

# PENJADWALAN PROSES BACKWASH DENGAN METODE BRANCH AND BOUND PADA PDAM TIRTA MUSI

A. A. Masruri<sup>1</sup>, Rizka Mayasari<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Palembang

Email: [ahmad\\_ansyori.masruri@um-palembang.ac.id](mailto:ahmad_ansyori.masruri@um-palembang.ac.id)

## ABSTRAK

Penjadwalan merupakan bagian dalam sistem produksi yang berfokus pada pengkoordinasian waktu dalam kegiatan produksi. PDAM Tirta Musi merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan air bersih. Perusahaan ini memiliki penjadwalan *backwash* yang diterapkan secara manual serta pengurutan pengerjaan *job* hanya berdasarkan intuitif saja. Adanya permasalahan ini perlu diadakan suatu orientasi dalam penjadwalan metode *Branch and Bound* yang baik agar mampu meminimasi total waktu proses. Tujuan dari penelitian untuk mengurangi keterlambatan pada proses *backwash* serta memperoleh urutan proses *backwash* sesuai penjadwalan yang lebih baik dan optimal. Pengumpulan data meliputi data waktu produksi, jumlah elemen kerja yang digunakan, dan jumlah *job*. Pengolahan data untuk mendapatkan waktu standar dari masing-masing proses. Penjadwalan elemen kerja untuk mendapatkan urutan penjadwalan *job* pada tiap mesin. Dari hasil perhitungan menggunakan metode *Branch and Bound* didapatkan urutan proses 3-1-2-4, waktu makespan 122 detik (2.03 menit). Penjadwalan *backwash* dengan menggunakan metode *Branch and Bound* dapat meminimasi makespan sebesar 4 detik atau sebesar 3,33% jika dibandingkan dengan metode yang diterapkan perusahaan

Kata kunci : Penjadwalan, *Branch and Bound*, *Backwash*

## Pendahuluan

Perkembangan dunia usaha yang semakin maju dan tingkat persaingan yang semakin berat, mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan sistem produksi yang efektif dan efisien di dalam perusahaan. Sasaran strategi utama adalah pemenuhan kebutuhan konsumen secara tepat baik dari sisi waktu dan dan sisi jumlah demi menjaga loyalitas konsumen. Oleh sebab itu, perusahaan dalam proses produksinya memerlukan sistem penjadwalan yang baik.

Penjadwalan sebagai bagian dari suatu sistem produksi merupakan pengkoordinasian waktu dalam kegiatan produksi. Oleh sebab itu, perlu diadakan pengalokasian bahan-bahan baku dan bahan-bahan pembantu, serta kelengkapan pengolahan di setiap instalasi atau fasilitas yang telah ditentukan secara tepat.

PDAM Tirta Musi merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang

pengolahan air bersih. Penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa PDAM Tirta Musi belum memiliki ketentuan penjadwalan yang baik dimana penjadwalan *backwash* yang diterapkan masih dilakukan secara manual, dan pengurutan pengerjaan *job* hanya berdasarkan intuitif saja. Atas dasar permasalahan tersebut, perlu diadakan suatu orientasi dalam model penjadwalan yang baik dalam mengatasi masalah tersebut, yaitu meminimasi total waktu proses. Oleh sebab itu, diperlukan model penjadwalan pada sistem produksi yang mempertimbangkan urutan prioritas pengerjaan dari setiap pencucian filter. Dengan menggunakan metode *Branch and Bound* diharapkan dapat meminimalkan total waktu *backwash* dan menghemat biaya produksi. *Backwash* merupakan bagian yang terintegrasi dalam pengoperasian Instalasi Pengolahan Air. *Backwash* adalah pencucian filter dengan membilasnya dengan air dengan arah aliran yang berlawanan dengan arah aliran normal. Aliran air harus memiliki

tekanan yang cukup untuk dapat melepaskan partikel-partikel yang menempel pada media, sehingga digunakan aliran air yang lebih besar atau dibantu dengan aliran

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah mengurangi keterlambatan pada proses *backwash* pada PDAM Tirta Musi Palembang dan memperoleh urutan proses *backwash* pada sistem penjadwalan *flow shop* yang lebih baik (mendekati optimal).

### Tinjauan Pustaka

PDAM Tirta Musi Palembang 3 ilir dan ogan dalam pengolahan menggunakan 2 jalur sebelum didistribusikan kepada konsumen. Proses pengolahan air bersih ini dimulai dari bangunan intake yang menampung air baku kemudian dilakukan pemompaan ke proses pencampuran dengan aluminium sulfat, berlanjut ke flokulasi setelah itu dilakukan proses sedimentasi untuk mengendapkan partikel-partikel koloid yang biasanya berupa lumpur. Setelah proses sedimentasi, dilakukan penyaringan media berbutir seperti pasir silica dan kerikil. Sebelum ke penampungan akhir, biasanya dilakukan proses disinfeksi yaitu pencampuran dengan chlor.

### Penjadwalan Produksi

Masalah utama dalam penjadwalan yaitu penugasan pekerjaan ke elemen kerja. Faktor-faktor yang mempengaruhi diantaranya banyaknya elemen kerja, banyaknya pekerjaan, setiap pekerjaan mempunyai operasi, setiap operasi mempunyai waktu untuk berproduksi. Dari beberapa faktor-faktor tersebut maka bisa dikatakan bahwa permasalahan penjadwalan *job* dapat dinyatakan sebagai berikut: " Ada sekumpulan  $n$  *job* yang akan diproses, dimana tiap *job* memiliki waktu *set up*, waktu proses, dan *due date*. Untuk menyelesaikannya, tiap *job* diproses pada beberapa mesin. Dalam hal ini diperlukan untuk menjadwalkan *job-job* tersebut pada

elemen – elemen kerja untuk mengoptimalkan kriteria performansi ".

Penjadwalan *flowshop* yaitu penjadwalan proses produksi dari  $n$ -*job* yang memiliki urutan proses produksi yang sama. *Flowshop* dikatakan fleksibel dalam pengertian sebuah *job* dapat diproses pada mesin mana saja yang identik di tiap tahapnya. Seluruh proses penjadwalan merupakan integrasi dari penetapan *outer* serta *inner game*, dimana *outer game* terdiri dari *job* yang akan dijadwal di dalam sistem, dan *inner game* terdiri dari *job* yang akan dijadwal ulang di dalam sistem. Hasil dari uji coba sistem dengan data *processing time* yang berbeda menjelaskan, bahwa minimum *makespan* yang dihasilkan oleh sistem dipengaruhi oleh jumlah *job*, besar koefisien variasi dan lebar *range* dari data *processing time*. Perhitungan akan selalu optimal untuk kondisi data *processing time* yang homogen, artinya koefisien variasinya tidak lebih dari satu (Smith, 2001)

Ada beberapa kriteria performansi yang dapat digunakan untuk mengevaluasi ukuran keberhasilan dari suatu penjadwalan. Kriteria itu adalah sebagai berikut:

1. *Makespan* adalah total waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan

$$M = \sum_{i=1}^n t_i$$

seluruh *job*.

dimana:

$t_i$  : Waktu proses *job* ke  $i$

$M$  : *Makespan*

2. *Mean Flow Time* (MFT) adalah waktu rata-rata suatu *job* berada dalam sistem.

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n}$$

$$F_i = C_i - r_i$$

Dimana:

- F : mean flow time
- F<sub>i</sub> : flow time job ke-i
- C<sub>i</sub> : completion time job ke i
- R<sub>i</sub> : ready time job ke i

3. Mean lateness adalah rata-rata beda waktu antara waktu penyelesaian suatu job dengan batas akhirnya

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$$

$$L_i = C_i - d_i$$

dimana:

- L : mean lateness
- L<sub>i</sub> : lateness job ke i
- D<sub>i</sub> : due date job ke

4. Mean tardiness adalah rata-rata

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}$$

$$T_i = \max(0, C_i - d_i)$$

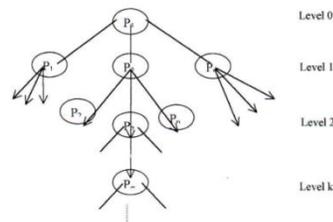
keterlambatan penyelesaian suatu job

Dimana:

- T<sub>i</sub> : tardiness job ke

### Algoritma Branch and Bound

Ada dua prosedur yang mendasar di dalam metode *Branch and Bound* ini yaitu *Branching*, adalah pemecahan dalam sub-sub problem dan kedua adalah menghitung *lower bound* untuk menentukan urutan optimal. Metode ini mempunyai nilai keefektifan yang sangat tergantung pada apakah bound yang terendah (*lower bound*) bisa dikomputasikan untuk sebagian jadwal. Untuk perhitungan dengan menggunakan algoritma ini sebagai langkah dasarnya adalah penjadwalan pada satu elemen kerja, sehingga solusi optimal dari metode ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Struktur Pohon Metode *Branch and Bound*

Dasar pemikiran dari metode *Branch & Bound* ini dikembangkan oleh Ignall dan Schrage, yaitu solusi yang dihasilkan dengan menggunakan system struktur pohon branching seperti terlihat pada gambar 2.1. Dimana  $\sigma$  adalah solusi urutan awal yang terjadi, tukan pada akhir urutan. Dengan kata lain, urutan job disusun berdasarkan arah maju (*forward direction*) dan bukan arah mundur (*ftackward direction*) pada struktur pohon *branching* tersebut.

### Filter Backwash

*filter Backwashing* (Pencucian Filter) merupakan bagian yang terintegrasi dalam pengoperasian Instalasi Pengolahan Air (IPA). Pencucian filter atau *backwash* ini berlangsung dengan melihat secara langsung dan mengukur tingkat kekeruhan air pada filter. Filter dicuci dengan membilasnya dengan air dengan arah aliran yang berlawanan dengan arah aliran normal. Aliran air harus memiliki tekanan yang cukup untuk dapat melepaskan partikel-partikel yang menempel pada media, sehingga digunakan aliran air yang lebih besar atau dibantu dengan aliran udara yang dipompakan, atau dengan modifikasi teknis secara gravitasi.

### Metode Penelitian

#### Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data primer meliputi data waktu produksi, jumlah elemen kerja yang digunakan, dan jumlah job

#### Pengolahan Data

Dari data waktu produksi selanjutnya dilakukan pengolahan data guna

mendapatkan waktu standar yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu job pada tiap tahapan proses. Tahapan tahapannya meliputi uji kecukupan uji keseragaman, perhitungan waktu normal, *allowance* dan perhitungan waktu standar.

### Penjadwalan Elemen Kerja

Dengan menggunakan data waktu standard pengerjaan job pada masing masing mesin selanjutnya dibuat urutan pengerjaan job pada tiap mesin dengan menggunakan metode *Branch and Bound*. Karena dalam penelitian ini melibatkan jumlah job dan elemen (4 job 4 elemen kerja) maka untuk mendapatkan solusi penjadwalan beserta makespan dan total tardiness dibantu dengan menggunakan komputer.

### Pembahasan

Untuk data tiap *job* didapatkan dengan menjumlahkan tiap data proses. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan data waktu untuk tiap *job*.

**Tabel 1. Hasil Perhitungan Data Waktu Tiap Job (Detik)**

Mesin job	a	b	c	d	Jumlah
1	12	15	15	21	63
2	7	10	22	18	57
3	11	11	13	20	55
4	20	13	18	20	71

Ket:

1= Job proses filter 1

2= Job dimana pengembalian valve ke posisi semula filter 1

3= Job proses filter 2

4= Job dimana pengembalian valve ke posisi semula filter 2

Metode Penjadwalan produksi yang diterapkan di PDAM Tirta Musi Palembang pada saat ini adalah berdasarkan pengalaman yang ada. Hasil urutan produksi dengan metode yang diterapkan oleh perusahaan adalah [1-2-3-4]. Urutan tersebut

memunculkan *makespan* sebesar 122detik (2,033 Menit).

### Algoritma Branch and Bound

Adapun langkah langkah penjadwalan produksi dengan metode *Branch and Bound* antara lain sebagai berikut:

- Daftarkan semua pekerjaan yang akan dikerjakan dan waktu penyelesaian di tiap tiap mesin, kemudian cari *Lower Bound* (LB) pada node 1, 2, 3 dan 4.

**Tabel 2 Tabel Lower Bound**

Mesin	LB
1	12
2	7
3	11
4	13
Jumlah	43

- Membuat Percabangan iterasi 1

**Tabel 3 Tabel Lower Bound Iterasi 1**

• $LB\ 1a = 12+10+11+13 = 46$
• $LB\ 1b = 15+7+11+18 = 51$
• $LB\ 1c = 15+7+11+13 = 46$
• $LB\ 1d = 21+7+11+13 = 52$

- Membuat Node Selanjutnya iterasi 2

**Tabel 4 Tabel Lower Bound Iterasi 2**

LB 1a, 2b = 12+10+13+18 = 53	LB 1b, 2a = 15+7+13+18 = 53
LB 1a, 2c = 12+22+11+13 = 58	LB 1b, 2c = 15+22+11+20 = 68
LB 1a, 2d = 12+18+11+13 = 54	LB 1b, 2d = 15+18+11+18 = 62
LB 1c, 2a = 15+7+11+13 = 46	LB 1d, 2a = 21+7+11+13 = 52
LB 1c, 2b = 15+10+11+20 = 56	LB 1d, 2b = 21+10+11+18 = 60
LB 1c, 2d = 15+18+11+13 = 57	LB 1d, 2c = 21+22+11+13 = 67

d. Membuat Node Selanjutnya iterasi 3  
**Tabel 5 Tabel Lower Bound Iterasi 3**

LB a, b, c, d = 12+10+13+20 = 55 LB a, b, d, c = 12+10+20+18 = 60	LB c, a, b, d = 12+7+11+20 = 53 LB c, a, d, b = 15+7+20+13 = 55
LB a, c, b, d = 12+22+11+20 = 65 LB a, c, d, b = 12+22+20+13 = 67	LB c, b, a, d = 15+10+11+20 = 53 LB c, b, d, a = 15+10+20+20 = 65
LB a, d, b, c = 12+18+11+18 = 59 LB a, d, c, b = 12+18+13+13 = 56	LB c, d, a, b = 15+18+11+13 = 67 LB c, d, b, a = 15+18+11+20 = 64
LB b, a, c, d = 15+7+13+20 = 55 LB b, a, d, c = 15+7+20+18 = 60	LB d, a, b, c = 21+7+11+18 = 57 LB d, a, c, b = 21+7+13+13 = 54
LB b, c, a, d = 15+22+11+20 = 68 LB b, c, d, a = 15+22+20+20 = 77	LB d, b, a, c = 21+10+11+18 = 60 LB d, b, c, a = 21+10+13+20 = 64
LB b, d, a, c = 15+18+11+18 = 62 LB b, d, c, a = 15+18+13+20 = 66	LB d, c, a, b = 21+22+11+13 = 67 LB d, c, b, a = 21+22+11+20 = 74

Dengan demikian di dapatkan urutan penjadwalan *backwash* dengan menggunakan metode *Branch and Bound* adalah [3-1-2-4] dengan *makespan* sebesar 118 detik (1,96 menit).

Efisiensi nilai *makespan* penjadwalan *backwash*

$$efisiensi = \frac{122 - 118}{122} \times 100\%$$

$$= \frac{4}{122} \times 100\%$$

$$= 3,33\%$$

Penjadwalan produksi menekankan pada minimasi *makespan*, dengan anggapan semakin minimum *makespan* maka pekerjaan akan semakin cepat selesai, selain itu akan mengurangi waktu menganggur mesin dan pekerja. Dari pengolahan data yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa dengan menggunakan metode perusahaan, *makespan* yang dihasilkan adalah sebesar 122 detik (2,033 Menit), sedangkan

penjadwalan produksi dengan menggunakan metode *Branch and Bound* menghasilkan *makespan* sebesar 118 detik (1,96 menit), yang menunjukkan penyelesaian pekerjaan yang lebih singkat dengan selisih 4 detik atau mempunyai nilai efisiensi *makespan* sebesar 3,33%.

Dengan jumlah *makespan* yang lebih sedikit ini pula menunjukkan bahwa penggunaan metode *Branch and Bound* diharapkan dapat menjadi masukan untuk penjadwalan pada lantai *backwash* PDAM Tirta Musi Palembang. Rekomendasi perbaikan dalam sistem penjadwalan secara khusus dan sistem proses produksi secara umum adalah:

- Melakukan perbaikan penjadwalan. Perbaikan penjadwalan dilakukan dengan tujuan dapat meminimasi *makespan*. Sebelumnya PDAM Tirta Musi Palembang mengurutkan pekerjaan dengan urutan penjadwalan job 1-2-3-4 dengan menggunakan urutan penjadwalan dari metode *branch and bound* yaitu job 3-1-2-4 maka diperoleh minimasi *makespan* sebesar 4 detik.
- Peletakan *tool* yang digunakan operator dan pengadaan *tool* disesuaikan dengan kebutuhan proses *backwash*. Hal ini bertujuan untuk menghindari gerakan gerakan yang tidak diperlukan yang diakibatkan letak peralatan yang berjauhan dari area kerja.
- Untuk menjaga kinerja dari tiap mesin yang digunakan maka diperlukan perawatan yang utin terhadap mesin yang digunakan

### Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Perbaikan penjadwalan dilakukan dengan tujuan dapat meminimasi *makespan*. Sebelumnya PDAM Tirta Musi Palembang mengurutkan pekerjaan dengan urutan penjadwalan job 1-2-3-4 dengan

- menggunakan urutan penjadwalan dari metode *branch and bound* yaitu job 3-1-2-4
2. Metode penjadwalan yang diterapkan oleh PDAM Tirta Musi Palembang menghasilkan nilai makespan sebesar 122 detik (2,033 Menit).
  3. Dari hasil pengolahan data waktu proses 4 job dengan 4 tahap permesinan dari PDAM Tirta Musi Palembang dengan metode *Branch and Bound* didapatkan solusi optimal untuk penjadwalan *backwash* 4 job dengan nilai makespan sebesar 118 detik (1,96 menit).
  4. Penjadwalan *backwash* dengan menggunakan metode *Branch and Bound* dapat meminimasi makespan sebesar 4 detik atau sebesar 3,33% jika dibandingkan dengan metode yang diterapkan perusahaan

#### Saran

Dalam menjadwalkan *backwash* PDAM Tirta Musi Palembang diharapkan dapat memperbaiki metode penjadwalan yang ada dengan tidak mengurutkan pekerjaan menurut intuitif saja. Penjadwalan produksi dengan menggunakan metode *Branch and Bound* dapat digunakan sebagai alternatif untuk memperbaiki penjadwalan yang diterapkan perusahaan karena dapat meminimasi makespan tanpa mengurangi kualitas dari air.

#### Daftar Pustaka

- Arikunto, Suharsimi, 1993. *Prosedur Penelitian (Suatu Pendekatan Praktek)*, Jakarta, PT. Rineka Cipta.
- Baker, K.R., 1974. *Introduction To Sequencing And Scheduling*, New York, John Wiley & Sons.
- Bedworth, D.D., 1982. *Integrated Production Control Systems, Management, Analysis Design 2/E*. New York, John Wiley & Sons.
- Biegel, J.8., 1980. *Production Control : A Quantitative Approach*, New Delhi, Prentice Hall of India.
- Elsayed, E., 1994. *Analysis And Control of Production*, New Jersey, Prentice Hall International.
- Kusiak, A., 1990. *Intelligent Manufacturing Systems*, New Jersey, Prentice Hall International.
- Morton, T.E., and Pentico, D.W., 1993. *Heuristic Scheduling Systems*, New York, John Wiley & Sons.
- Pinedo, M., 1995. *Scheduling, Theory, Algorithm, And Systems*, New Jersey, Prentice Hall International.
- Taha, A.H., 1996. *Riset Operasi Suatu Pengantar*, Jakarta P.T. Binarupa Aksara.
- Wignjosoebroto.S.. 1995. *Ergonomi, Studi Gerak Dan Waktu*, Jakarta, P.T. Guna Widya