

Ujian Tesis

Pemodelan Instalasi Pengolahan Air Bersih
Menggunakan *Hybrid Petri Net*

Oleh: Deny Murdianto

Dosen Pembimbing: Dr. Dieky Adzkiya, S.Si., M.Si.

Latar Belakang

Proses pelayanan air bersih PDAM:

- Ketersediaan air baku
- Proses pengolahan air
- Proses distribusi

Latar Belakang

Penelitian tentang instalasi pengolahan air:

- **Arifiani** dan **Hadiwidodo** melakukan uji kualitas air berdasarkan parameter tertentu.
- **Wu** menggunakan teori optimasi untuk desain bangunan instalasi pengolahan air yang optimal.
- **Mostafa** menggunakan teori optimasi untuk meminimumkan biaya operasional tahunan dari suatu instalasi pengolahan air.

Latar Belakang

Penelitian tentang *hybrid Petri net*:

- **Ghomri** menyajikan model *Petri net* kontinu yang diperoleh dari *Petri net* diskrit.
- **Gudino** memodelkan dan mensimulasikan sistem distribusi air.

Latar Belakang

Pada penelitian ini akan dikonstruksi model *hybrid Petri net* dari instalasi pengolahan air. *Hybrid Petri net* dipilih karena:

- sepengetahuan peneliti belum ada penelitian serupa yang memodelkan instalasi pengolahan air dengan menggunakan *hybrid Petri net*.
- *marking* pada *hybrid Petri net* berupa bilangan rasional positif dapat digunakan untuk merepresentasikan kuantitas air.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana memodelkan instalasi pengolahan air dengan menggunakan *hybrid Petri net*?
2. Bagaimana menganalisis makro *marking* model *hybrid Petri net* dari instalasi pengolahan air?
3. Bagaimana membuat simulasi *hybrid Petri net* berwaktu dari model instalasi pengolahan air bersih?

Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini dibatasi, yaitu pada instalasi pengolahan air konvensional di PDAM Kampung Bugis Kota Tarakan.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan model *hybrid Petri net* dari instalasi pengolahan air.
2. Mendapatkan makro *marking* untuk model *hybrid Petri net* dari instalasi pengolahan air.
3. Melakukan simulasi menggunakan *hybrid Petri net* berwaktu dari model *hybrid Petri net* instalasi pengolahan air bersih.

Kontribusi dan Manfaat Penelitian

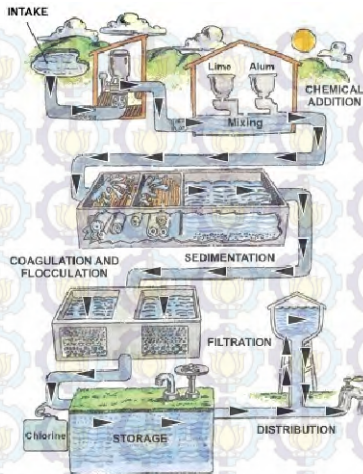
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dapat dijadikan contoh penggunaan *hybrid Petri net* untuk memodelkan suatu sistem.
2. Dapat digunakan sebagai bahan masukan bagi PDAM untuk meningkatkan efisiensi proses pengolahan air bersih.

Sistem Pengolahan Air Bersih

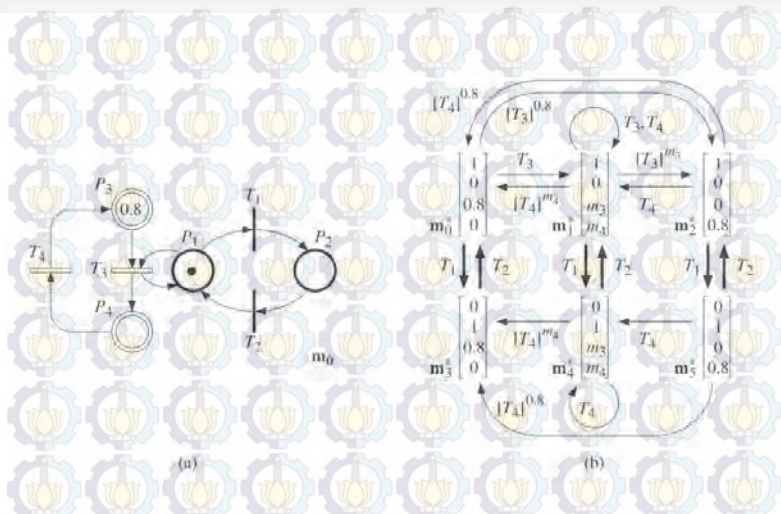
Secara umum, terdapat 3 bagian penting dalam sistem pengolahan air bersih.

- *Intake*
- *Water Treatment Plant*
- *Reservoir*



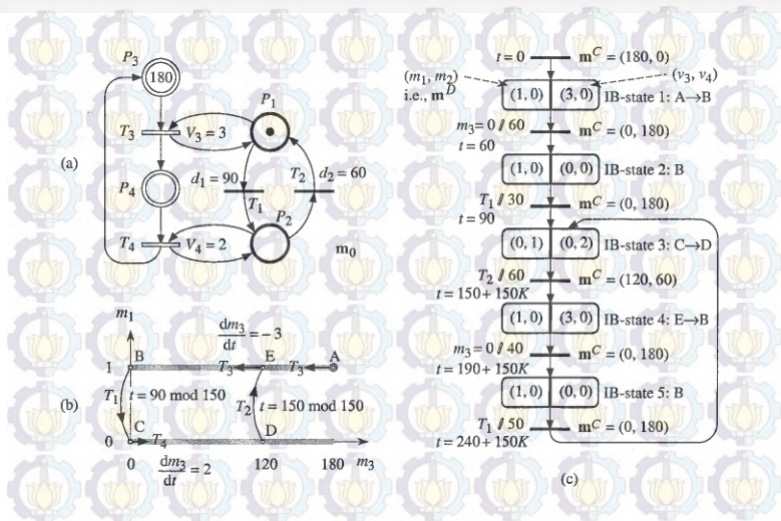
Gambar: Ilustrasi instalasi pengolahan air

Hybrid Petri Net



Gambar: (a) Hybrid Petri net bertanda; (b) Graf reachability

Hybrid Petri Net Berwaktu



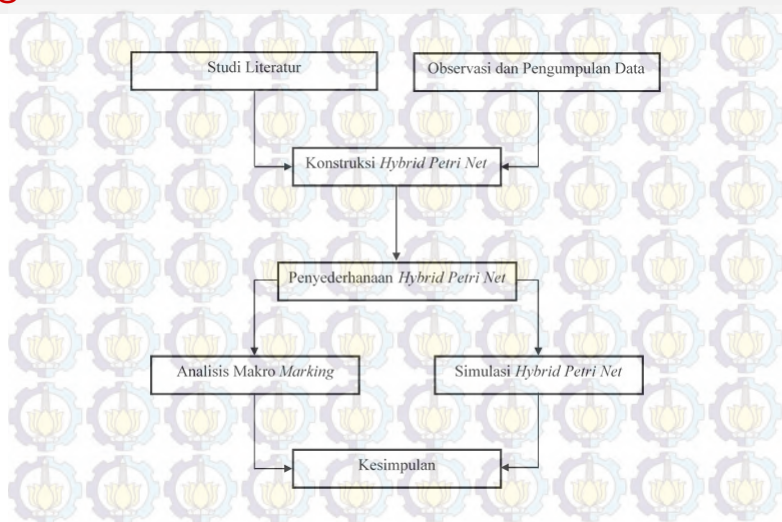
Gambar: (a) Hybrid Petri net berwaktu; (b) Ruang *reachable*; (c) Graf evolusi

Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

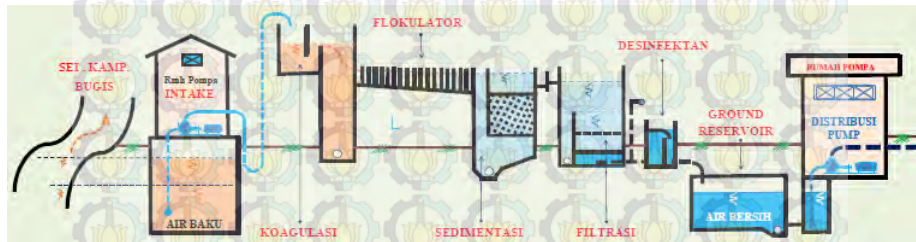
1. Studi literatur
2. Observasi dan pengumpulan data
3. Konstruksi model
4. Penyederhanaan model
5. Analisis makro *marking*
6. Simulasi model
7. Menyusun Laporan

Diagram Alir Penelitian



Gambar: Diagram alir penelitian

Pemodelan Instalasi Pengolahan Air Menggunakan Hybrid Petri Net



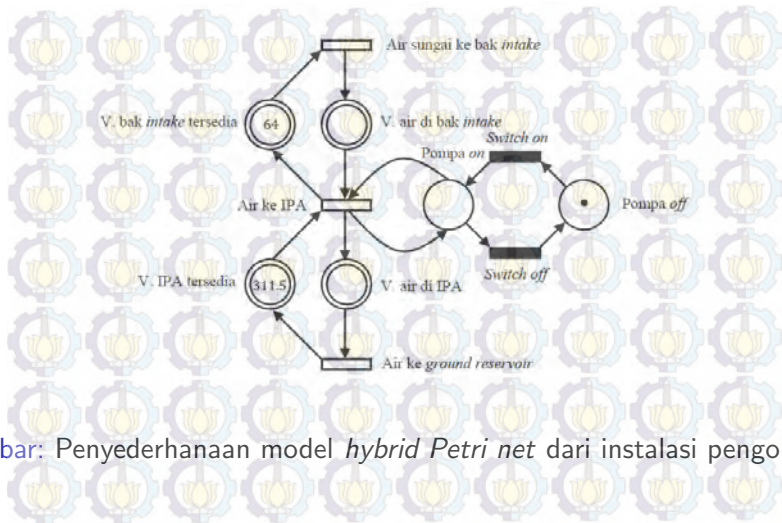
Gambar: Instalasi pengolahan air Kampung Bugis

Dikonstruksi *HPN* dengan:

- empat *place* diskrit
- empat transisi diskrit
- empat belas *place* kontinu
- delapan transisi kontinu

Penyederhanaan Model Instalasi Pengolahan Air Bersih

- Analisis dari HPN yang telah diperoleh akan sulit dilakukan karena memuat banyak *place* dan transisi
- Dilakukan penyederhanaan model untuk memudahkan analisis makro *marking*



Gambar: Penyederhanaan model *hybrid Petri net* dari instalasi pengolahan air

Analisis Model *Hybrid Petri Net* Dari Instalasi Pengolahan Air Bersih

P_1 = Pompa *on*

P_2 = Pompa *off*

P_3 = Kapasitas bak *intake*

P_4 = Volume air dalam bak *intake*

P_5 = Kapasitas IPA

P_6 = Volume air di IPA

T_1 = *Switch on* pompa

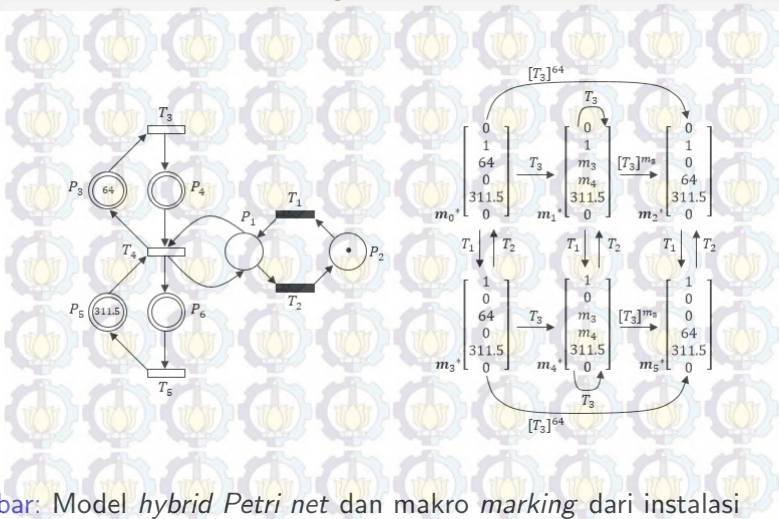
T_2 = *Switch off* pompa

T_3 = Air baku dari sungai mengalir ke bak *intake*

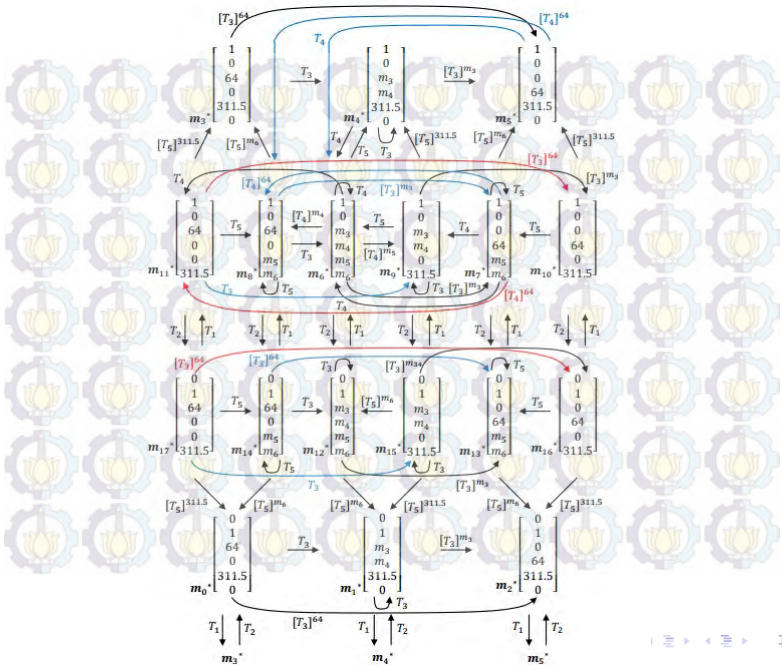
T_4 = Air dari bak *intake* menuju ke IPA

T_5 = Air dari IPA menuju ke bak *ground reservoir*

Analisis makro *marking*

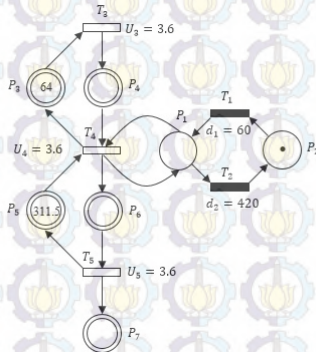


Gambar: Model *hybrid Petri net* dan makro *marking* dari instalasi pengolahan air

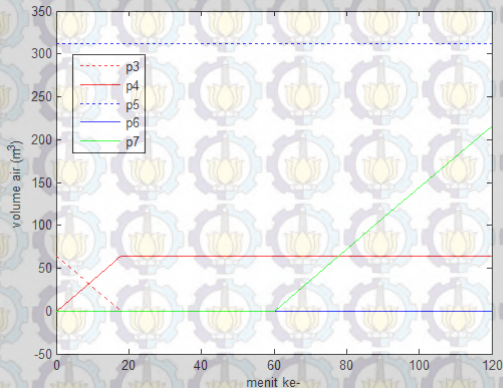


No.	Makro Marking	Transisi Enable	Keadaan		
			Pompa	Bak Intake	Bak IPA
1.	$m_0^* = (0 \ 1 \ 64 \ 0 \ 311.5 \ 0)^T$	T_1, T_3	Off	Kosong	Kosong
2.	$m_1^* = (0 \ 1 \ m_3 \ m_4 \ 311.5 \ 0)^T$	T_1, T_3	Off	Sebagian	Kosong
3.	$m_2^* = (0 \ 1 \ 0 \ 64 \ 311.5 \ 0)^T$	T_1	Off	Penuh	Kosong
4.	$m_3^* = (1 \ 0 \ 64 \ 0 \ 311.5 \ 0)^T$	T_1, T_3	On	Kosong	Kosong
5.	$m_4^* = (1 \ 0 \ m_3 \ m_4 \ 311.5 \ 0)^T$	T_1, T_3, T_4	On	Sebagian	Kosong
6.	$m_5^* = (1 \ 0 \ 0 \ 64 \ 311.5 \ 0)^T$	T_1, T_4	On	Penuh	Kosong
7.	$m_6^* = (1 \ 0 \ m_3 \ m_4 \ m_5 \ m_6)^T$	T_2, T_3, T_4, T_5	On	Sebagian	Sebagian
8.	$m_7^* = (1 \ 0 \ 0 \ 64 \ m_5 \ m_6)^T$	T_2, T_4, T_5	On	Penuh	Sebagian
9.	$m_8^* = (1 \ 0 \ 64 \ 0 \ m_5 \ m_6)^T$	T_2, T_3, T_5	On	Kosong	Sebagian
10.	$m_9^* = (1 \ 0 \ m_3 \ m_4 \ 0 \ 311.5)^T$	T_2, T_3, T_5	On	Sebagian	Penuh
11.	$m_{10}^* = (1 \ 0 \ 0 \ 64 \ 0 \ 311.5)^T$	T_2, T_5	On	Penuh	Penuh
12.	$m_{11}^* = (1 \ 0 \ 64 \ 0 \ 0 \ 311.5)^T$	T_2, T_3, T_5	On	Kosong	Penuh
13.	$m_{12}^* = (0 \ 1 \ m_3 \ m_4 \ m_5 \ m_6)^T$	T_1, T_3, T_4, T_5	Off	Sebagian	Sebagian
14.	$m_{13}^* = (0 \ 1 \ 0 \ 64 \ m_5 \ m_6)^T$	T_1, T_4, T_5	Off	Penuh	Sebagian
15.	$m_{14}^* = (0 \ 1 \ 64 \ 0 \ m_5 \ m_6)^T$	T_1, T_3, T_5	Off	Kosong	Sebagian
16.	$m_{15}^* = (1 \ 0 \ m_3 \ m_4 \ 0 \ 311.5)^T$	T_1, T_3, T_5	Off	Sebagian	Penuh
17.	$m_{16}^* = (0 \ 1 \ 0 \ 64 \ 0 \ 311.5)^T$	T_2, T_5	Off	Penuh	Penuh
18.	$m_{17}^* = (0 \ 1 \ 64 \ 0 \ 0 \ 311.5)^T$	T_2, T_3, T_5	Off	Kosong	Penuh

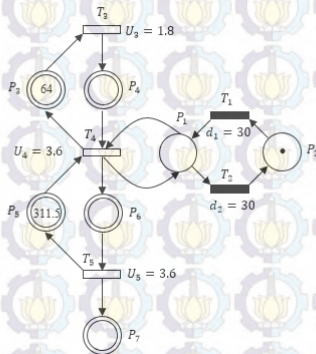
Simulasi Model Instalasi Pengolahan Air Bersih Dengan *Hybrid* Petri Net Berwaktu



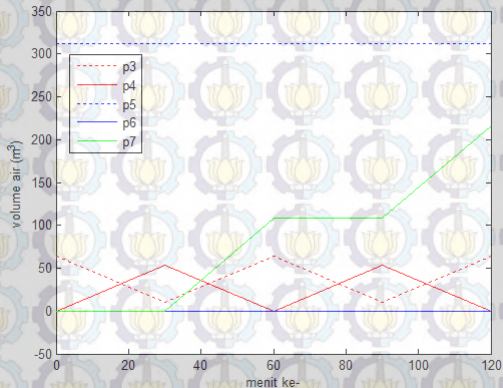
Gambar: HPN berwaktu dari IPA dengan debit 60 liter/detik



Gambar: Grafik simulasi IPA dengan debit 60 liter/detik



Gambar: HPN berwaktu dari IPA dengan debit 30 liter/detik



Gambar: Grafik simulasi IPA dengan debit 30 liter/detik

Kesimpulan

1. Model *hybrid Petri net* dari instalasi pengolahan air terdiri dari 18 *place* yang terdiri dari 4 *place* diskrit dan 14 *place* kontinu.
2. Model *hybrid Petri net* dari instalasi pengolahan air terdiri dari 12 transisi yang terdiri dari 4 transisi diskrit dan 8 transisi kontinu.
3. Penyederhanaan model *hybrid Petri net* dari instalasi pengolahan air terdiri dari 6 *place* yang terdiri dari 2 *place* diskrit dan 4 *place* kontinu.
4. Penyederhanaan model *hybrid Petri net* dari instalasi pengolahan air terdiri dari 5 transisi yang terdiri dari 2 transisi diskrit dan 3 transisi kontinu.

5. Berdasarkan analisis makro *marking* terdapat delapan belas keadaan yang mungkin terjadi. Namun, keadaan yang mungkin terjadi sebenarnya masih banyak karena analisis makro *marking* dilakukan pada model yang telah disederhanakan.
6. Pada simulasi dengan debit 60 liter/detik diperoleh air sebanyak $4536 m^3$ selama 24 jam, dengan 1 jam waktu pembersihan instalasi dan 7 jam waktu pengolahan secara berkala.
7. Pada simulasi dengan debit 30 liter/detik diperoleh air sebanyak $2592 m^3$ selama 24 jam, dengan 30 menit waktu pembersihan instalasi dan 30 menit waktu pengolahan secara berkala.

Saran

1. Pada penelitian ini dilakukan penyederhanaan model, sehingga untuk analisis makro *marking* belum dapat menjelaskan secara keseluruhan kondisi yang mungkin terjadi di lapangan.
2. Debit air sungai dan debit air di bak pengolahan yang digunakan dalam simulasi bernilai konstan. Pada keadaan sebenarnya, debit air tidaklah konstan. Debit air sungai selalu berubah-ubah, begitu juga debit air di bak pengolahan. Debit air di bak flokulator misalnya, akan terjadi perlambatan jika kualitas air baku kurang baik dan menghasilkan banyak flok air. Salah satu model yang bisa digunakan untuk penelitian selanjutnya adalah *Petri net* stokastik untuk debit air yang tidak konstan.

3. Pada penelitian selanjutnya dapat dipertimbangkan penggunaan *inhibitor arc* yang dapat membuat suatu transisi menjadi *enable* justru ketika tidak terdapat *marking* di *place input* dari transisi tersebut. *Inhibitor arc* ini dapat digunakan pada bak *intake* dan bak *ground* yang terdapat pompa di dalamnya. Sehingga jika ditambahkan *inhibitor arc*, pompa akan otomatis *off* jika tidak terdapat air pada bak-bak tersebut.
4. Perlu dibuat suatu program yang dapat menganalisis makro *marking* dan juga program untuk simulasi.

Daftar Pustaka

1. Arifiani, N. F., Hadiwidodo, M. (2007), "Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air PDAM Ibu Kota Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten", *Jurnal Presipitasi*, Vol. 3.2, No. 2, hal. 78-85.
2. David, R., Alla, H., (2005), *Discrete, Continuous, and Hybrid Petri Nets*, Springer, Berlin.
3. Ghomri, L., Alla, H. (2007), "Modeling and Analysis using Hybrid Petri Nets", *Nonlinear Analysis: Hybrid Systems*, Vol. 1, No. 2, hal. 141-153.
4. Gudino-Mendoza, B., Lopez-Mellado, E., Alla, H. (2011), "Modeling and Simulation of Water Distribution Systems using Timed Hybrid Petri Nets", *Simulation*, hal. 0037549710388749.
5. Kania, D. (2009), *Pengantar Pengolahan Air* Bahan kuliah: Rekayasa Lingkungan, ITB, Bandung.

6. Mostafa, K. S., Bahareh, G., Elahe, D., Pegah, D. (2015), "Optimization of Conventional Water Treatment Plant using Dynamic Programming", *Toxicology and Industrial Health*, Vol. 31, No. 12, hal. 1078-1086.
7. Subiono, (2015) *Aljabar Min-Max Plus dan Terapannya*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
8. Wu, E. M. Y., (2013), *Optimal Design of The Water Treatment Plants*, INTECH Open Access Publisher.