

APLIKASI METODE *TIME PETRI NET*
UNTUK MEMINIMALKAN BIAYA INVESTASI PENGEMBANGAN
PABRIK BERBASIS PROSES *BATCH*

TIME PETRI NET METHOD APPLICATION
TO MINIMIZE INVESTMENT COST OF BATCH PROCESS BASED PLANT
DEVELOPMENT

Jaka Lelana dan Bobby O.P. Soepangkat

Program Pascasarjana Magister Manajemen Teknologi ITS

Bidang Keahlian Manajemen Industri

ABSTRAK

Semakin ketatnya persaingan dalam industri kimia saat ini, mengharuskan perusahaan untuk melakukan usaha untuk menurunkan semua biaya termasuk biaya produksi. Salah satu usaha adalah menurunkan biaya investasi pada pengembangan pabrik. Dengan meminimalkan biaya investasi akan didapatkan tingkat pengembalian modal yang cepat dan tinggi. Penurunan biaya investasi dilakukan dengan meminimalkan jumlah peralatan. Perhitungan minimalisasi biaya investasi dilakukan dengan menggunakan metode *Timed Petri nets* untuk proses *batch* di PT ENG. Langkah pertama adalah memeriksa tingkat utilisasi peralatan pada proses yang sudah ada. Langkah kedua adalah menambahkan sebagian peralatan pada proses yang sudah ada dan memeriksa tingkat utilitasnya serta kapasitas produksi yang dihasilkan. Langkah pertama dan kedua dilakukan dengan menggunakan metode *time Petri nets*. Langkah terakhir adalah melakukan analisa kelayakan proyek dengan menghitung biaya investasi, *pay back period* dan *return of investment*. Pengembangan pabrik dengan metode TPN meningkatkan kapasitas produksi menjadi dua kali lipat, sedangkan biaya investasi yang diperlukan untuk pengembangan adalah US\$ 831.881 atau 21.1% dari biaya investasi sebelum pengembangan. Hasil analisa kelayakan untuk investasi pengembangan dengan TPN yaitu *pay back period* (PBP) didapat adalah 1.99 tahun atau 54.37% lebih cepat dan *return of investment* (ROI) 50.4% atau 2.02 kali lebih tinggi dibandingkan pengembangan dengan metode penggantian proses produksi yang sudah ada.

Kata kunci: *Timed Petri nets*, investasi, *batch process*, *place*, transisi, *arc*, pabrik *alkyd*, *Gantt chart*, *payback period*, *return of investment*.

ABSTRACT

Companies' effort to reduce all costs including the production cost has become important due to increasing competition in the chemical industry today. One of the efforts is to decrease the investment cost of plant development in order to increase the return of investment. The amount of equipment minimization will also reduce the investment cost. *Timed Petri nets* method has been adopted in this study to minimize investment cost for *batch process* in PT ENG. The first step was to examine the utilization rate of equipment on an existing process. The second, was to add some equipment in the existing processes, it was also examine the utilization and production capacity result. The first and second step has analysed by using *time Petri nets*. The final step was to conduct feasibility study by calculating the cost investment, *payback period* and *return on investment*. Plant development by TPN method has doubled production capacity, whereas the requirement of investment cost for

development was US \$ 831,881 or 21.1% of the investment cost prior to development. It was found that payback period (PBP) was 1.99 years or 54.37% faster and return on investment (ROI) was 50.4% or 2.02 times higher than the existing multiplication development method.

Keywords: *Timed Petri nets, investment, batch process, place, transition, arc, alkyd, Gantt chart, payback period, return on investment.*

PENDAHULUAN

Perkembangan Industri petrokimia dan turunannya pada saat ini menjadi semakin penting. Hal ini disebabkan karena jumlah bahan baku yang berlimpah di Indonesia dan juga semakin banyaknya jenis produk yang dapat dihasilkan oleh turunan dari bahan baku minyak bumi maupun gas alam. Jumlah penduduk yang banyak juga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan kenaikan permintaan dari produk pabrik petrokimia dan turunannya. Salah satu turunan bahan petrokimia yang banyak di pakai adalah produk resin, sehingga kebutuhan terhadap produk ini meningkat pesat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan tingkat kenaikan pendapatan per kapita negara.

Seperti pada umumnya pabrik kimia, biaya produksi merupakan biaya yang terbesar di dalam operasinya. Untuk itu peningkatan efisiensi dalam proses produksi, disamping tetap menjaga kualitas hasil produksi, merupakan hal yang utama yang harus dilakukan agar perusahaan dapat tetap bertahan di masa penuh persaingan seperti saat ini. Masalah tersebut juga dialami oleh PT ENG, bukan hanya persaingan dengan perusahaan lokal, tetapi juga dengan perusahaan di luar negeri yang melakukan ekspor ke Indonesia. Salah satu komponen biaya produksi yang termasuk biaya tetap adalah depresiasi dari investasi peralatan pabrik. (Mulyadi, 1997). Oleh karena itu selalu dilakukan usaha untuk meminimalkan biaya investasi, sehingga perusahaan dapat mempunyai daya saing di pasar. Salah satu cara untuk meminimalkan biaya investasi adalah dengan cara meminimalkan jumlah alat yang dibutuhkan di dalam pembuatan suatu pabrik.

Pabrik Resin di PT ENG, yang menggunakan sistem *batch* dalam proses produksinya untuk memenuhi permintaan pasar, harus merencanakan penambahan kapasitas produksi sebesar dua kali kapasitas sebelumnya. Penambahan kapasitas ini di lakukan dengan membuat pabrik yang semua peralatan yang digunakan sama persis dengan yang sudah beroperasi. Total biaya investasi yang diperlukan untuk membuat pabrik baru ini sebesar US\$ 3.946.015.

Pengembangan kapasitas dengan metode yang telah disebutkan adalah hal umum yang dipakai di dalam dunia industri, karena paling mudah dilakukan dan tingkat keberhasilannya tidak diragukan lagi. Tetapi cara tersebut memerlukan biaya investasi yang besar/tinggi dan waktu yang lama.

Metode lain yang digunakan adalah melakukan optimalisasi penggunaan peralatan yang ada, dan penambahan pada sebagian peralatan pabrik berdasarkan pengalaman para teknisi dan operator di lapangan. Cara pengembangan seperti ini dapat menekan biaya investasi dan waktu, tetapi ada kemungkinan penambahan

kapasitas yang diharapkan tidak dapat tercapai. Hal ini yang selalu membuat ragu manajemen perusahaan untuk melakukan investasi dengan cara ini.

Dengan adanya kesulitan-kesulitan diatas, perlu dibuat suatu model pengembangan pabrik yang transparan dan dapat dipertanggungjawabkan. Dengan demikian tujuan investasi dapat tercapai dalam waktu yang serendah/secepat mungkin, dan tingkat penambahan kapasitas sesuai dengan yang diharapkan. Disisi lain, pihak manajemen juga mendapat keyakinan atas keputusan yang diambil dalam menentukan biaya investasi, serta penambahan kapasitas produksi yang akan diperoleh. Investasi yang lebih kecil dengan peningkatan kapasitas yang sama akan menurunkan *pay back period* dan menaikkan *return on Investment (ROI)*, sehingga akan menambah tingkat kelayakan proyek dan laba yang dihasilkan (Mulyadi, 1997).

METODE

Untuk melihat tingkat penggunaan peralatan yang ada saat ini dan peralatan apa saja yang dibutuhkan jika perusahaan mengizinkan penambahan kapasitas dua kali lipat dengan penambahan peralatan yang minimal, digunakan *time Petri net* (TPN). *Petri net* (PN) pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Carl Adam Petri yang berkebangsaan Jerman pada tahun 1962, dalam disertasi doktronya "*Kommunikation mit Automaten*" di departemen *Mathematics and Physics the Technische Universität Darmstadt, Jerman* (Zhou dan Venkatesh, 1999).

Kelebihan *time Petri net* antara lain dapat menunjukkan interaksi antara peralatan pada unit proses dan bisa menggambarkan model operasi yang diinginkan pada pabrik *batch* termasuk waktu prosesnya (Hanisch, 1993), dapat melakukan evaluasi *production rate*, *cycle time*, utilisasi *resources* dan mengidentifikasi *bottleneck* peralatan (Zhou dan Venkatesh, 1999), meminimalisasi *cycle time* proses dan indentifikasi *bottleneck* (Dubois dan Stecke, 1983), digunakan dalam memverifikasi penjadwalan suatu rancangan proses *batch*.

Sebenarnya ada banyak peneliti lain yang menggunakan metoda yang berbeda untuk meneliti/memodelkan permasalahan penjadwalan pada proses *batch*, misalnya dengan menggunakan *heuristic rule*, *computer intelligence*, *Pert analysis* dan *mixed integer programming*, tetapi TPN mempunyai beberapa kelebihan (Edgar et al, 2001).

Dengan kombinasi *tool* (alat) *time Petri net* dan analisa investasi, diharapkan dapat dibuat model untuk mengembangkan kapasitas pabrik *batch* dengan tingkat investasi paling minimal, yang pada akhirnya dapat meningkatkan keuntungan dan daya saing perusahaan.

Didalam formula matematis, *Time Petri net* mempunyai fungsi tujuan untuk meminimalkan waktu siklus, yaitu (Hanisch, 1993):

$$t_{\text{cycle}}(c) = \sum_{g \in q(c)} \Delta \tau(g) \quad (1)$$

dimana:

t_{cycle} adalah waktu mulai proses berulang ke awal

Δt adalah waktu tunda masing-masing step
 g adalah *state transition*

Dengan meminimalkan waktu siklus akan di dapatkan jumlah throughput yang maksimal sehingga penggunaan peralatan semakin efektif. Jumlah throughput dari masing masing cycle adalah (Hanisch, 1993):

$$d(c) = \frac{\sum_{i=1}^n B(t)_{occ}(t, c)}{t_{Cycle}(c)} \quad (2)$$

dimana:

$d(c)$ adalah throughput dari system
 $B(t)$ adalah output dari produk
 $occ(t,c)$ menyatakan berapa kali t fire di cyle c

Tujuan dari pengembangan suatu pabrik adalah untuk memaksimalkan *throughput* dan meminimalkan investasi, sehingga didapat kenaikan *throughput* yang lebih tinggi dari pada kenaikan investasi. Dengan demikian fungsi tujuan untuk memaksimalkan *throughput* dapat ditulis sebagai berikut:

$$\max d(c2) = \max k_1 \times d(c1) \quad (3)$$

dengan:

$d(c1)$ adalah *throughput* dari pabrik dengan satu lintasan.
 $d(c2)$ adalah *throughput* dari pabrik setelah dikembangkan.
 k_1 adalah faktor yang menunjukkan penambahan *throughput*.
 Sebagai pembatas waktu dan urutan proses operasi dari peralatan adalah tetap.
 Fungsi tujuan untuk meminimalkan investasi dapat ditulis sebagai berikut:
 $\min INV2 = \min k_2 \times INV1$ (4)

dengan:

$INV1$ adalah total investasi dari pabrik dengan satu lintasan.
 $INV2$ adalah total investasi dari pabrik setelah dikembangkan.
 k_2 adalah faktor yang menunjukkan kenaikan investasi.

Agar didapat investasi yang menguntungkan, maka nilai k_1/k_2 harus lebih besar dari 1.

Pay back period menyatakan waktu pengembalian modal atas investasi yang telah dilakukan. Pada metode *pay back*, kriteria penerimaan atau penolakan usulan investasi adalah jangka waktu untuk mengembalikan modal yang telah dikeluarkan untuk investasi, sedangkan waktu yang diinginkan ditetapkan oleh manajemen.

Persamaan yang dipakai untuk menghitung *pay back period* adalah (Mulyadi, 1997):

$$Pay\ back\ period = \frac{Investasi}{laba\ tunai\ rata - rata} \quad (5)$$

Pay back period dinyatakan sebagai fungsi waktu (bulan, tahun dan lain lain), sehingga jika nilai *pay back period* semakin cepat, berarti investasi yang dilakukan semakin baik. Untuk mempercepat/memperkecil nilai *pay back period* maka nilai investasi harus diperkecil atau memperbesar laba.

Return of investment menunjukkan tingkat pengembalian atas investasi yang telah dikeluarkan/dibelanjakan pada suatu usaha pengembangan (Syahrul dan Nizar,

2000). Persamaan untuk menghitung *return of investment* (ROI) adalah (Mulyadi, 1997):

$$\text{Retrun of investmen (ROI)} = \frac{\text{Laba Sesudah pajak}}{\text{Investasi}} \quad (6)$$

Return of Investmen dinyatakan dalam bentuk persentasi, dimana semakin tinggi nilai ROI semakin layak proyek itu dilaksanakan. Biasanya nilai ROI minimal suatu proyek untuk dapat dilaksanakan sesuai batasan yang dibuat oleh manajemen perusahaan. Nilai ROI dari persamaan diatas dapat diperbesar dengan jalan menekan nilai investasi serendah mungkin.

HASIL DAN DISKUSI

Agar dapat dilakukan evaluasi terhadap masing masing tahapan proses, maka perlu dilakukan pengumpulan data dari waktu proses pada setiap peralatan yang digunakan. Waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi 1 lot alkyd dengan kapasitas produksi sebanyak 35 ton/lot ditunjukkan pada Tabel 1. Pada lot 2 dan seterusnya, urutan proses dan waktu yang diperlukan seperti ditunjukkan pada Tabel 1 tidak berubah.

Tabel 1. Data Waktu Proses

NO	ACTIVITY	TIME (MIN)
<i>Process at Reactor</i>		
1	Input RMM1	75
2	Input RMM2	25
3	Input Catalyst Cat.	5
4	Heating Reactor R1 by steam (until 120°C)	50
5	Heating Reactor R1 by hot oil (until 250°C)	210
6	Keeping temp. 250°C (alcoholic process)	180
7	Cooling down reactor to reach 160°C	60
8	Feeding RMM3	45
9	Feeding RMM4	15
10	Feeding Additive H1 & H2	10
11	Feeding Solvent S-1	5
12	Heating Reactor R1 by hot oil (until 240°C)	180
13	Keeping esterification at 240°C	660
14	Drain Fluid to Dilution Tank & inject 30% of Solvent S-2 & S-3	60
	Total time	975
<i>Process at Dilution Tank</i>		
1	Feeding Solvent S-2	25
2	Feeding Solvent S-3	15
3	Cooling down to reach temperature 80°C	90
4	Packaging (feed to drums by pumps)	350
	Total time Dilution tank	480

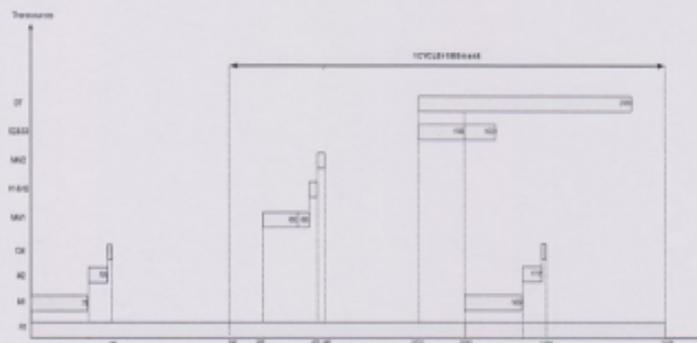
Biaya investasi pada pabrik yang lama merupakan penjumlahan dari berbagai biaya peralatan, biaya piping, biaya isolasi, biaya peralatan listrik, biaya peralatan instrumen, biaya pondasi dan struktur baja, biaya tanah dan bangunan serta biaya pemasangan/konstruksi, dengan total biaya seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Total Biaya Investasi Pembuatan Pabrik Satu Lintasan

No	Jenis biaya	Faktor nilai	Biaya (US\$)
1	Peralatan		1,600,576
2	Pondasi dan struktur baja	28% nilai Peralatan	448,161
3	Pipa termasuk isolasi	33% nilai Peralatan	528,190
4	Listrik dan instrumentasi	21% nilai Peralatan	336,121
5	Tanah & Bangunan		760,870
6	Biaya Konstruksi	17% nilai Peralatan	272,098
	Total Biaya		3,946,015

Biaya pondasi dan struktur baja, pipa, listrik dan instrumen serta konstruksi diambil dari seluruh biaya peralatan dikalikan faktor untuk pabrik yang bahan baku dan produksinya berupa cairan (Perry, 1973).

Dari data penjelasan proses dan waktu proses dibuat program *Petri nets* sehingga dapat dibuat *Gantt chart* selain berfungsi untuk menghitung t cycle juga digunakan untuk melihat utilisasi dari masing-masing peralatan secara mudah. Hal ini disebabkan pada proses *batch* waktu proses dari peralatan merepresentasikan utilisasi atau kapasitas dari peralatan tersebut seperti gambar 1.



Gambar 1. Gantt chart untuk Satu Lintasan

Throughput produksi dapat dihitung berdasarkan persamaan 1 dan 2 dimana t cycle adalah sebesar 1580 menit sehingga throughput produksi adalah:

$$d(c) = \frac{35 \times 1 \times 1000}{1580}$$

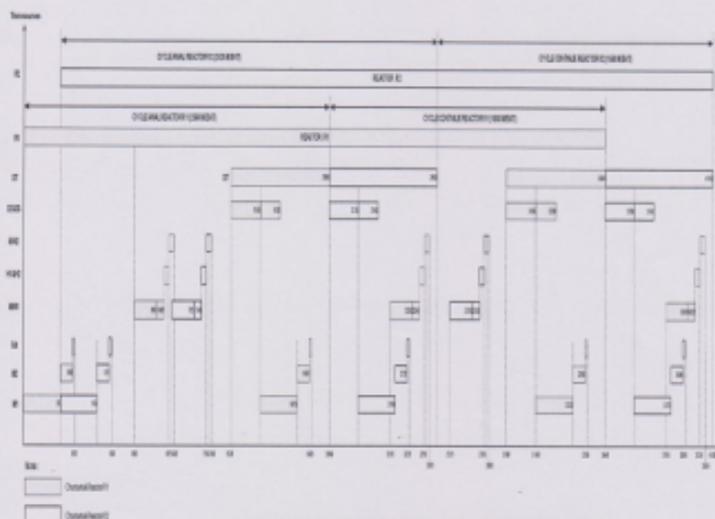
$$d(c) = 22.15 \text{ kg/menit}$$

Nilai *throughput* menunjukkan jumlah produksi rata-rata per satuan waktu atau biasa disebut sebagai kapasitas produksi.

Waktu operasi yang paling panjang menunjukkan bahwa peralatan tersebut adalah pembatas dari maksimum kapasitas, dan yang lebih pendek menunjukkan bahwa utilisasi peralatan masih bisa ditingkatkan. Berdasarkan pengertian tersebut, maka jika ingin meningkatkan kapasitas pabrik dapat dilakukan dengan menambahkan peralatan yang mempunyai waktu penggunaan terlama, yaitu paket reaktor.

Dengan menambahkan lintasan baru pada reaktor, sedangkan peralatan penunjang yang lain tetap seperti pada proses dengan satu lintasan, maka dibuat program *Petri nets* sehingga dihasilkan *dynamic graph* untuk dibuat *Gantt chart* yang seperti pada gambar 2. Pada *Gantt chart* tersebut terlihat bahwa proses dengan dua lintasan dapat berjalan secara paralel, sehingga diperoleh utilisasi peralatan pendukung reaktor dan paket *dilution tank* yang lebih optimal. Total waktu 1 *cycle* adalah 1580 menit untuk masing-masing lintasan seperti yang terjadi pada proses dengan satu lintasan. Pada saat awal, waktu *cycle* lebih lama dari *cycle* setelah berjalan secara terus menerus. Hal ini terjadi karena peralatan pendukung belum berjalan secara paralel, tetapi setelah *cycle* ke dua dan seterusnya waktu *cycle* sudah tetap.

Dengan menggunakan persamaan 1 dan 2 dapat dihitung *throughput* produksi seperti pada proses dengan satu lintasan, dengan $occ(t,c)$ adalah 2 karena pada saat 1 *cycle* ada 2 lintasan yang *fire*. Jumlah *throughput* yang dihasilkan jika dihitung dengan persamaan 2 adalah $d(c) = 44,30$ kg/menit.



Gambar 2. Gantt chart untuk dua lintasan

Dari laju *throughput* produksi terlihat bahwa prabrik dengan dua lintasan menghasilkan rate produksi 2 kali lipat dari pabrik dengan satu lintasan. Total biaya investasi setelah pengembangan adalah US\$ 4,777,896 atau naik 21.1% dari nilai pabrik satu lintasan. Hasil pengembangan pabrik dilakukan pengecekan apakah sesuai dengan fungsi tujuan investasi dengan menggunakan persamaan 3 dan 4. Laju *throughput* naik menjadi 2 kali lipat, sehingga k_1 sama dengan 2.

Sedangkan k_2 adalah perbandingan investasi sesudah dan sebelum pengembangan yaitu $4,777,896/3,946,015 = 1.21$. Nilai k_1/k_2 adalah $2/1.21 = 1.65 >$ dari 1, maka proses pengembangan pabrik sudah sesuai dengan fungsi tujuan investasi. Nilai kelayakan proyek dihitung berdasarkan *pay back period* dan *return of investment* dengan membandingkan biaya investasi hasil pengembangan dengan penambahan sebagian peralatan ini, dengan pengadaan satu lintasan secara total.

Untuk dapat menghitung *pay back period* (PBP dan *return of investment* (ROI) dibuat laporan rugi laba dan *cash flow*. Agar didapat tingkat perbandingan yang setara, maka pabrik dengan satu lintasan digandakan untuk mendapatkan jumlah produksi yang sama seperti pabrik yang dikembangkan dengan penambahan sebagian peralatan. PBP dan ROI dengan memakai persamaan 5.

Pay back period (PBP) dengan menggunakan metode penambahan sebagian peralatan adalah 1.99 tahun atau 54.37% dari *pay back period* dengan penggantian dari semua peralatan pabrik satu lintasan. Sedangkan *return of investment* (ROI) adalah 50.4% atau 2.02 kali lebih tinggi dari ROI dengan penggantian dari peralatan pabrik satu lintasan.

KESIMPULAN

Dengan menggunakan metode *time Petri net* dapat disimpulkan bahwa penggantian kapasitas produksi pada proses *batch* dengan model penambahan sebagian peralatan lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan model penggantian peralatan, karena penambahan biaya investasi adalah 21.1% dari investasi awal, *Pay back period* (PBP) 1.99 tahun atau 54.37% dari PBP jika dilakukan penggantian dan *Return of investment* (ROI) sebesar 50.4% atau 2.02 dari ROI jika dilakukan penggantian.

DAFTAR PUSTAKA

- Dubois, D and Stecke K., (1983), "Using Petri nets to represent production process," *Proc. of the 22nd IEEE Conf. on Decision and Control*, San Antonio, TX.
- Edgar, T. F, Himmelblau, D. M. and Lasdon, L. S., (2001), "*Optimization of Chemical Process*," Mc Graw-Hill International Edition.
- Hanisch, H. M. (1993), "Analysis of Place/Transition Nets with Timed Arcs and its Application to Batch Process Control," *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 691, pp. 282-299, Springer-Verlag.
- Hanisch, H. M. and Christmann, U. (1995), "Modeling and Analysis of a Polymer Production Plant by Means of Arc-Timed *Petri nets*," *Conference on Computer Integrated Manufacturing in the Process Industries (CIMPRO '94)*, Rutgers University, New Brunswick, NJ, April 1994, Proceeding, 194-207,

- also in: *International Journal of Flexible Automation and Integrated Manufacturing*, 3 (1), pp. 33-46.
- Mulyadi (1997), "*Akuntansi Manajemen: Konsep, Manfaat dan Rekayasa*," Penerbit Aditiya Media, Yogyakarta, Edisi ke 2, Cetakan ke 2.
- Perry, R. H., (1973), "*Perry's Chemical Engineers' Handbook*," Mc Graw-Hill Book Company, Sixth Edition.
- Syahral and Nizar, M. A. (2000), "*Kamus Akuntansi*," Cetakan pertama.
- Zhou, M. C., and Venkatesh, K. (1999), "*Modeling, Simulation, and Control of Flexible Manufacturing System: A Petri Net Approach*," Vol. 6, World Scientific Publishing Co.Pte.Ltd.