

Perancangan Sistem Tracking Optimal Linear Quadratic Gaussian (LQG) untuk Pengaturan Posisi Antena Parabola Mobile

Meidya Koeshardianto

Program Studi Teknik Informatika Universitas Trunojoyo
Jl. Raya Telang PO BOX 2 Kamal, Bangkalan, Madura

ABSTRACT

Antenna parabolic mobile is a system that used in communication data at the sea. Although satellite PALAPA B4 at the orbit geostationary but has a trouble for pointing elevation and azimuth. This trouble decide because of rolling, pitching, and yawing move that then pointing and the values is difficult suggested. This system is building a optimal control with a Linier Quadratic Gaussian Method (LQG). Get the set point with rolling, pitching and yawing noises.

Keywords: linier quadratic gaussian, tracking, rolling, pitching, yawing.

PENDAHULUAN

Dewasa ini jaringan komunikasi di laut untuk kapal-kapal perang di Indonesia dirasakan semakin sangat penting. Pemerintah Indonesia memiliki dan mengoperasikan satelit palapa B4. Meskipun satelit Palapa B4 terletak di orbit geostasioner namun masih menghadapi kendala dalam pemanfaatan alokasi frekuensi untuk kegiatan yang bersifat mobile. Kendala yang dihadapi untuk memanfaatkan alokasi frekwensi dalam operasional adalah akibat pergerakan kapal. Pergerakan kapal dirinci menjadi 6 macam gerakan, yaitu *rolling, pitcing, yawing, heaving, surging* dan *swaing*. Keenam gerakan ini tidak kontinyu dan sulit untuk diperkirakan baik arah maupun besarnya. Sehingga perencanaan sistem pengaturan arah pancaran sangat diperlukan agar komunikasi dapat berlangsung dengan baik.

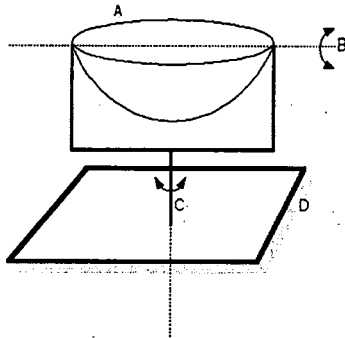
Penelitian ini membahas tentang desain tracking optimal untuk *plant* pengaturan posisi antena parabola mobile.

Karena perubahan posisi kapal sampai dengan 12 knot (18 Km/jam) tidak merubah posisi pengarah antena sedangkan perubahan arah antena lebih dominan dipengaruhi oleh faktor ketidakstabilan dari luar yaitu berupa gangguan *rolling, pitching* dan *yawing* maka tracking optimalnya termasuk dalam *dynamic regulator problem*. Batasan masalah dalam makalah ini adalah penganalisaan dan pendesainan Dynamic Regulator Problem LQG dengan gangguan dari luar sistem berupa *rolling, pitching* dan *yawing*.

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian adalah merancang suatu system melalui simulasi dan mendesain tracking optimal Dinamic

Regulator Problem LQG dengan serta menganalisisnya. Pada system antena gambaran system yang dikehendaki seperti pada Gambar 1.



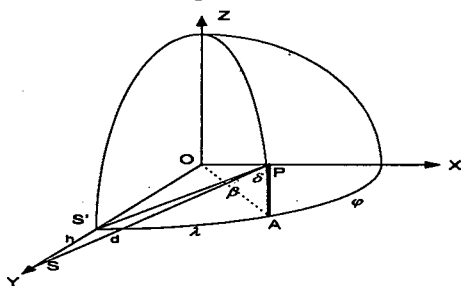
Gambar 1. Sistem yang dikehendaki.

Keterangan:

- A: Antena
- B: Sumbu elevasi
- C: Sumbu azimuth
- D: Platform kapal

Perhitungan Azimuth, Elevasi dan Jarak

Untuk menentukan pengarahannya di stasiun bumi ke arah satelit tertentu, perlu dilakukan perhitungan azimuth dan elevasinya berdasarkan bujur dan lintang.



Gambar 2. Perhitungan sudut Azimuth

Dari segitiga bola PS'A dapat diturunkan dengan rumus:

$$\cos \beta = \cos \alpha \cdot \cos \phi \quad (1);$$

$$\tan \delta = \frac{\tan \lambda}{\tan \phi} \quad (2)$$

$$\text{dan } \delta = \arctan \frac{\tan \lambda}{\sin \phi} \quad (3)$$

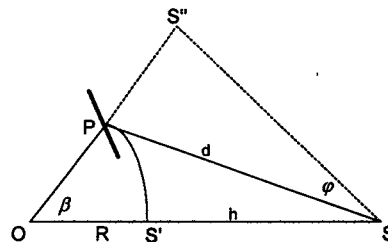
dimana : $\lambda = AS' = BT$ stasiun bumi - BT satelit; ϕ = garis letak stasiun bumi; δ = azimuth

Sudut elevasi antena adalah sudut yang dibentuk antara sumbu vertikal antena dengan garis horisontal bumi. Hal ini dapat dijelaskan dengan memperhatikan gambar 2.5.

$$\tan \phi = \frac{PS''}{SS''} \quad (4)$$

$$\text{dan } \tan \phi = \frac{\cos \beta - \frac{R}{R+h}}{\sin \beta} \quad (5)$$

dimana: ϕ = sudut elevasi ke arah satelit; h = jarak satelit ke stasiun bumi; R = jari-jari bumi



Gambar 3. Perhitungan sudut elevasi

Batas waktu elevasi minimum adalah 5^o sampai 10^o 1). Karena diketahui bahwa radius bumi (R) = 6.378 Km dan tinggi orbit geostasioner satelit = 35.786 Km, maka persamaan diatas menjadi:

$$\tan \phi = \frac{\cos \beta - 0.151266}{\sin \beta} \quad (6);$$

$$\phi = \arctan \left[\frac{\cos \beta - 0.151266}{\sin \beta} \right] \quad (7)$$

Dari segitiga OPS dapat diturunkan rumus:

$$d^2 = R^2 + (R+h)^2 - 2R(R+h)\cos \beta \quad (8)$$

$$\text{an } d = -R\sin \beta + \sqrt{(R+h)^2 - R^2\cos^2 \beta} \quad (9)$$

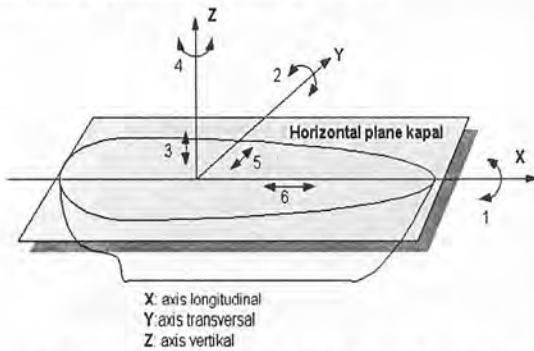
dimana d adalah jarak dari stasiun bumi ke satelit.

Macam Dan Pengaruh Gerakan Kapal

Ada tiga macam gerakan kapal yang merupakan gerakan kapal pokok, yaitu:

1. *Rolling*: yaitu gerakan osilasi *rotational* terhadap sumbu longitudinal (sumbu x).
2. *Pitching*: yaitu gerakan osilasi *rotational* terhadap sumbu transversal (sumbu y).
3. *Yawing*: yaitu gerakan osilasi translasi pada arah sumbu vertikal (sumbu z).

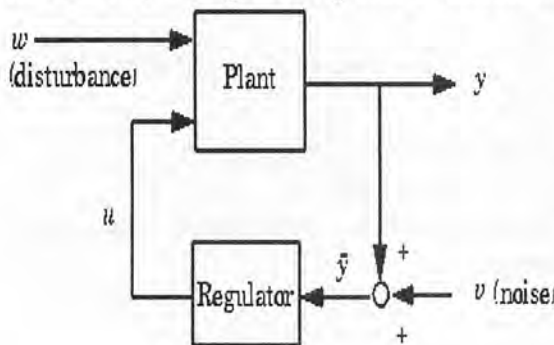
Sistem sumbu x,y dan z adalah seperti gambar 4 dibawah .



Gambar 4. Gerakan Kapal Pada Sistem Sumbu x, y dan z

Linear Quadratic Gaussian (LQG)

Linear Quadratic Gaussian (LQG) Control adalah salah satu teknik state-space modern untuk mendesain optimalisasi dinamic regulator. Perhatikan desain LQG Regulator pada Gambar 5

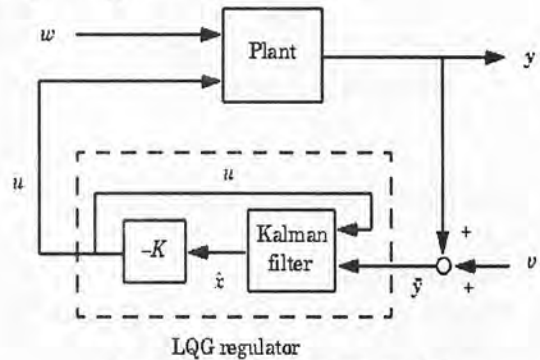


Gambar 5. Blok Diagram LQG Regulator

LQG regulator terdiri atas sebuah *gain optimal state feedback* dan juga sebuah *Kalman state estimator*.

LQG Regulator

Untuk membentuk LQG Regulator, adalah dengan menghubungkan filter Kalman dengan gain LQ optimal K seperti gambar di bawah:



Gambar 6. Blok Diagram LQG

Dimana regulator tersebut mempunyai persamaan state space:

$$\frac{d}{dt} \dot{x} = [A - LC - (B - LD)K] \dot{x} + L\bar{y} \tag{15}$$

$$u = -K\dot{x}$$

Untuk syntax pada MATLAB dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi *lqgreg* jika filter *Kalman kest* dan juga *gain kompensator K* diketahui, atau *regulator = lqgreg(kest, K)*;

Perancangan Sistem Pengaturan Posisi Antena Parabola Mobile. Sistem Antena.

Axis Elevasi

Peredam pada setiap komponen diasumsikan : $B_a = B_m = 10^{-5} \text{ Nm/rad/det}$

Momen inersia antena : $J_a = m_a r^2 = 15.6 \cdot (0.1187)^2 = 0.2197 \text{ Kgm}^2$

Dengan arus jangkar: $R_a = 2 \Omega$ dan Perbandingan gigi: $\frac{n_1}{n_2} = \frac{2}{500}; n_1 = 250n_2$

Dari persamaan:

$$\frac{\theta_e(s)}{E_e(s)} = \frac{K_n}{\left(R_n \left(\frac{n_2 J_m + n_1 J_a}{n_1} \right) \right) s^2 + \left(R_n \left(\frac{n_2 B_m + n_1 B_a}{n_1} \right) + \frac{n_2}{n_1} K_{GG} K_n \right) s}$$

diperoleh: $\frac{\theta_e(s)}{E_e(s)} = \frac{0.23}{2341s^2 + s}$

Axis Azimuth

$$X_c = \frac{0}{1520} = 0 \quad \text{dan} \quad Y_c = \frac{600}{1520} = 0,3947 \text{ cm} = 0,0039 \text{ m}$$

Titik berat terletak di (0,0.3947cm); Berat cangkang azimuth $m_a = rV = 2500 \cdot 1520 \cdot 10^{-6} = 3.8 \text{ kg}$; Momen inersia cangkang azimuth:

$$J_e = m_a (e + Y_c)^2 = 3.8 (10.3947 \times 10^{-2})^2 = 0.0411 \text{ kgm}^2$$

Dari persamaan:

$$\frac{\theta_{az}(s)}{E_a(s)} = \frac{K_n}{\left(R_n \left(\frac{n_2 J_m + n_1 J_a + n_1 J_e}{n_1} \right) \right) s^2 + \left(R_n \left(\frac{n_2 B_m + n_1 B_a}{n_1} \right) + \frac{n_2}{n_1} K_{GG} K_n \right) s}$$

diperoleh: $\frac{\theta_{az}(s)}{E_a(s)} = \frac{0.24}{2402s^2 + s}$

Perancangan Sistem Koordinat

Dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan letak Satelit dan posisi antenna.
 Dengan posisi satelit palapa B4 (118° BT) sedangkan posisi antenna berada diatas kapal dengan haluan 0° dan posisi diperairan Laut Jawa 5.2°LS dan 111.5 °BT.
2. Melakukan perhitungan elevasi, azimuth dan jarak.
3. Diperoleh azimuth = 51.5°, elevasi = 80.21° dan jarak = 40766.95856 Km.

4. Dari azimuth, elevasi dan jarak ditulis dalam koordinat bola.

Dengan hasil: $\begin{bmatrix} r \\ \varphi \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 40766 & ,95856 \\ 38 & ,5 \\ 9 & ,79 \end{bmatrix}$

5. Dirubah menjadi sistem koordinat kartesius.

Dengan hasil: $\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = 40766,95856 \begin{bmatrix} 0,133072742 \\ 0,105850839 \\ 0,98543759 \end{bmatrix}$

6. Mendapatkan model sistem koordinat total $S_k =$

$$T_{Rolling} \cdot T_{Pitching} \cdot T_{Yawing} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

Perancangan Kontroller

Dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung gain state feedback K, dengan Q=1000 dan R=500, dengan M-file:

```
sys = ss(tf(0.23,[2.3419 1 0])) %
elevasi State-space plant model
sys = ss(tf(0.24,[2.4027 1 0])) %
azimuth State-space plant model
% Design LQ-optimal gain K
K = lqry (sys,1000,500) % u = -Kx
minimizes J(u)
```

Dengan Hasil : $K_{Az} = 0.5178$
 0.5650 dan $K_{El} = 0.5026 \quad 0.5556$

2. Mendapatkan persamaan kalman state estimator dengan $Q_n = 1$ dan $R_n = 0.01$, dengan M-file sebagai berikut:

```
% Separate control input u and disturbance input d
P = sys(:,[1 1]); % input [u;d], output y;
% Design Kalman state estimator Kest.
```

Kest = kalman(P,1,0.01), dengan Hasil:

$Kest_{Az} :$
 $Kest_{El} :$
 $a = \quad -0.4162 \quad -1.118$
 $a = \quad -0.42 \quad -1.078$

	0.5	-1.057
	0.5	-1.038
b =	0.5	2.797
b =	0.5	2.743
	0	2.646
	0	2.643
c =	0	0.3996
c =	0	0.3928
	1	0
	1	0
	0	1
	0	0
d =	0	0
d =	0	0
	0	0
	0	0

Kalman filter. $F = \text{lqgreg}(Kest, K)$,
dengan Hasil :

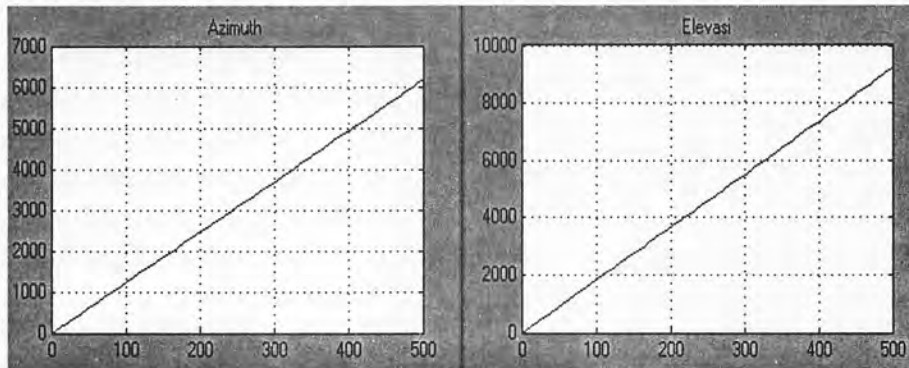
F_{Az} :		
F_{El} :		
a =	-0.6751	-1.4
a =	-0.6783	-1.355
	0.5	-1.057
	0.5	-1.038
b =	2.797	b = 2.743
		2.646
		2.643
c =	-0.5178	-0.565
c =	-0.5026	-0.5556
d =	0	d = 0

3. Membantu LQG regulator, dengan M-file sebagai berikut: %
Form LQG regulator = LQ gain +

HASIL PENELITIAN

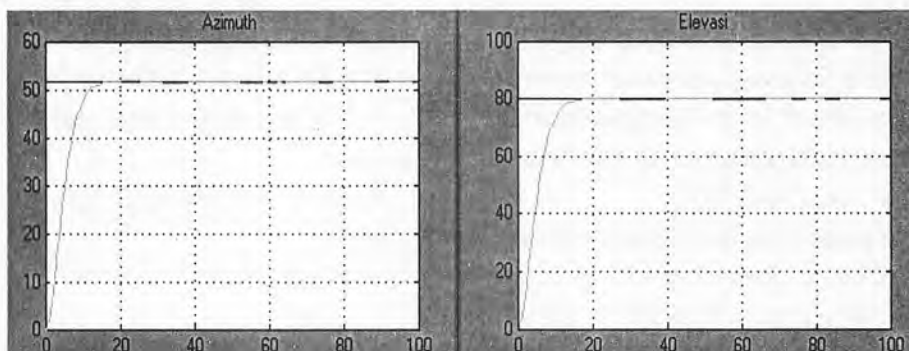
Simulasi dan Analisa

Hasil Simulasi diperoleh respon simulasi open loop seperti Gambar 7.



Gambar 7. Respon Open Loop Plant

Respon simulasi sistem dengan kontroler dimana setiap subsistem dalam keadaan tanpa gangguan. Dengan hasil simulasi untuk masing-masing subsistemnya seperti Gambar 8.

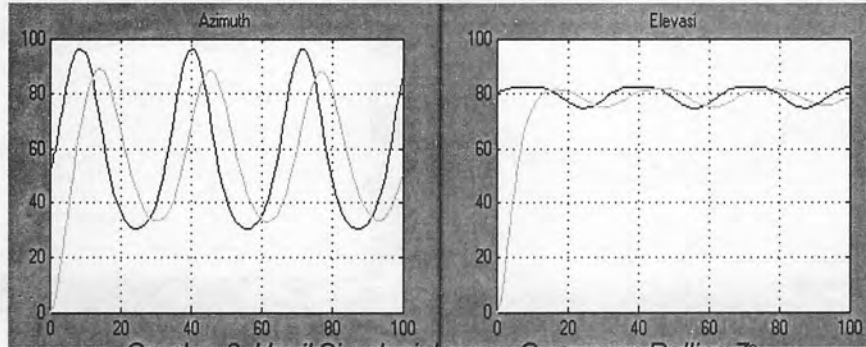


Gambar 8. Hasil Simulasi dalam Keadaan Tanpa Gangguan

Hasil Analisis

Gangguan Dengan Frekwensi 1/5 Hz.

Hasil simulasi sistem dengan gangguan rolling sebesar 7° seperti terlihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Hasil Simulasi dengan Gangguan Rolling 7°

Tabel 1. Analisa Azimuth Pengaruh Gerakan Rolling Untuk Frekwensi 1/5 Hz

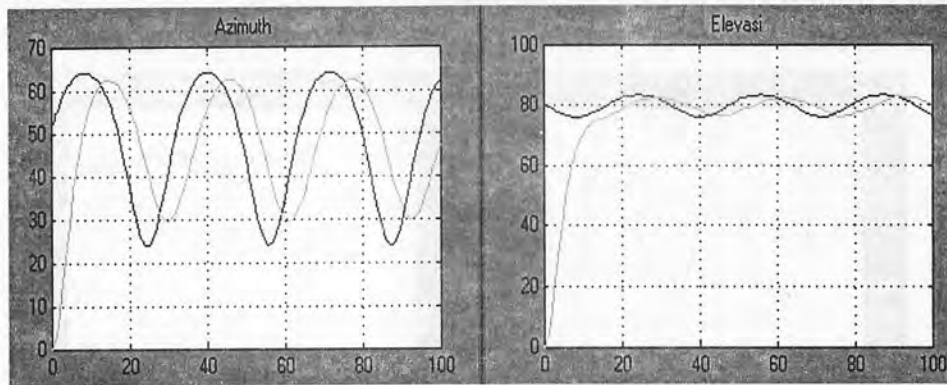
Amplitudo (°)	Azimuth							
	Input			Output				Ess
	Time Setling (detik)	Input Max (°)	Peak to Peak (°)	Time Setling (detik)	Output Max (°)	Peak to Peak (°)	Lagging (°)	
1	0.1	55.38	7.38	16.5	54.25	5.35	125	4.488
3	0.1	68.59	28.59	6.75	64.39	21.89	45	13.92
5	0.1	82.5	42.79	6.5	77.99	38.99	45	24.47
7	0.1	98.76	67.23	6.5	88.76	47.57	45	35.77
9	0.1	115.3	76.4	6.5	110.1	68.5	45	47.03
11	0.1	122.7	96.4	5	110.1	76.5	45	57.3
13	0.1	130	105.5	5	120	98	45	65.99
15	0.1	139.9	119.7	4.5	128.2	109.5	45	72.95

Tabel 2. Analisa Elevasi Pengaruh Gerakan Rolling Untuk Frekwensi 1/5 Hz

Amplitudo (°)	Elevasi							
	Input			Output				Ess
	Time Setling (detik)	Input Max (°)	Peak to Peak (°)	Time Setling (detik)	Output Max (°)	Peak to Peak (°)	Lagging (°)	
1	0.1	80.69	0.69	14.5	80.25	0.59	180	1.29
3	0.1	81.51	2.5	16.5	81.25	2.15	180	2.309
5	0.1	82.08	2.75	14.75	81.75	2.25	180	3.128
7	0.1	82.34	4.02	15.5	81.88	3.99	180	3.687
9	0.1	82.26	4.5	16	81.94	4.02	180	3.953
11	0.1	82.1	6.3	16.5	81.98	5.8	180	3.934
13	0.1	81.9	8.5	16	81.16	7.5	180	3.675
15	0.1	81.1	10.4	16	80.8	9.5	180	3.232

Sistem Dengan Gangguan Pitching

Hasil simulasi sistem dengan gangguan Pitching sebesar 5° seperti Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Simulasi dengan Gangguan Pitching 5°

Tabel 3. Analisa Azimuth Pengaruh Gerakan Pitching untuk Frekwensi 1/5 Hz

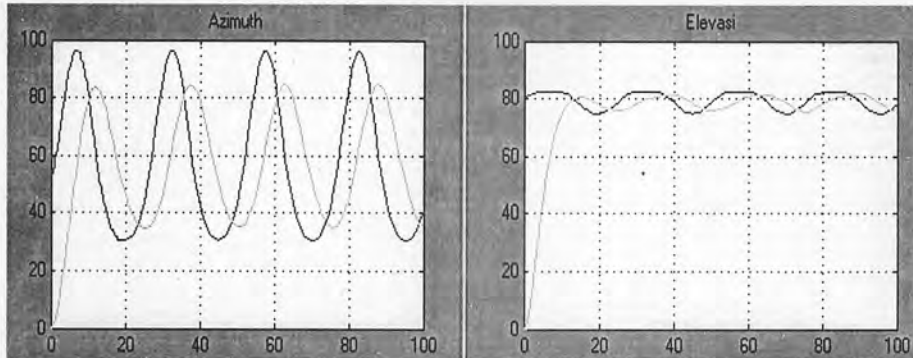
Amplitudo (°)	Azimuth							
	Input			Output				Ess
	Time Setling (detik)	Input Max (°)	Peak to Peak (°)	Time Setling (detik)	Output Max (°)	Peak to Peak (°)	Lagging (°)	
1	0.1	54.25	8.4	17	54	7.8	125	3.399
3	0.1	60.2	41.85	5.75	58.82	39.85	45	9.358
5	0.1	64.5	68.2	4	62.42	61.75	45	15.07
7	0.1	68.7	108.75	2.75	65.31	86.23	45	20.82
9	tidak dapat mengikuti							

Tabel 4. Analisa Elevasi Pengaruh Gerakan Pitching untuk Frekwensi 1/5 Hz

Amplitudo (°)	Elevasi							
	Input			Output				Ess
	Time Setling (detik)	Input Max (°)	Peak to Peak (°)	Time Setling (detik)	Output Max (°)	Peak to Peak (°)	Lagging (°)	
1	0.1	80.15	0.75	17.5	79.56	0.63	180	0.00881
3	0.1	81.3	2.5	16	80.2	1.98	180	1.503
5	0.1	81.75	2.65	13	80.48	2.3	180	2.99
7	0.1	84.25	7.98	12.75	83.95	7.24	180	4.457
9	0.1	84.65	8.02	12	84.05	7.86	180	5.524

Gangguan Dengan Frekwensi 1/4 Hz

Hasil simulasi sistem dengan gangguan rolling sebesar 7° seperti Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Simulasi dengan Gangguan Rolling 7°

Tabel 5. Analisa Azimuth Pengaruh Gerakan Rolling untuk Frekwensi 1/4 Hz

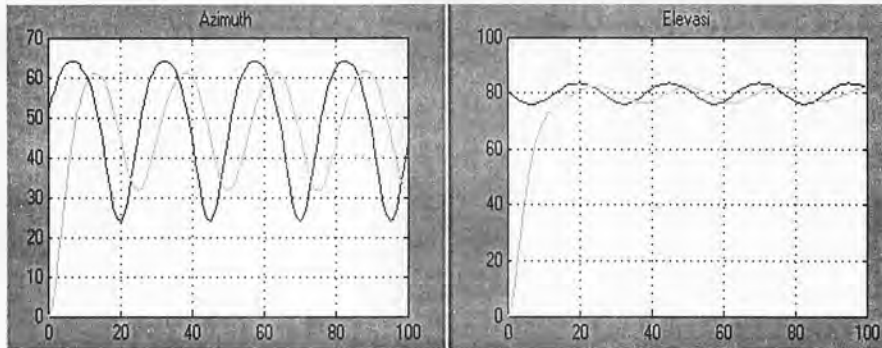
Amplitudo ($^\circ$)	Azimuth							
	Input			Output				Ess ($^\circ$)
	Time Setling (detik)	Input Max ($^\circ$)	Peak to Peak ($^\circ$)	Time Setling (detik)	Output Max ($^\circ$)	Peak to Peak ($^\circ$)	Lagging ($^\circ$)	
1	0.1	55.2	8.3	10.2	54.3	7.75	180	4.76
3	0.1	68.3	48.5	7.5	62.4	37.75	45	15.309
5	0.1	80.5	42.5	4.5	72.4	28.5	45	27.128
7	0.1	98.4	51.5	4.25	82.5	41.5	45	39.172
9	0.1	110.5	78.5	4.75	96.5	52	45	50.953
11	0.1	122.5	98.5	4.5	100.5	68.5	45	59.934
13	0.1	130.7	110.2	4.5	115.75	88	45	68.657
15	0.1	139.8	119.75	4.5	121.5	98.7	45	73.25

Tabel 6. Analisa Azimuth Pengaruh Gerakan Rolling untuk Frekwensi 1/4 Hz

Amplitudo ($^\circ$)	Azimuth							
	Input			Output				Ess
	Time Setling (detik)	Input Max ($^\circ$)	Peak to Peak ($^\circ$)	Time Setling (detik)	Output Max ($^\circ$)	Peak to Peak ($^\circ$)	Lagging ($^\circ$)	
1	0.1	55.2	8.3	10.2	54.3	7.75	180	1.729
3	0.1	68.3	48.5	7.5	62.4	37.75	45	3.983
5	0.1	80.5	42.5	4.5	72.4	28.5	45	5.359
7	0.1	98.4	51.5	4.25	82.5	41.5	45	6.102
9	0.1	110.5	78.5	4.75	96.5	52	45	6.41
11	0.1	122.5	98.5	4.5	100.5	68.5	45	6.428
13	0.1	130.7	110.2	4.5	115.75	88	45	6.259
15	0.1	139.8	119.75	4.5	121.5	98.7	45	5.97

Sistem Dengan Gangguan Pitching

Hasil simulasi sistem dengan gangguan Pitching sebesar 5° seperti Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Simulasi dengan Gangguan Pitching 5°

Tabel 7. Analisa Azimuth Pengaruh Gerakan Pitching untuk Frekwensi $1/4$ Hz

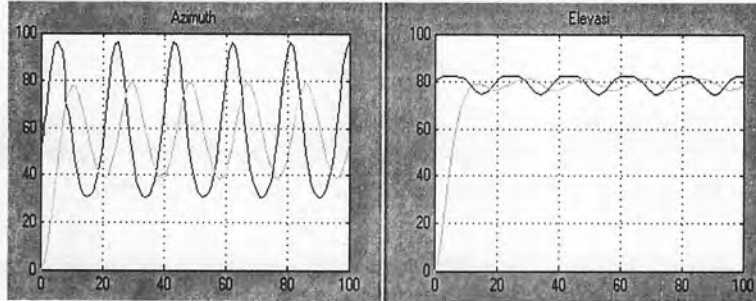
Amplitudo ($^\circ$)	Azimuth							
	Input			Output				Ess
	Time Setling (detik)	Input Max ($^\circ$)	Peak to Peak ($^\circ$)	Time Setling (detik)	Output Max ($^\circ$)	Peak to Peak ($^\circ$)	Lagging ($^\circ$)	
1	0.1	55.2	8.3	15.5	54.3	7.75	125	1.708
3	0.1	60.5	21.5	8.5	58.4	18.75	45	5.969
5	0.1	65.5	39.5	5.5	62.5	29.5	45	12.27
7	0.1	69.5	60.75	3	64.5	44.75	45	20.67
9	tidak dapat mengikuti							

Tabel 8. Analisa Elevasi Pengaruh Gerakan Pitching untuk Frekwensi $1/4$ Hz

Amplitudo ($^\circ$)	Elevasi							
	Input			Output				Ess
	Time Setling (detik)	Input Max ($^\circ$)	Peak to Peak ($^\circ$)	Time Setling (detik)	Output Max ($^\circ$)	Peak to Peak ($^\circ$)	Lagging ($^\circ$)	
1	0.1	80.5	1.25	16.5	80.02	0.98	180	0.01579
3	0.1	82.5	4.75	14	81.9	4.25	180	0.04193
5	0.1	86	8.3	13.75	84.5	7.5	180	0.2566
7	0.1	87	9.5	15.75	86.2	8.7	180	0.3865
9	0.1	87.5	10.25	16	86	9.86	180	0.5476

Gangguan Dengan Frekwensi 1/3 Hz

Sistem Dengan Gangguan Rolling: Hasil simulasi sistem dengan gangguan rolling sebesar 7° seperti Gambar 13, sedangkan Sistem Dengan Gangguan Pitching: Hasil simulasi sistem dengan gangguan Pitching sebesar 5° seperti Gambar 14.



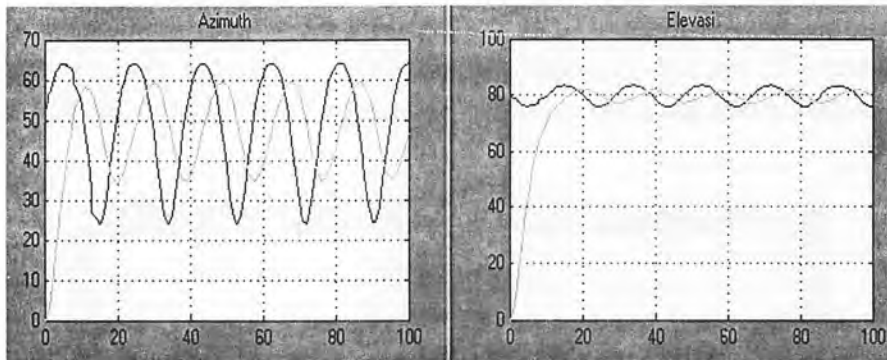
Gambar 13. Hasil Simulasi dengan Gangguan Rolling 7°

Tabel 9. Analisa Azimuth Pengaruh Gerakan Rolling untuk Frekwensi 1/3 Hz

Amplitudo (°)	Azimuth						
	Input			Output			
	Time Setling (detik)	Input Max (°)	Peak to Peak (°)	Time Setling (detik)	Output Max (°)	Peak to Peak (°)	Lagging (°)
1	0.1	55.6	12.5	17.2	53.5	9.2	180
3	0.1	67.86	27.86	8.5	61.5	15.5	45
5	0.1	81.23	45.25	6.5	68.5	25.7	45
7	0.1	96.43	62.75	5.75	81.5	41.2	45
9	0.1	110.4	84.5	4.5	88.7	54.3	45
11	0.1	118.5	93.5	4.5	90.5	57.7	45
13	0.1	122.1	99.2	4.25	98.7	62.3	45
15	0.1	138.9	119.5	3.5	110.7	70.2	45

Tabel 10. Analisa Elevasi Pengaruh Gerakan Rolling untuk Frekwensi 1/3 Hz

Amplitudo (°)	Elevasi							
	Input			Output				Ess
	Time Setling (detik)	Input Max (°)	Peak to Peak (°)	Time Setling (detik)	Output Max (°)	Peak to Peak (°)	Lagging (°)	
1	0.1	80.5	1.5	13.5	79.6	0.8	180	1.371
3	0.1	81.74	4.6	13	80.7	3.7	180	2.495
5	0.1	82.27	6.3	12.75	81.5	4.6	180	3.304
7	0.1	82.3	7.2	12.5	81.9	6.8	180	3.713
9	0.1	81.84	8.4	11.75	80.7	7.7	180	3.717
11	0.1	81.45	9.2	11.5	80.2	8.4	180	3.426
13	0.1	80.96	10.1	12.5	80.01	9.5	180	2.953
15	0.1	78.37	11.7	11.5	77.98	10.7	180	2.275



Gambar 14. Hasil Simulasi dengan Gangguan Pitching 5°

Tabel 11. Analisa Azimuth Pengaruh Gerakan Pitching untuk Frekwensi 1/3 Hz

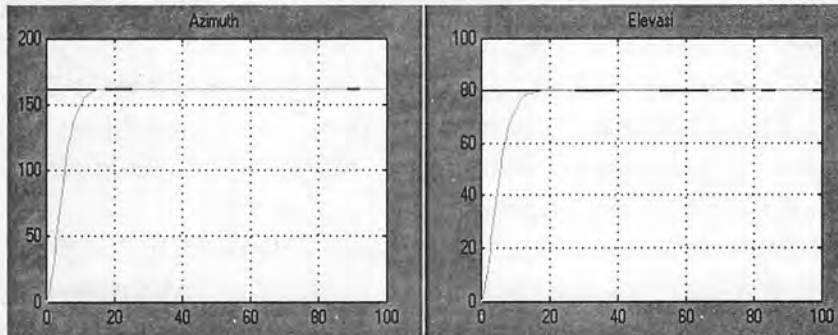
Amplitudo (°)	Azimuth							
	Input			Output				Ess
	Time Setling (detik)	Input Max (°)	Peak to Peak (°)	Time Setling (detik)	Output Max (°)	Peak to Peak (°)	Lagging (°)	
1	0.1	56.5	10	12.5	54	8	125	3.879
3	0.1	60.15	22.5	7.5	55.25	14.25	45	10.64
5	0.1	64.14	48.5	5	59.8	27.5	45	17.13
7	0.1	67.23	110.75	3	61.2	38.7	45	23.77
9	tidak dapat mengikuti							

Tabel 12. Analisa Elevasi Pengaruh Gerakan Pitching untuk Frekwensi 1/3 Hz

Amplitudo (°)	Elevasi							
	Input			Output				Ess
	Time Setling (detik)	Input Max (°)	Peak to Peak (°)	Time Setling (detik)	Output Max (°)	Peak to Peak (°)	Lagging (°)	
1	0.1	81	2.5	17	80.5	2	180	0.1229
3	0.1	82.5	7.5	14.5	81.75	5.8	180	1.855
5	0.1	83.25	8	15	82.75	7.2	180	3.584
7	0.1	83.75	8.5	14.75	82.9	7.9	180	5.254
9	0.1	84.2	9.25	14.5	83.7	8.9	180	5.984

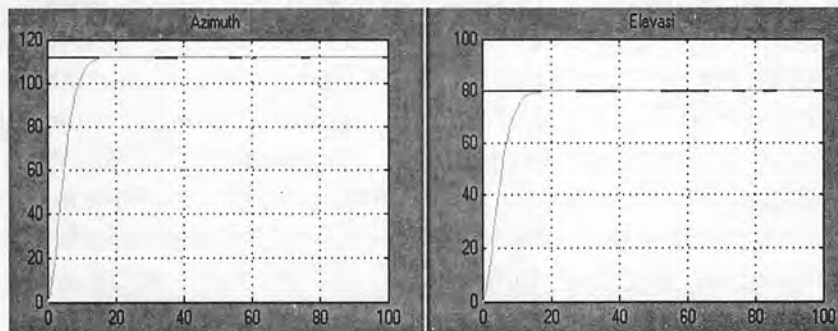
Gangguan Yawing

Hasil simulasi sistem dengan gangguan Yawing sebesar 70° seperti Gambar 15.



Gambar 15. Hasil Simulasi dengan Gangguan Yawing 70°

Hasil simulasi sistem dengan gangguan Yawing sebesar 300° seperti Gambar 16.



Gambar 16. Hasil Simulasi dengan Gangguan Yawing 300°

Tabel 13. Analisa Elevasi dan Azimuth Pengaruh Gerakan Yawing

Yawing ($^\circ$)	Azimuth				Elevasi			
	Input ($^\circ$)	Output ($^\circ$)	Time Setling (detik)	Error Steady State	Input ($^\circ$)	Output ($^\circ$)	Time Setling (detik)	Error Steady State
0	51.5	51.31	14.5	0.1884	80.21	79.48	16.3	0.7254
70	161.5	161.4	14	0.0747	80.21	79.48	16.3	0.7254
100	131.5	131.4	14	0.1057	80.21	79.48	16.3	0.7254
250	161.5	161.4	14	0.0747	80.21	79.48	16.3	0.7254
300	111.5	111.4	14	0.1264	80.21	79.48	16.3	0.7254

KESIMPULAN

Dari hasil pemodelan matematis, perancangan LQG dan simulasi pengaturan posisi antena parabola mobile yang telah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari simulasi subsistem tanpa gangguan diperoleh sudut elevasi dan azimuth kapal sama dengan sudut elevasi dan azimuth satelit yaitu elevasi sebesar $80,21^\circ$ dan azimuth sebesar $51,5^\circ$.

2. Dari simulasi diperoleh semua nilai time settling < 19 detik.
3. Untuk Frekwensi 1/5 Hz untuk baik untuk gangguan rolling dan pitching sistem elevasi dapat melakukan tracking dengan baik sampai amplitudo 15° sedangkan sistem azimuth dapat melakukan tracking dengan baik sampai amplitudo 8°.
4. Untuk Frekwensi 1/4 Hz untuk baik untuk gangguan rolling dan pitching sistem elevasi dapat melakukan tracking dengan baik sampai amplitudo 15° sedangkan sistem azimuth dapat melakukan tracking dengan baik sampai amplitudo 7°.
5. Untuk Frekwensi 1/3 Hz untuk baik untuk gangguan rolling dan pitching sistem elevasi dapat melakukan tracking dengan baik sampai amplitudo 15° sedangkan sistem azimuth dapat melakukan tracking dengan baik sampai amplitudo 5°.
6. Untuk gangguan rolling dan pitching respon output untuk azimuth tertinggal $\pm 45^\circ$ sedangkan untuk elevasi tertinggal sekitar $\pm 180^\circ$.
7. Untuk berapapun besar gangguan yawing tidak berpengaruh pada pengarahannya azimuth dan elevasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, Brij, "Design Of Geosynchronous Spacecraft", Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, 1986
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, "Teori Bangunan Kapal", Jakarta, 1982
- Hayt, William, H. Jr, "Engineering Electromagnetics", McGraw-Hill, Inc, 1989
- Lewis, Frank, L., "Applied Optimal Control and Estimation Digital Design and Implementation", Prentice Hall International Inc, 1992
- Matlab Help, 2002, "Linear Quadratic Gaussian (LQG) Design", <URL [http://www.matlab.com/help/control_toolbox/ Linear Quadratic Gaussian \(LQG\) design](http://www.matlab.com/help/control_toolbox/Linear_Quadratic_Gaussian_(LQG)_design) >
- Santoso, IGM dan Sudjono, J.J, K.Miya, "Satellite Communication Technology", KDDE Engineering and Consulting Inc, Tokyo, Japan.
- Siouris, M. George, "An Engineering Approach to Optimal Control and Estimation Theory", John Wiley & Sons, Inc, 1996
- Spong, Mark W, "Robot Dynamic and Control", John Wiley & Sons, Inc, 1989
- Susilo, Tarsisius, "Perencanaan Kestabilan Mounting Antena Untuk Pengaturan Arah Pancaran Dan Tangkapan Komunikasi Satelit Di KRI", Makalah, Teknik Elektro STTAL, Surabaya, 2001