

---

**SIMULASI NAVIGASI KENDALI ROBOT OTONOM MENGGUNAKAN PETRI NET****Yudhi Gunardi, Fina Supegina**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana

Email : yudhi.gunardi@mercubuana.ac.id

**Abstrak** - Navigasi adalah salah satu permasalahan penting yang harus diselesaikan dalam pengembangan teknologi robot otomatis bergerak, agar dapat mendukung mobilitasnya. Masalah ini menyangkut beberapa komponen penting di dalamnya, dimulai dari cara agar suatu robot otonom dapat memperoleh data tertentu dari lingkungan di sekitarnya, kemudian untuk dapat menginterpretasikan data tersebut menjadi informasi yang berguna bagi proses selanjutnya. Masalah berikutnya adalah lokalisasi, yaitu metode atau cara agar robot otonom dapat mengetahui posisi atau keberadaannya dalam suatu lingkungan tempat robot tersebut.

Jaringan petri adalah salah satu metoda pemodelan yang digambarkan secara grafik dan matematis serta dapat diaplikasikan kedalam berbagai jenis sistem. Dari model jaringan yang telah dibentuk dapat dilakukan Analisis sehingga diperoleh informasi struktur dan tingkah laku dinamik dari suatu system dari model petri robot otonom.

Penggunaan petri net untuk navigasi robot sudah dapat dilakukan dengan pembuktian secara model yang diketahui dan dari marking tiap pergerakan.

**Kata kunci** : petri net, robot, navigasi.

**PENDAHULUAN**

Navigasi adalah salah satu permasalahan penting yang harus diselesaikan dalam pengembangan teknologi robot otonom bergerak, agar dapat mendukung mobilitasnya. Masalah ini menyangkut beberapa komponen penting di dalamnya, dimulai dari masalah persepsi, yaitu metode atau cara agar suatu robot otonom dapat memperoleh data tertentu dari lingkungan di sekitarnya, kemudian untuk dapat menginterpretasikan data tersebut menjadi informasi yang berguna bagi proses selanjutnya. Berkaitan dengan masalah persepsi sangat erat kaitannya dengan masalah sensor dan rekognisi pada robot otonom tersebut.

Masalah berikutnya adalah lokalisasi, yaitu metode atau cara agar robot otonom dapat mengetahui posisi atau keberadaannya dalam suatu lingkungan tempat robot tersebut

harus menyelesaikan misi atau mencapai tujuan yang dibebankan kepadanya. Masalah lokalisasi ini biasanya erat dengan penentuan posisi robot otonom dalam suatu sistem koordinat absolut yang bersifat global<sup>[3]</sup> (biasanya mengacu pada kedudukan benda pada sistem koordinat di bumi).

Proses penentuan kedudukan ini bisa berasal dari pengetahuan yang diberikan manusia kepada robot otonom, berdasarkan informasi yang diperoleh melalui komponen sensor yang digunakan robot otonom, ataupun dari kedua metode tersebut. Sedangkan dua masalah terakhir yang terkait dengan pengembangan modul navigasi pada robot otonom adalah masalah kognisi dan kontrol gerak, yang berkaitan dengan metode atau cara agar robot otonom dapat bergerak untuk mencapai suatu posisi tujuan dalam rangka menyelesaikan misinya. Kedua hal ini menyangkut pengembangan

algoritma penyelesaian masalah secara komputasional untuk menentukan langkah yang harus ditempuh robot otonom dari posisi awalnya menuju posisi tujuan akhir, hingga penentuan bagaimana robot berinteraksi dan mengendalikan komponen motornya dalam rangka mencapai posisi tujuannya tersebut.

Pada penelitian ini dibuat penggabungan antara petri net dengan fuzzy logic seperti pada **paper A Petri Net Based Task Scheduler as a Real-Time FMS Controller[2]** menyatakan bahwa fms saja yang bisa digunakan pada petri net sedangkan pada penelitian ini akan digunakan petri net untuk mengontrol robot otonom.

Motion coordination of agv in fms using petri net, menyebutkan penggunaan robot bergerak dinamis menggunakan petri net [5]

### Tujuan Penelitian

### Teori Penunjang

Jaringan petri adalah salah satu metoda pemodelan yang dapat diaplikasikan dalam berbagai jenis sistem. Sebagai model grafik jaringan petri dapat dipandang sebagai model visual unggul karena adanya *token* yang bergerak yang mengartikan adanya proses dinamik dari suatu sistem dibandingkan dengan model lainnya yang telah tersedia seperti *flow chart*, diagram blok atau topologi jaringan [1].

Suatu sistem yang akan dimodelkan ke dalam bentuk jaringan petri dapat dinyatakan secara matematis dan grafis, kemudian dari model jaringan petri yang telah dibentuk dapat dianalisa yang diharapkan dapat menginformasikan struktur dan tingkah laku dinamik dari suatu sistem. Informasi tersebut dapat dipakai untuk mengevaluasi model sistem dan memungkinkan untuk

Tujuan dari penelitian ini yaitu penggunaan model petri net untuk memodelkan sebuah robot otonom yang digunakan untuk menentukan navigasi pergerakan robot.

### METODOLOGI PENELITIAN

Metode penyelesaian masalah yang digunakan terdiri dari beberapa metode. Adapun metode-metode yang digunakan adalah :

- a. Metode Studi Kepustakaan  
Dalam hal ini bahan-bahan referensi yang berhubungan dengan materi yang akan dibahas dikumpulkan dari semua buku-buku atau internet.
- b. Metode Perancangan  
Melakukan perancangan terhadap alat yang akan dibuat.

Metode pembuktian hasil alat yang telah dibuat. Hal ini dimaksudkan untuk melihat sejauh mana hasil tersebut sesuai dengan teori-teori yang telah didapat dari metode studi kepustakaan

memperbaiki atau melakukan perubahan yang dianggap perlu.

Pengkajian mengenai petri net diawali oleh disertasi dari Carl Adam Petri yang berjudul '*Communication With Automata*' pada tahun 1962, yang menjelaskan tentang hubungan sebab akibat pada suatu sistem komputer yang seterusnya dikembangkan secara mendalam oleh para ahli lainnya untuk mendapatkan teori dan aplikasi dari jaringan petri sebagai alat untuk mempelajari suatu sistem secara umum.

### Struktur Jaringan Petri

Struktur jaringan petri dibentuk oleh 5 unsur utama, yang dapat ditulis dalam suatu himpunan :  $PN = (P, T, I, O, M)$

Keterangan :

1.  $P = \{p_1, p_2, p_3 \dots p_n\}$  adalah kumpulan dari *place* dengan  $n \geq 0$ .
2.  $T = \{t_1, t_2, t_3 \dots t_m\}$  adalah kumpulan dari transisi dengan  $m \geq 0$ .
3.  $I$  adalah *mapping input*  $P \times T \rightarrow \{0,1\}$  berhubungan dengan himpunan anak panah yang berasal dari  $P$  ke  $T$ . Anak panah ini disebut juga sebagai *input*.
4.  $O$  adalah *mapping input*  $T \times P \rightarrow \{0,1\}$  berhubungan dengan himpunan anak panah yang berasal dari  $T$  ke  $P$ . Anak panah ini disebut juga sebagai *output*.
5.  $M : P$  adalah *marking* yang menempatkan sejumlah *token* pada *place*.

Suatu *marking* adalah penempatan sejumlah *token* kedalam lingkaran *place*, dimana *token* tersebut dipakai untuk menggambarkan berjalannya atau pelaksanaan eksekusi pada jaringan petri, dimana jumlah serta posisi *token* tersebut dapat berubah dan berpindah pada saat jaringan petri dijalankan, biasanya *marking* awal suatu jaringan petri ditandai dengan  $M_0$ .

Lima unsur diatas dikenal dengan topologi dari sebuah jaringan petri yang secara matematis, kelima topologi tersebut dapat dituliskan dalam bentuk matematis.

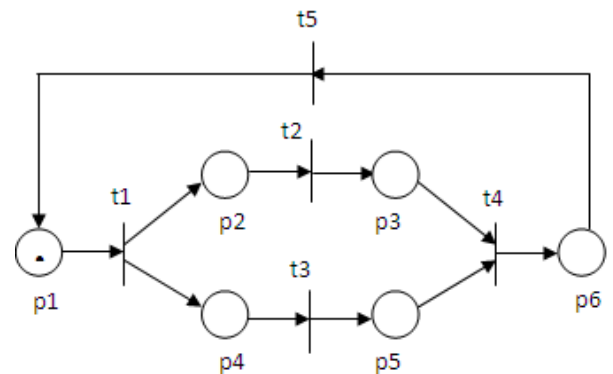
**Penggambaran Jaringan Petri**

Untuk penggambaran grafik dari sebuah jaringan petri terdiri dari empat buah komponen yaitu :

1. Tempat atau *place* ( $p$ ) yang digambarkan dengan sebuah lingkaran.
2. Transisi atau *transisition* ( $t$ ) yang digambarkan dengan persegi panjang atau bar.
3. *Token* yang digambarkan dengan sebuah titik atau *dot* yang digunakan untuk

menggambarkan berjalannya posisi *token* tersebut berpindah dari suatu *place* ke *place* yang lain pada saat jaringan petri eksekusi.

4. Anak panah yang digunakan sebagai penghubung antara *place* dengan transisi. Pada anak panah ini diberi label sesuai dengan bobotnya ( $k$ ) yang berarti banyaknya anak panah yang paralel, biasanya jika tidak terdapat bobot pada sebuah anak panah selalu diasumsikan bobot anak panah tersebut adalah satu.



Gambar 1 Struktur jaringan petri

**Keunggulan Jaringan Petri**

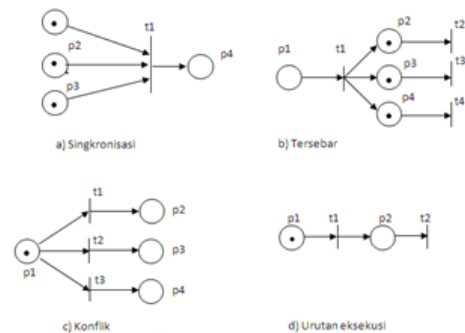
Jaringan petri dikembangkan menggunakan teori jaringan yang ada pada sistem komunikasi, jaringan petri sendiri telah terbukti sangat berguna untuk pemodelan, evaluasi performansi dan kontrol pada suatu sistem.

Jaringan petri berguna untuk pemodelan sistem dengan karakteristik sebagai berikut :

1. Proses tersebar  
Jika terdapat dua atau lebih proses dimana masing-masing proses memiliki hubungan yang bebas dan setiap proses dapat dijalankan secara bergantian dengan proses lain.
2. Proses sinkronisasi.

Proses penyatuan kembali suatu proses dari banyaknya proses yang terjadi

3. Konfik. Susunan proses yang mungkin untuk dijalankan, tetapi hanya satu proses saja yang dapat dijalankan.
4. Penggerak *event*. Pada suatu sistem dapat ditunjukkan sebagai urutan dari *event* diskrit yang mana *event* sebelumnya merupakan penggerak untuk *event* selanjutnya dan urutan *event* ini juga harus diperhatikan.



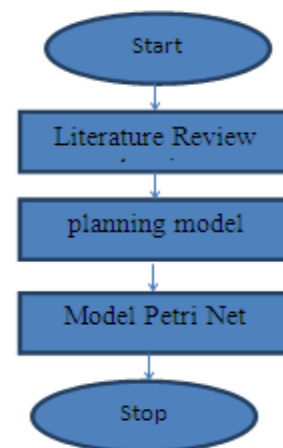
Gambar 2. karakteristik pemodelan jaringan Petri

### PERANCANGAN NAVIGASI ROBOT.

Perancangan navigasi robot dimulai dengan perancangan kerja robot akan berjalan.

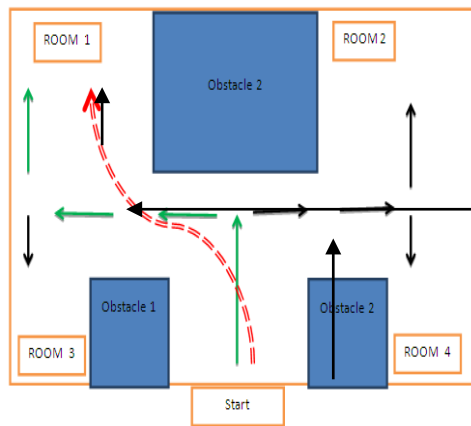
Berdasarkan hal tersebut, penggunaan pemodelan dengan jaringan petri dipakai dengan alasan sebagai berikut :

1. Jaringan petri memiliki dasar matematik yang memungkinkan kita untuk dapat menganalisa sistem tersebut secara kualitatif maupun secara kuantitatif.
2. Jaringan petri dapat ditentukan mana hubungan yang harus didahulukan dari *event-event* yang terjadi pada *event* yang bersamaan maupun pada *event* yang asinkron.
3. Modelnya logis yang diturunkan dari pengetahuan tentang bagaimana sistem itu bekerja, sehingga akan diperoleh suatu model yang mudah dimengerti dan dipahami. Kemudahan ini juga didukung dengan visualisasi bentuk grafik yang jelas sehingga sistem dapat dipantau secara baik meskipun berbentuk simulasi.
4. Mengetahui ada atau tidaknya *deadlock* dalam sistem tersebut.
5. Dengan mengembangkan model berbasis jaringan petri dapat dilakukan analisa sistem dari yang sederhana sampai pada sistem yang kompleks.



Gambar 3 Perancangan model navigasi menggunakan petri net

Dengan model maket sebagai berikut



Gambar 4 maket rencana perjalanan robot

Pemodelan jaringan petri diperoleh sebagai berikut :

Keterangan

= rencana perjalanan robot dari start menuju room 1, 2,3,4

= Rencana perjalanan robot dari star ke room 1 dengan

petri net

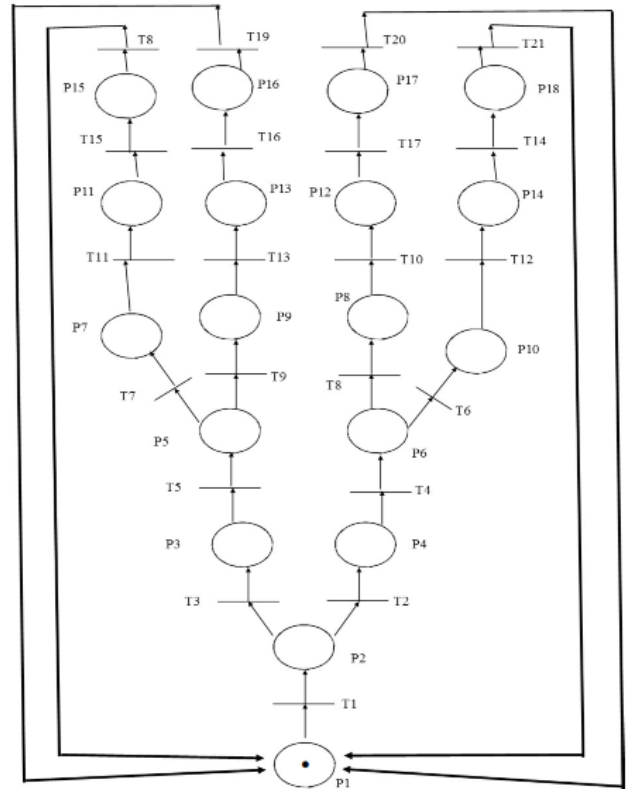
Metoda

= arah gerak robot yang diinginkan

**Analisa Perancangan.**

Dari model maket diperoleh gambar sebagai berikut :

**Petri net model**



Gambar 6 Pemodelan dari maket rencana perjalanan robot

Table 1 Table Keterangan pergerakan petri net

Place	Information	Transition	Information
P1	Robot tersedia di start	T1	Robot siap bergerak
P2	Robot bergerak lurus	T2	Robot memilih ke kanan
P3	Robot memilih bergerak belok kiri	T3	Robot memilih ke kiri
P4	Robot memilih bergerak belok Kanan	T4	Robot memilih ke lurus
P5	Robot Robot bergerak lurus	T5	Robot memilih ke lurus
P6	Robot Robot bergerak lurus	T6	Robot memilih ke kanan
P7	Robot memilih bergerak belok kiri	T7	Robot memilih ke kiri
P8	Robot memilih bergerak belok kiri	T8	Robot memilih ke kiri
P9	Robot memilih bergerak belok Kanan	T9	Robot memilih ke kanan
P10	Robot memilih bergerak belok Kanan	T10	Robot memilih ke lurus
P11	Robot Robot bergerak lurus	T11	Robot memilih ke lurus
P12	Robot Robot bergerak lurus	T12	Robot memilih ke lurus
P13	Robot Robot bergerak lurus	T13	Robot memilih ke lurus
P14	Robot Robot bergerak lurus	T14	Robot move to room 4
P15	Robot finish at room 3	T15	Robot move to room 3
P16	Robot finish at room 1	T16	Robot move to room 1
P17	Robot finish at room 2	T17	Robot move to room 2
P18	Robot finish at room 4	T18	Looping to start
		T19	Looping to start

Table 2 informasi tentang Marking

Marking	Value	Information
M0	10000000000000000000	Lurus
M1	01000000000000000000	Belok kiri
M2	00100000000000000000	Lurus
M3	00001000000000000000	Belok kanan
M4	00000000100000000000	Lurus
M5	00000000000001000000	Lurus
M6	000000000000000000001	Lurus
M7	10000000000000000000	Finish

Dari perancangan dan daftar table terlihat simulasi pergerakan robot, untuk pergerakan dari Start ke room 1. Dimulai dari marking M0, M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 dimana informasi pergerakan seperti terlihat pada tabel 2. Jika dilihat dari pergerakan di place diperoleh P1, P2, P3, P4, P5, P9, P13, P16. dimana informasi pergerakan seperti terlihat pada tabel 1

**KESIMPULAN**

Penggunaan petri net untuk navigasi robot yang bergerak dari satu tempat ketempat yang lain dapat berjalan sesuai dengan yang kita kehendaki

ini dapat dibuktikan dari penggambaran dan nilai marking yang terbentuk

**Daftar Pustaka**

[1] Murata, tadao, Petri net properties, analysis and application, proceding iee 1989.  
 [2] Woi L Ang and Gary A Bundell A Petri Net Based Task Scheduler as a Real-Time FMS Controller, IEEE conference 1996.  
 [3] Siegwart, Roland dan Illah R. Nourbakhsh, Introduction to Autonomous Mobile Robots, London: MIT Press, 2004.  
 [4] Meger, David, Ioannis Rekleitis, and Gregory Dudek, Simultaneous Planning Localization, and Mapping in Camera Sensor Network, Minneapolis: Springer, 2006  
 [5] Martinez hernandez eg, valdes sergio A foyo, velazquez erika s puga, motion coordination of AGV in fms using petri nets, 2015. ifac paper on line science direct