

Kendali Formasi Murni Berdasarkan Jarak Menggunakan Algoritma Cosinus Pada Sistem Orde Dua

Anggoro Dwi Nur Rohman

Universitas Brawijaya

anggoro_dwi@student.ub.ac.id

July 7, 2021

Next Section

- 1 **Pendahuluan**
 - Latar Belakang
 - Identifikasi dan Perumusan Masalah
 - Tujuan dan Manfaat
- 2 **Krangka Konsep Penelitian**
 - Definisi Permasalahan Kendali Formasi
 - Permasalahan dan Solusi
- 3 **Kajian Pustaka**
 - Pemodelan Robot
- 4 **Metode Penelitian**
 - Prangkat Percobaan
 - Strategi Kendali Multi Robot
 - Strategi Uji Coba
- 5 **End**



Contents lists available at ScienceDirect

Automatica

journal homepage: www.elsevier.com/locate/automatica



Survey Paper

A survey of multi-agent formation control[☆]



Kwang-Kyo Oh^a, Myoung-Chul Park^b, Hyo-Sung Ahn^{b,1}

^aAutomotive Components and Materials R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology, Gwangju, Republic of Korea

^bSchool of Mechatronics, Gwangju Institute of Science and Technology, Gwangju, Republic of Korea

ARTICLE INFO

Article history:

Received 1 December 2012

Received in revised form

13 November 2013

Accepted 8 July 2014

Available online 28 October 2014

Keywords:

Formation control

Position-based control

Displacement-based control

Distance-based control

ABSTRACT

We present a survey of formation control of multi-agent systems. Focusing on the sensing capability and the interaction topology of agents, we categorize the existing results into position-, displacement-, and distance-based control. We then summarize problem formulations, discuss distinctions, and review recent results of the formation control schemes. Further we review some other results that do not fit into the categorization.

© 2014 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Latar Belakang

Kendali formasi dibagi menjadi 3, yaitu :

- 1 Berdasarkan Posisi
- 2 Berdasarkan Perpindahan
- 3 Berdasarkan Jarak

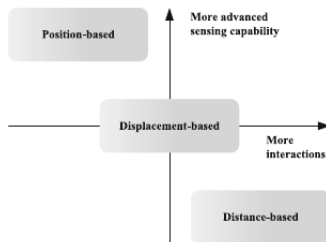


Fig. 1. Sensing capability vs. interaction topology.

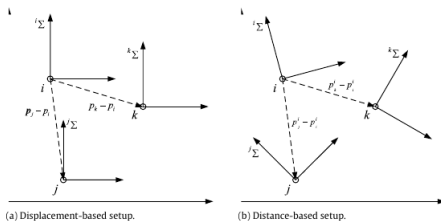


Fig. 3. Formation control problem setups.

Rangkuman dan Potensial Permasalahan

revealed. Second, it is desirable to consider more practical agent models. Majority of the existing results in this approach have focused on single-integrator modeled agents in the plane. Though such simple agents are beneficial for investigating fundamental properties, more realistic agent models need to be studied to enhance the practicality of distance-based control. Third, some

Next Section

- 1 **Pendahuluan**
 - Latar Belakang
 - **Identifikasi dan Perumusan Masalah**
 - Tujuan dan Manfaat
- 2 **Krangka Konsep Penelitian**
 - Definisi Permasalahan Kendali Formasi
 - Permasalahan dan Solusi
- 3 **Kajian Pustaka**
 - Pemodelan Robot
- 4 **Metode Penelitian**
 - Prangkat Percobaan
 - Strategi Kendali Multi Robot
 - Strategi Uji Coba
- 5 **End**

Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi dilakukan menggunakan penelitian sebelumnya oleh Rozenheck, Zhao, and Zelazo 2015.

$$\dot{x}_f(t) = A_f(x)x_f(t) + B_f(x)d + Bv_{ref}$$

$$x_f(t) = [x \quad v \quad \xi_1 \quad \xi_2]^T$$

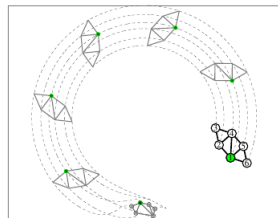
$$x = [x_1^T \quad \dots \quad x_n^T]^T \mathbb{R}^{2n}$$

$$v = \dot{x}$$

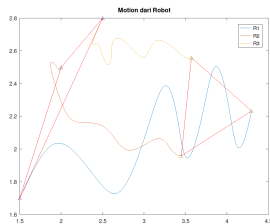
$$x_i \in \mathbb{R}^2$$

Model yang digunakan

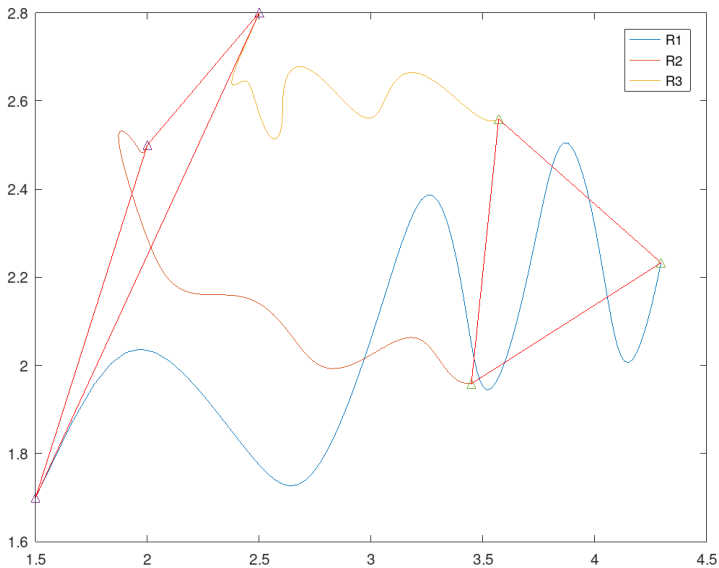
$$\dot{x}_i(t) = u_i(t), \quad i = 1, \dots, n,$$



(a) An MIR formation tracking a leader with a PI controller.



Motion dari Robot



Batasan-batasan permasalahan sebagai berikut :

- 1 Variable sensor yang digunakan adalah jarak antar individu robot.
- 2 Komunikasi antar robot diasumsikan ideal, dalam artian percobaan tidak dilakukan diluar jarak jangkauan prangkat komunikasi.

Perumusan Masalah:

- 1 Bagaimanakan strategi untuk kendali formasi apabila variable yang dikendalikan adalah jarak antar robot?.
- 2 Bagaimanakah pergerakan kendali formasi berdasarkan jarak apabila model yang digunakan adalah holonomic mobile robot ?.

Next Section

1 Pendahuluan

- Latar Belakang
- Identifikasi dan Perumusan Masalah
- Tujuan dan Manfaat

2 Krangka Konsep Penelitian

- Definisi Permasalahan Kendali Formasi
- Permasalahan dan Solusi

3 Kajian Pustaka

- Pemodelan Robot

4 Metode Penelitian

- Prangkat Percobaan
- Strategi Kendali Multi Robot
- Strategi Uji Coba

5 End

Tujuan

- 1 Mengetahui strategi untuk kendali formasi apabila variable yang dikendalikan adalah jarak antar robot.
- 2 Mengetahui pergerakan kendali formasi berdasarkan jarak apabila model yang digunakan adalah holonomic mobile robot.

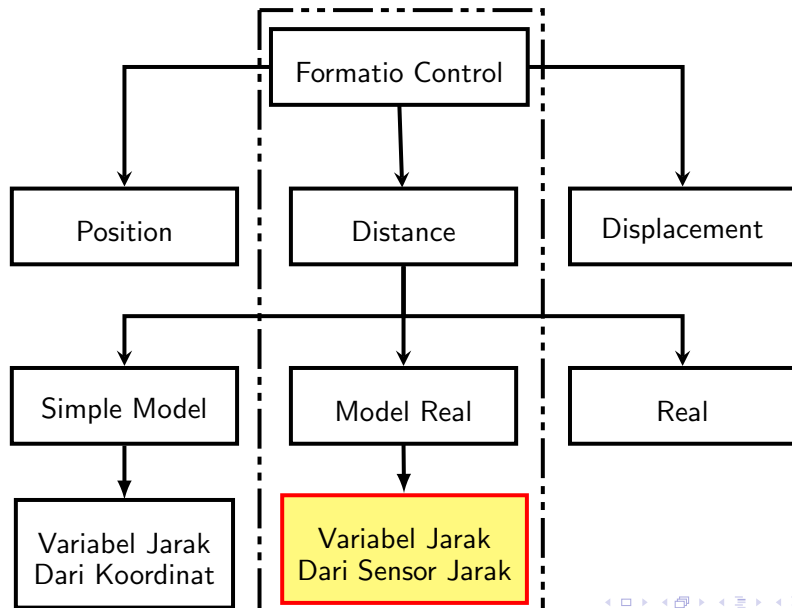
Manfaat

- 1 Memberikan referensi untuk permasalahan kendali multi-robot, khususnya pada permasalahan kendali formasi, terhadap model yang lebih nyata.
- 2 Membuka peluang penelitian dibidang kendali mengenai kendali formasi pada kendali multi-robot dilingkungan Fakultas Teknik Elektro, Universitas Brawijaya.

Next Section

- 1 Pendahuluan
 - Latar Belakang
 - Identifikasi dan Perumusan Masalah
 - Tujuan dan Manfaat
- 2 **Krangka Konsep Penelitian**
 - Definisi Permasalahan Kendali Formasi
 - Permasalahan dan Solusi
- 3 Kajian Pustaka
 - Pemodelan Robot
- 4 Metode Penelitian
 - Prangkat Percobaan
 - Strategi Kendali Multi Robot
 - Strategi Uji Coba
- 5 End

Kerangka Konsep Penelitian



Next Section

1 Pendahuluan

- Latar Belakang
- Identifikasi dan Perumusan Masalah
- Tujuan dan Manfaat

2 Krangka Konsep Penelitian

- Definisi Permasalahan Kendali Formasi
- Permasalahan dan Solusi

3 Kajian Pustaka

- Pemodelan Robot

4 Metode Penelitian

- Prangkat Percobaan
- Strategi Kendali Multi Robot
- Strategi Uji Coba

5 End

Definisi Permasalahan

- Dari ketiga kategori tersebut, kendali formasi berbasis jarak sangat dibutuhkan pembahasan mengenai penerapan metode tersebut pada agent yang nyata. *Simple model*, *Model real*, dan *Real* dapat dikatakan sebuah tahap pengemabangan.
- model agent yang lebih relistik (*Model real*) perlu untuk dipelajari lebih lanjut untuk menambah kepraktisan metode kendali multi-agent berdasarkan jarak.
- Peneliti sebelumnya oleh Rozenheck, Zhao, and Zelazo 2015, menggunakan *Simple model* untuk mengembangkan kendali multi-robotnya.
- **Maka, penelitian ini akan difokuskan pada kendali formasi berbasis jarak kendali PI yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan model nyata.**

Next Section

1 Pendahuluan

- Latar Belakang
- Identifikasi dan Perumusan Masalah
- Tujuan dan Manfaat

2 Krangka Konsep Penelitian

- Definisi Permasalahan Kendali Formasi
- Permasalahan dan Solusi

3 Kajian Pustaka

- Pemodelan Robot

4 Metode Penelitian

- Prangkat Percobaan
- Strategi Kendali Multi Robot
- Strategi Uji Coba

5 End

Permasalahan

- state yang digunakan pada kendali formasi ,
 $x_f(t) = [x \quad v \quad \xi_1 \quad \xi_2]^T$, membutuhkan koordinat relatif tetangga.
- Batasan penelitian hanya dapat mengukur jarak terhadap tetangganya.
- Sedangkan koordinat relatif berbentuk kartesian, sehingga koordinat polar yang akan digunakan lalu diubah menjadi kartesian.
- Koordinat polar membutuhkan sudut untuk dapat diubah menjadi kartesian.
- **Karena itu, dibutuhkan algoritka kusus untuk mendapatkan sudut tersebut**

Solusi

- menggunakan hukum cosinus untuk menentukan sudut
- robot saling mengirim informasi kecepatan kepada tetangga digunakan untuk memantau koordinat relatif terhadap tetangga.
- **Sebagai inisialisasi menggunakan algoritma cosinus. Selebihnya menggunakan komunikasi untuk memantau koordinat relatif**

Next Section

1 Pendahuluan

- Latar Belakang
- Identifikasi dan Perumusan Masalah
- Tujuan dan Manfaat

2 Krangka Konsep Penelitian

- Definisi Permasalahan Kendali Formasi
- Permasalahan dan Solusi

3 Kajian Pustaka

- Pemodelan Robot

4 Metode Penelitian

- Prangkat Percobaan
- Strategi Kendali Multi Robot
- Strategi Uji Coba

5 End



Modeling of a Three Wheeled Omnidirectional Robot Including Friction Models

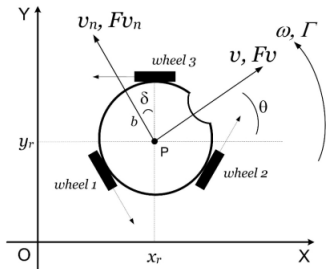
Mariane Dourado Correia, André Gustavo Scolari Conceição

*Department of Electrical Engineering, Polytechnical School,
Federal University of Bahia, Salvador, Brasil
(e-mail: [marianedc, andre.gustavo]@ufba.br).*

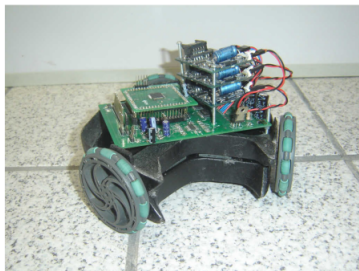
Abstract: This paper presents a model of a three-wheeled omnidirectional robot including a static friction model. Besides the modeling is presented a practical approach in order to estimate the coefficients of coulomb and viscous friction, which used sensory information about force and velocity of the robot's center of mass. The proposed model model has the voltages of the motors as inputs and the linear and angular velocities of the robot as outputs. Actual results and simulation with the estimated model are compared to demonstrate the performance of the proposed modeling.

Keywords: Models, Friction, Parameter estimation, Autonomous mobile robots.

Model Robot



(a) Geometric parameters and reference frames.



(b) Omnidirectional mobile robot.

fig. 1. Wheeled Robot.

Persamaan Newton Orde dua Model Robot

$$F_{\dot{x}_r}(t) - B_{\dot{x}_r}\dot{x}_r(t) - C_{\dot{x}_r}\text{sgn}(\dot{x}_r(t)) = M\ddot{x}_r(t)$$

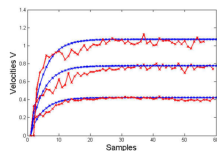
$$F_{\dot{y}_r}(t) - B_{\dot{y}_r}\dot{y}_r(t) - C_{\dot{y}_r}\text{sgn}(\dot{y}_r(t)) = M\ddot{y}_r(t)$$

$$\Gamma(t) - B_{\dot{\theta}}\dot{\theta}(t) - C_{\dot{\theta}}\text{sgn}(\dot{\theta}(t)) = I\ddot{\theta}(t)$$

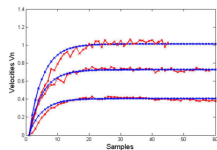
Parameter dan Response

Table 3. Parameters of the model.

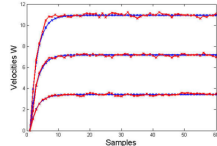
<i>Simbol</i>	<i>Description</i>	<i>Values</i>
$B_v(N/m/s)$	viscous friction coefficient related to v	0.94
$B_{v_n}(N/m/s)$	viscous friction coefficient related to v_n	0.96
$B_\omega(N/rad/s)$	viscous friction coefficient related to ω	0.01
$C_v(N)$	coulomb friction coefficient related to v	2.2
$C_{v_n}(N)$	coulomb friction coefficient related to v_n	1.5
$C_\omega(N.m)$	coulomb friction coefficient related to ω	0.099
$b(m)$	radius of the robot	0.1
$M(kg)$	mass of the robot	1.5
$I_n(kg.m^2)$	inertia moment of the robot	0.025
δ	angle	30°
$r_1, r_2, r_3(m)$	radius of the wheels	0.035
l_1, l_2, l_3	reduction of the motors	19:1
$L_{a1...3}(H)$	motor's armature inductance	0.00011
$R_{a1...3}(\Omega)$	motor's armature resistance	1.69
$K_{v1...3}(Volts/rad/s)$	motor's emf constant	0.0059
$K_{t1...3}(N.m/A)$	motor's torque constant	0.0059



(a) Inputs u : (0; 2;-2), (0; 3; -3) e (0;4; -4).



(b) Inputs u : (-2;1;1), (-3;1.5;1.5) e (-4;2;2).



(c) Inputs u : (2;2;2), (3;3;3) e (4;4;4).

Next Section

1 Pendahuluan

- Latar Belakang
- Identifikasi dan Perumusan Masalah
- Tujuan dan Manfaat

2 Krangka Konsep Penelitian

- Definisi Permasalahan Kendali Formasi
- Permasalahan dan Solusi

3 Kajian Pustaka

- Pemodelan Robot

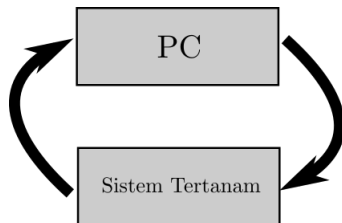
4 Metode Penelitian

- Prangkat Percobaan
- Strategi Kendali Multi Robot
- Strategi Uji Coba

5 End

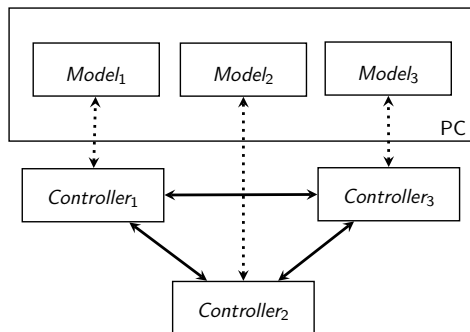
Hardware-in-the-loop

Merujuk dari Ledin 1999



- Model dijalankan di PC menggunakan bahasa pemrograman Python.
- Sistem Tertanam menggunakan:
 - Microcontroller STM3F466
 - ARM Cortex-M4
 - Clock 180Mhz
 - Flash Memmory 256K
 - Mbed Library dengan RTOS

Hardware-in-the-loop Kendali Formasi



- digunakan 3 perangkat sistem tertanam
- Komunikasi dengan PC mempresentasikan aktuator dan sensor
- Komunikasi antar kendali untuk pertukaran informasi

Next Section

1 Pendahuluan

- Latar Belakang
- Identifikasi dan Perumusan Masalah
- Tujuan dan Manfaat

2 Krangka Konsep Penelitian

- Definisi Permasalahan Kendali Formasi
- Permasalahan dan Solusi

3 Kajian Pustaka

- Pemodelan Robot

4 Metode Penelitian

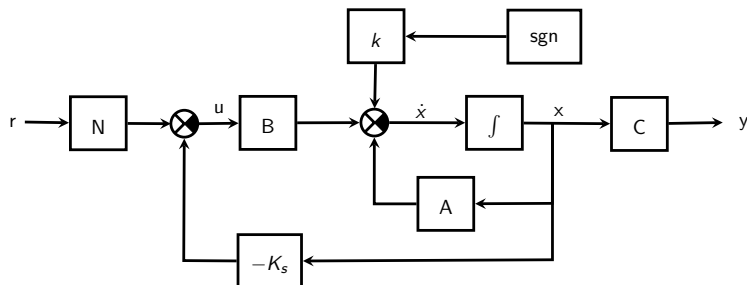
- Prangkat Percobaan
- Strategi Kendali Multi Robot
- Strategi Uji Coba

5 End

Strategi Kendali Multi Robot

Kendali Robot

- Kendali Robot dengan input koordinat, output koordinat
- Menggunakan State Feedback

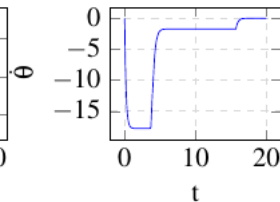
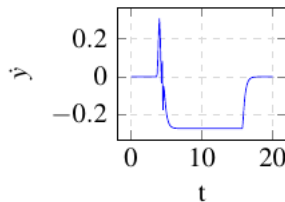
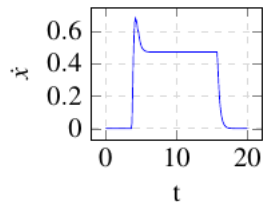
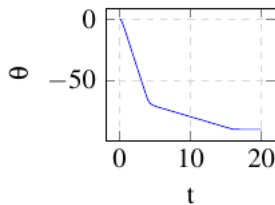
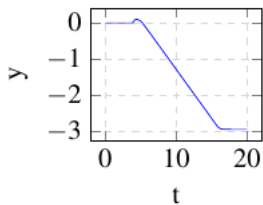
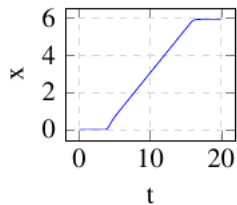


- Sistem robot controlable dan observable
- Menggunakan QLR untuk menentukan konstanta K_s
- Menggunakan rumus $N = -[C(A - BK_s)^{-1}B]^{-1}$
- $u < 6/12\text{volt}$

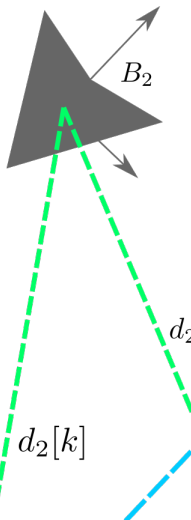
Strategi Kendali Multi Robot

Respon Kendali Robot

$$r = [6 \quad -3 \quad -90 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$$



Strategi penentuan koordinat tetangga



Algoritme 4.1: Algoritma inisialisasi

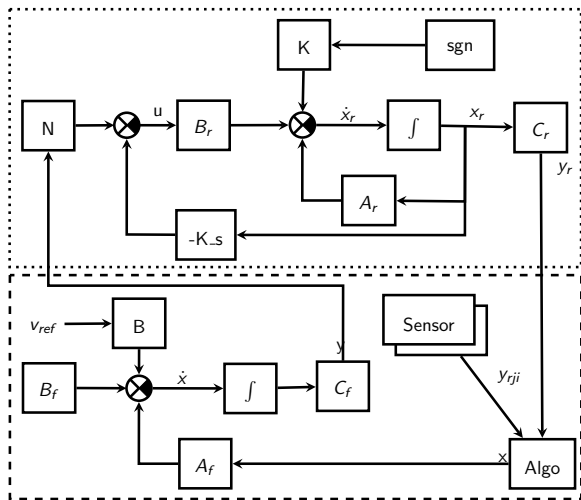
Masukan: Integer $l_a > 0$, $\mathcal{N}_i^j = \text{getConnectionRobot}()$.

Keluaran: x_i^j

```
/* inisialisasi */
/* getRandomDirection() anak mengembalikan sudut random antara 0 - 360 */
1 dir = getRandomDirection()
2 d_{before} = getDistanceFromSensor(\mathcal{N}_i^j)
3 r = \begin{bmatrix} l_a \cos(dir) \\ l_a \sin(dir) \end{bmatrix}
/* Menjalankan robot hingga mencapai setpoint */
4 while isSetpointReached() do
5   runRobotToSetpoint(r)
/* Mengambil jarak setelah robot mencapai setpoint */
6 d_{after} = getDistanceFromSensor(\mathcal{N}_i^j)
/* Mengkalkulasi sudut */
7 ang = \cos^{-1} \left[ \frac{l_a^2 + d_{after}^2 - d_{before}^2}{2d_{before}l_a} \right]
8 if d_{before} < d_{after} then
9   ang = 180 - ang
```

Strategi Kendali Multi Robot

Implementasi



..... Tingkat Akhir

- - - - - Tingkat Awal

Next Section

1 Pendahuluan

- Latar Belakang
- Identifikasi dan Perumusan Masalah
- Tujuan dan Manfaat

2 Krangka Konsep Penelitian

- Definisi Permasalahan Kendali Formasi
- Permasalahan dan Solusi

3 Kajian Pustaka

- Pemodelan Robot

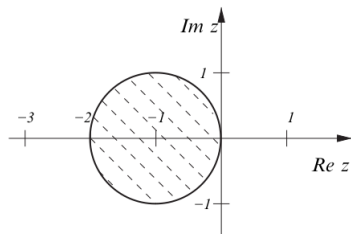
4 Metode Penelitian

- Prangkat Percobaan
- Strategi Kendali Multi Robot
- Strategi Uji Coba

5 End

Analisa Kestabilan Model

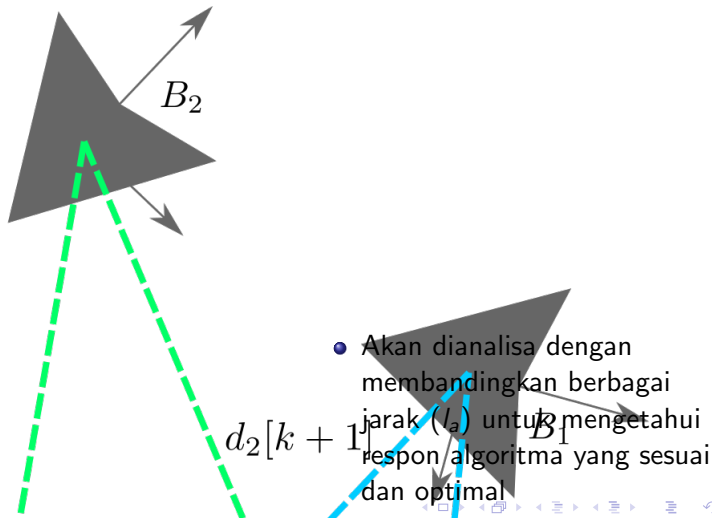
- Area kestabilan metode explicit euler



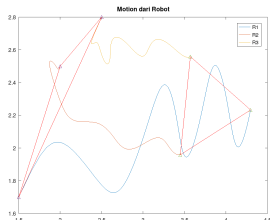
$$\begin{aligned}y[k + 1] &= (1 + h\lambda)y[k] \\ &= (1 + z)y[k] \\ &= R(z)y[k]\end{aligned}$$

- Persamaan Model Robot akan diimplementasi pada PC
- Metode implementasi pada PC menggunakan Metode Explicit Euler
- Akan dicari konstanta h , sampling time, sampai z dalam range kestabilan diagram disamping
- Akan dibuktikan secara grafik

Analisa Algoritma Dengan Tetangga Statis



Analisa Percobaan Keseluruhan



- Melanjutkan analisa static dengan menjalankan semua robot
- Akan menghasilkan grafik respon dari keseluruhan robot
- Hipotesis nya adalah keseluruhan robot akan menjaga jarak formasi dengan baik

The End

- Ledin, Jim A. (1999). “Hardware-in-the-Loop Simulation”. In: *Embedded Systems Programming*.
- Rozenheck, O., S. Zhao, and D. Zelazo (2015). “A proportional-integral controller for distance-based formation tracking”. In: *2015 European Control Conference (ECC)*, pp. 1693–1698. DOI: [10.1109/ECC.2015.7330781](https://doi.org/10.1109/ECC.2015.7330781).