



LAMPIRAN

Lampiran 01.

Uraian Script pada *Software* MatLab

1. Visualisasi Keadaan Awal

```
%Percobaan Manipulator dengan 4-DoF
startup_rvc
L1=10 ; L2=10 ; L3=10 ; L5=10 ;

%L = Link([Th d a alph])
L(1)=Link([0 L1 0 0]);
L(2)=Link([q2 0 L2 0]);
L(3)=Link([q3 0 L3 0]);
L(4)=Link([q4 0 0 -pi]);
L(5)=Link([0 L5 0 0]);

Rob = SerialLink(L);
Rob.name='Manipulator 4 DOF (Keadaan Awal)';
q1=0 ; q2=0 ; q3=0 ; q4=0 ; q5=0;
Rob.plot ([q1, q2, q3, q4, q5]);
```

2. Visualisasi Kasus 1

```
%Percobaan Manipulator dengan 4-DoF
startup_rvc
L1=10 ; L2=10 ; L3=10 ; L5=10 ;

%L = Link([Th d a alph])
L(1)=Link([0 L1 0 0]);
L(2)=Link([q2 0 L2 0]);
L(3)=Link([q3 0 L3 0]);
L(4)=Link([q4 0 0 -pi]);
L(5)=Link([0 L5 0 0]);

Rob = SerialLink(L);
Rob.name='Manipulator 4 DOF (Kasus 1)';
q1=0 ; q2=30 ; q3=30 ; q4=30 ; q5=0;
Rob.plot ([q1, q2, q3, q4, q5]);
```

3. Visualisasi Kasus 2

```
%Percobaan Manipulator dengan 4-DoF
startup_rvc
L1=10 ; L2=10 ; L3=10 ; L5=10 ;

%L = Link([Th d a alph])
L(1)=Link([0 L1 0 0]);
L(2)=Link([q2 0 L2 0]);
L(3)=Link([q3 0 L3 0]);
L(4)=Link([q4 0 0 -pi]);
L(5)=Link([0 L5 0 0]);
```

```

Rob = SerialLink(L);
Rob.name='Manipulator 4 DOF (Kasus 2)';
q1=0 ; q2=45 ; q3=45 ; q4=0 ; q5=0;
Rob.plot ([q1, q2, q3, q4, q5]);

```

4. Visualisasi Kasus 3

```

%Percobaan Manipulator dengan 4-DoF
startup_rvc
L1=10 ; L2=10 ; L3=10 ; L5=10 ;

```

```

%L = Link([Th d a alph])
L(1)=Link([0 L1 0 0]);
L(2)=Link([q2 0 L2 0]);
L(3)=Link([q3 0 L3 0]);
L(4)=Link([q4 0 0 -pi]);
L(5)=Link([0 L5 0 0]);

```

```

Rob = SerialLink(L);
Rob.name='Manipulator 4 DOF (Kasus 3)';
q1=0 ; q2=0 ; q3=90 ; q4=0 ; q5=0;
Rob.plot ([q1, q2, q3, q4, q5]);

```

5. Visualisasi Kasus 4

```

%Percobaan Manipulator dengan 4-DoF
startup_rvc
L1=10 ; L2=10 ; L3=10 ; L5=10 ;

```

```

%L = Link([Th d a alph])
L(1)=Link([0 L1 0 0]);
L(2)=Link([q2 0 L2 0]);
L(3)=Link([q3 0 L3 0]);
L(4)=Link([q4 0 0 -pi]);
L(5)=Link([0 L5 0 0]);

```

```

Rob = SerialLink(L);
Rob.name='Manipulator 4 DOF (Kasus 4)';
q1=0 ; q2=120 ; q3=100 ; q4=30 ; q5=0;
Rob.plot ([q1, q2, q3, q4, q5]);

```

6. Visualisasi Kasus 4

```

%Percobaan Manipulator dengan 4-DoF
startup_rvc
L1=10 ; L2=10 ; L3=10 ; L5=10 ;

```

```

%L = Link([Th d a alph])
L(1)=Link([0 L1 0 0]);
L(2)=Link([q2 0 L2 0]);

```

```
L(3)=Link([q3 0 L3 0]);  
L(4)=Link([q4 0 0 -pi]);  
L(5)=Link([0 L5 0 0]);  
  
Rob = SerialLink(L);  
Rob.name='Manipulator 4 DOF (Kasus 5)';  
q1=0 ; q2=-90 ; q3=-120 ; q4=30 ; q5=0;  
Rob.plot ([q1, q2, q3, q4, q5]);
```



Lampiran 02.

Perhitungan Manual dari Contoh Kasus Kinematika Robot Lengan

(Manipulator) dengan 4 Derajat Kebebasan (4-DoF)

1. Kasus 1

Parameter Denavit Hartenberg untuk transformasi kasus 1 dari robot lengan

(manipulator) dengan 4 derajat kebebasan (4-DoF) sebagai berikut,

Link	θ	d	a	α	Keterangan
1	0°	10 cm	0	0	Dasar
2	30°	0	10 cm	0	Lengan
3	30°	0	10 cm	0	Lengan
4	30°	0	0	180°	Lengan
5	0°	10 cm	0	0	end-effector

Transformasi matriks homogen yang dihasilkan sebagai berikut:

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & 0 & l_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + l_2 \cos \theta_2 \\ \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & -\cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & 0 & l_3 \sin(\theta_2 + \theta_3) + l_2 \sin \theta_2 \\ 0 & 0 & -1 & -l_5 + l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(30^\circ + 30^\circ + 30^\circ) & \sin(30^\circ + 30^\circ + 30^\circ) & 0 & 10 \cos(30^\circ + 30^\circ) + 10 \cos 30^\circ \\ \sin(30^\circ + 30^\circ + 30^\circ) & -\cos(30^\circ + 30^\circ + 30^\circ) & 0 & 10 \sin(30^\circ + 30^\circ) + 10 \sin 30^\circ \\ 0 & 0 & -1 & -10 + 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(90^\circ) & \sin(90^\circ) & 0 & 10 \cos(60^\circ) + 10 \cos 30^\circ \\ \sin(90^\circ) & -\cos(90^\circ) & 0 & 10 \sin(60^\circ) + 10 \sin 30^\circ \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 10(0,5) + 10(0,866) \\ 1 & 0 & 0 & 10(0,866) + 10(0,5) \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 5 + 8,66 \\ 1 & 0 & 0 & 8,66 + 5 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 13,66 \\ 1 & 0 & 0 & 13,66 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan hasil tersebut dan Persamaan (4.1) maka hasil pemetaan dari transformasi tersebut dapat diinterpretasi sebagai berikut,

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad p(\theta) = \begin{bmatrix} 13,66 \\ 13,66 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Sehingga ditemukan posisi dari *end-effector* untuk kasus 1 dari robot lengan (*manipulator*) dengan 4 derajat kebebasan (4-DoF) sebesar $[13,66 \quad 13,66 \quad 0]$.

2. Kasus 2

Parameter Denavit Hartenberg untuk transformasi kasus 2 dari robot lengan (*manipulator*) dengan 4 derajat kebebasan (4-DoF) sebagai berikut,

Link	θ	d	a	α	Keterangan
1	0°	10 cm	0	0	Dasar
2	45°	0	10 cm	0	Lengan
3	45°	0	10 cm	0	Lengan
4	0°	0	0	180°	Lengan
5	0°	10 cm	0	0	<i>end-effector</i>

Transformasi matriks homogen yang dihasilkan sebagai berikut:

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & 0 & l_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + l_2 \cos \theta_2 \\ \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & -\cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & 0 & l_3 \sin(\theta_2 + \theta_3) + l_2 \sin \theta_2 \\ 0 & 0 & -1 & -l_5 + l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(45^\circ + 45^\circ + 0^\circ) & \sin(45^\circ + 45^\circ + 0^\circ) & 0 & 10 \cos(45^\circ + 45^\circ) + 10 \cos 45^\circ \\ \sin(45^\circ + 45^\circ + 0^\circ) & -\cos(45^\circ + 45^\circ + 0^\circ) & 0 & 10 \sin(45^\circ + 45^\circ) + 10 \sin 45^\circ \\ 0 & 0 & -1 & -10 + 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(90^\circ) & \sin(90^\circ) & 0 & 10 \cos(90^\circ) + 10 \cos 45^\circ \\ \sin(90^\circ) & -\cos(90^\circ) & 0 & 10 \sin(90^\circ) + 10 \sin 45^\circ \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 10(0) + 10(0,707) \\ 1 & 0 & 0 & 10(1) + 10(0,707) \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 7,07 \\ 1 & 0 & 0 & 10 + 7,07 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 7,07 \\ 1 & 0 & 0 & 17,07 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan hasil tersebut dan Persamaan (4.1) maka hasil pemetaan dari transformasi tersebut dapat diinterpretasi sebagai berikut,

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad p(\theta) = \begin{bmatrix} 7,07 \\ 17,07 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Sehingga ditemukan posisi dari *end-effector* untuk kasus 2 dari robot lengan (*manipulator*) dengan 4 derajat kebebasan (4-DoF) sebesar $[7,07 \quad 17,07 \quad 0]$.

3. Kasus 3

Parameter Denavit Hartenberg untuk transformasi kasus 3 dari robot lengan (*manipulator*) dengan 4 derajat kebebasan (4-DoF) sebagai berikut,

Link	θ	d	a	α	Keterangan
1	0°	10 cm	0	0	Dasar
2	0°	0	10 cm	0	Lengan
3	90°	0	10 cm	0	Lengan
4	0°	0	0	180°	Lengan
5	0°	10 cm	0	0	<i>end-effector</i>

Transformasi matriks homogen yang dihasilkan sebagai berikut:

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & 0 & l_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + l_2 \cos \theta_2 \\ \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & -\cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & 0 & l_3 \sin(\theta_2 + \theta_3) + l_2 \sin \theta_2 \\ 0 & 0 & -1 & -l_5 + l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(0^\circ + 90^\circ + 0^\circ) & \sin(0^\circ + 90^\circ + 0^\circ) & 0 & 10 \cos(0^\circ + 90^\circ) + 10 \cos 0^\circ \\ \sin(0^\circ + 90^\circ + 0^\circ) & -\cos(0^\circ + 90^\circ + 0^\circ) & 0 & 10 \sin(0^\circ + 90^\circ) + 10 \sin 0^\circ \\ 0 & 0 & -1 & -10 + 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(90^\circ) & \sin(90^\circ) & 0 & 10 \cos(90^\circ) + 10 \cos 0^\circ \\ \sin(90^\circ) & -\cos(90^\circ) & 0 & 10 \sin(90^\circ) + 10 \sin 0^\circ \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 10(0) + 10(1) \\ 1 & 0 & 0 & 10(1) + 10(0) \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 10 \\ 1 & 0 & 0 & 10 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan hasil tersebut dan Persamaan (4.1) maka hasil pemetaan dari transformasi tersebut dapat diinterpretasi sebagai berikut,

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad p(\theta) = \begin{bmatrix} 10 \\ 10 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Sehingga ditemukan posisi dari *end-effector* untuk kasus 3 dari robot lengan (*manipulator*) dengan 4 derajat kebebasan (4-DoF) sebesar $[10 \ 10 \ 0]$.

4. Kasus 4

Parameter Denavit Hartenberg untuk transformasi kasus 4 dari robot lengan (*manipulator*) dengan 4 derajat kebebasan (4-DoF) sebagai berikut,

Link	θ	d	a	α	Keterangan
1	0°	10 cm	0	0	Dasar
2	120°	0	10 cm	0	Lengan
3	100°	0	10 cm	0	Lengan
4	30°	0	0	180°	Lengan
5	0°	10 cm	0	0	<i>end-effector</i>

Transformasi matriks homogen yang dihasilkan sebagai berikut:

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & 0 & l_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + l_2 \cos \theta_2 \\ \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & -\cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & 0 & l_3 \sin(\theta_2 + \theta_3) + l_2 \sin \theta_2 \\ 0 & 0 & -1 & -l_5 + l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(120^\circ + 100^\circ + 30^\circ) & \sin(120^\circ + 100^\circ + 30^\circ) & 0 & 10 \cos(120^\circ + 100^\circ) + 10 \cos 120^\circ \\ \sin(120^\circ + 100^\circ + 30^\circ) & -\cos(120^\circ + 100^\circ + 30^\circ) & 0 & 10 \sin(120^\circ + 100^\circ) + 10 \sin 120^\circ \\ 0 & 0 & -1 & -10 + 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(250^\circ) & \sin(250^\circ) & 0 & 10 \cos(220^\circ) + 10 \cos 120^\circ \\ \sin(250^\circ) & -\cos(250^\circ) & 0 & 10 \sin(220^\circ) + 10 \sin 120^\circ \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} -0,342 & -0,94 & 0 & 10(-0,766) + 10(-0,5) \\ -0,94 & 0,342 & 0 & 10(-0,643) + 10(0,866) \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} -0,342 & -0,94 & 0 & -7,66 + (-5) \\ -0,94 & 0,342 & 0 & -6,43 + 8,66 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} -0,342 & -0,94 & 0 & -12,66 \\ -0,94 & 0,342 & 0 & 2,23 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan hasil tersebut dan Persamaan (4.1) maka hasil pemetaan dari transformasi tersebut dapat diinterpretasi sebagai berikut,

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} -0,342 & -0,94 & 0 \\ -0,94 & 0,342 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ dan } p(\theta) = \begin{bmatrix} -12,66 \\ 2,23 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Sehingga ditemukan posisi dari *end-effector* untuk kasus 4 dari robot lengan (*manipulator*) dengan 4 derajat kebebasan (4-DoF) sebesar $[-12,66 \quad 2,23 \quad 0]$.

5. Kasus 5

Parameter Denavit Hartenberg untuk transformasi kasus 5 dari robot lengan (*manipulator*) dengan 4 derajat kebebasan (4-DoF) sebagai berikut,

Link	θ	d	a	α	Keterangan
1	0°	10 cm	0	0	Dasar
2	-90°	0	10 cm	0	Lengan
3	-120°	0	10 cm	0	Lengan
4	30°	0	0	180°	Lengan
5	0°	10 cm	0	0	<i>end-effector</i>

Transformasi matriks homogen yang dihasilkan sebagai berikut:

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & 0 & l_3 \cos(\theta_2 + \theta_3) + l_2 \cos \theta_2 \\ \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & -\cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & 0 & l_3 \sin(\theta_2 + \theta_3) + l_2 \sin \theta_2 \\ 0 & 0 & -1 & -l_5 + l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(-90^\circ + (-120^\circ) + 30^\circ) & \sin(-90^\circ + (-120^\circ) + 30^\circ) & 0 & 10 \cos(-90^\circ + (-120^\circ) + 10 \cos(-90^\circ)) \\ \sin(-90^\circ + (-120^\circ) + 30^\circ) & -\cos(-90^\circ + (-120^\circ) + 30^\circ) & 0 & 10 \sin(-90^\circ + (-120^\circ) + 10 \sin(-90^\circ)) \\ 0 & 0 & -1 & -10 + 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(-180^\circ) & \sin(-180^\circ) & 0 & 10 \cos(-210^\circ) + 10 \cos(-90^\circ) \\ \sin(-180^\circ) & -\cos(-180^\circ) & 0 & 10 \sin(-210^\circ) + 10 \sin(-90^\circ) \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 10(0,866) + 10(0) \\ 0 & 1 & 0 & 10(0,5) + 10(-1) \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 8,66 \\ 0 & 1 & 0 & 5 - 10 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$g_{st}(\theta) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & -8,66 \\ 0 & 1 & 0 & -5 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan hasil tersebut dan Persamaan (4.1) maka hasil pemetaan dari transformasi tersebut dapat diinterpretasi sebagai berikut,

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad p(\theta) = \begin{bmatrix} -8,66 \\ -5 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Sehingga ditemukan posisi dari *end-effector* untuk kasus 5 dari robot lengan (*manipulator*) dengan 4 derajat kebebasan (4-DoF) sebesar $[-8,66 \quad -5 \quad 0]$.

Lampiran 03.**Riwayat Hidup**

I N Widya Artha lahir di Kupang pada tahun 2001. Penulis lahir dari pasangan suami istri Bapak I Nyoman Seriada dan Ibu Ni Nyoman Niti. Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama Hindu. Kini penulis beralamat di Banjar Dinas Dukuh Gede, Desa Baturiti, Kecamatan Kerambitan, Kabupaten Tabanan, Provinsi Bali.

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 3 Sembung Gede dan lulus pada tahun 2013. Kemudian penulis melanjutkan di SMP Negeri 1 Kerambitan dan lulus pada tahun 2016. Pada tahun 2019, penulis lulus dari SMA Negeri 2 Tabanan dan melanjutkan ke jenjang Strata I (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Pendidikan Ganesha. Pada semester akhir tahun 2023 penulis telah menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Perumusan Kinematika Robot Manipulator dalam Koordinat Umum dengan Empat Derajat Kebebasan”. Selanjutnya, mulai tahun 2019 sampai dengan penulisan skripsi ini, penulis masih terdaftar sebagai mahasiswa Program S1 Pendidikan Fisika di Universitas Pendidikan Ganesha.