dan dibuat mobil Formula Garuda 18. Berikut adalah gambar dari suspensi depan dan belakang dari mobil Formula garuda 18.



Gambar 88. Suspensi depan mobil Formula Garuda 18.



Gambar 89. Suspensi belakang mobil Formula Garuda 18.

E. Pembahasan Hasil Geometri Suspensi Mobil Formula Garuda 18

1. *Design event*

Rancangan geometri suspensi Mobil Formula Garuda 18 akan diuji oleh juri pada saat kompetesi dengan cara mempesentasikan hasil dari rancangan kepada juri dan kemudian juri akan menilainya. Berikut adalah perolehan *design event* pada tahun 2018 dibandingkan dengan 2017.

Tabel 9. Hasil perolehan *Design event*

Design event	
Mobil	Perolehan Nilai
Formula Garuda 17	47
Formula Garuda 18	60

Hasil penilaian dari juri menunjukan bahwa Mobil Formula Garuda 18 memiliki nilai *design event* yang lebih baik dibandingkan dengan Mobil Formula Garuda 17.

2. *Dynamic event*

Pada *dynamic event* rancangan geometri suspensi sangat mempengaruhi perolehan waktu pada *skidpad*, *autocross* dan *endurance*. Maka akan dibandingkan perolehan waktu tercepat pada tiga lintasan tersebut.

a. *Skidpad*

Tabel 10. Perolehan waktu *skidpad*

Mobil	*Best Time (sec)*
Formula Garuda 17	5,320
Formula Garuda 18	5,285

b. *Autocross*

Tabel 11. Perolehan waktu *autocross*

Mobil	*Best Time (sec)*
Formula Garuda 17	63,753
Formula Garuda 18	62,952

c. *Endurance*

Pada lintasan *endurance* di tahun 2017, mobil Formula Garuda 17 hanya mampu menyelesaikan 3 kali putaran karena masalah teknis. Maka dari itu data yang dibandingkan adalah waktu yang diperoleh pada 3 putaran pertama lintasan *endurance* ditahun 2017 dan 2018, dimana ditahun 2017 dan 2018 pada putaran pertama dilakukan oleh *driver* yang sama.

Tabel 12. Perolehan waktu *endurance* 3 lap pertama

Mobil	Time (sec)			Kecepatan mobil menempuh 3 lap (km/jam)
	Lap 1	*Lap 2*	*Lap 3*	

Formula Garuda 17	1”16,764	1”14,222	1”12.718	45,09
Formula Garuda 18	1”12,757	1”12,692	1”12,490	46,28

Dapat dilihat pada ketiga hasil yaitu *skidpad, autocros,* dan *endurance* hasil terbaik deperoleh mobil Formula Garuda 18 dimana memiliki rancangan suspensi geometri yang lebih baik juga dibandingkan dengan mobil Formula Garuda 17.

Hasil pada kompetisi untuk tahun 2018 dapat dibuka melalui *wibsite* http://www.jsae.or.jp/formula/en/docu/2018announcements.pdf. dan http://www.jsae.or.jp/formula/en/15th/docu/ALLofficial-announcement_2017.pdf untuk tahun 2017.

Keunggulan penelitian ini dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Theader tentang *”Design of a Suspension for Formula Student Race Car”* dan Amir Afkar, Mehdi Mahmoodi Kaleibar, dan Amin Paykani pada tahun 2012 tentang “*Geometry optimization of double wishbone suspension system via genetic algorithm for heandling improvement* ” adalah parameter yang dimasukkan untuk menganalisis geometri suspensi diperoleh berdasarkan sensor yang dipasang pada mobil sehingga *result set* yang dihasilkan Adams Car dapat mencerminkan kondisi mobil sesungguhnya.