

MODEL OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI YANG TERINTEGRASI DENGAN MEMPERTIMBANGKAN FAKTOR BIAYA

Enty Nur Hayati

Dosen Fakultas Teknik Universitas Stikubank Semarang

**DINAMIKA
TEKNIK**
Vol. IV, No. 2
Juli 2010
Hal 34 - 43

Abstract

This handing out study model of optimasi scheduling of integrated production to cover determination of allocation activity of production, arrangement of operations of process of job shop and planning of capacities as integrated activity. Criterion the used is to fulfill order a number of product that happened at number of period from an planning horizon as a mean to total cost minimization.

Kata Kunci : Production Allocation, Scheduling of Shop Job, Planning of Capacities, Product Structure of Multi-Level.

PENDAHULUAN

Persoalan penjadwalan produksi pada dasarnya adalah pengalokasian sumber daya untuk menyelesaikan sekumpulan pekerjaan agar memenuhi kriteria tertentu. Kriteria tersebut dapat berupa waktu penyelesaian pekerjaan yang minimal, penggunaan sumber daya yang maksimal, meminimasi total biaya yang ditimbulkan dan kriteria-kriteria lainnya. Ada tiga aspek penting yang akan menentukan pemenuhan kriteria tersebut, yaitu penentuan ukuran lot produksi, penentuan urutan pekerjaan dan penentuan kapasitas produksi yang diperlukan (Tagawa, 1996).

Meski pada kenyataannya keputusan yang dibuat untuk salah satu aspek tersebut akan dipengaruhi atau mempengaruhi keputusan untuk aspek-aspek lainnya, tetapi kebanyakan penelitian hanya difokuskan pada salah satu aspek, seolah-olah ketiga aspek tersebut dapat diselesaikan secara terpisah. Hal ini dapat dilihat antara lain pada (Carlier dan Pinson, 1989), (Askin, 1993) dan (Doktor et. al., 1993) yang membahas penentuan jadwal operasi dari suatu proses *jobshop* untuk kondisi dimana ukuran lot produksi bukan sebagai besaran tertentu yang dinyatakan dengan waktu proses masing-masing operasi.

Dalam penentuan jadwal ini, kapasitas produksi diabaikan atau diasumsikan tidak terbatas. Sebaliknya, pembahasan mengenai ukuran lot

produksi pada umumnya dilakukan untuk kondisi dimana setiap produk yang harus dijadwalkan tidak mengalami konflik mesin dalam penggunaan mesin-mesin atau fasilitas produksi lainnya. Hal ini dapat dilihat antara lain pada (Gupta dan Keung, 1990), (Salomon et al., 1991), dan (Bruggemann dan Jahnke, 1994).

Makalah ini membahas model optimasi untuk penjadwalan produksi yang meliputi penentuan alokasi kegiatan produksi, pengaturan operasi-operasi, dan perencanaan kapasitas produksi sebagai suatu kegiatan yang terintegrasi. Kriteria yang digunakan adalah pemenuhan sejumlah pesanan dengan total biaya yang minimal untuk seluruh produk yang dipesan. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengintegrasikan perencanaan penjadwalan produksi dengan perencanaan kapasitas, tetapi masih terpisah dari rencana pengaturan operasi di rantai produksi (Billington, McClain, Thomas, 1983), (Bahl dan Ritzman, 1984), (Roll dan Karni, 1991), (Tempelmeier dan Helber, 1994). Perencanaan yang mengintegrasikan penentuan ukuran lot dan jadwal produksi dengan pengaturan setiap operasi pada mesin-mesin telah dilakukan oleh *Peres* dan *Lasserre*, tetapi hanya untuk item-item yang berstruktur *single-level* (Lasserre, 1992), (Peres dan Lasserre, 1994). Pengembangan untuk struktur produk multi-level diteliti oleh Dimiyati, dkk 1999 dengan mempertimbangkan waktu penyelesaian keseluruhan produk yang paling minimal. Model yang dikembangkan pada paper ini dimaksudkan untuk mengalokasikan order produksi agar diperoleh total biaya yang minimal meliputi biaya *regular*, biaya lembur, dan biaya subkontrak yang masih belum menjadi pertimbangan pada penelitian Dimiyati, dkk (1999).

KARAKTERISTIK PERSOALAN DAN ASUMSI

Karakteristik dari persoalan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut:

- Produk-produk yang dijadwalkan memiliki struktur *multi-level*, terdiri dari sejumlah komponen (*part*) yang dirakit menjadi produk akhir, sehingga proses pembuatannya meliputi permesinan dan perakitan.
- Horison perencanaan dinyatakan dalam T hari kerja sebagai periode perencanaan, dimana setiap hari kerja terdiri dari sejumlah unit waktu yang

dinyatakan dalam satuan menit.

- Pola permintaan produk pada suatu horison perencanaan ditentukan oleh pesanan yang terjadi pada horison tersebut dan tidak harus sama dengan pola permintaan pada Struktur *bill of material* untuk seluruh produk yang dipesan sudah diketahui dan dianggap tidak terjadi kesamaan komponen diantara produk-produk yang dipesan tersebut.
- Urutan proses pembuatan produk atau komponen diketahui dan dianggap tidak memiliki alternatif. Dengan kata lain, *routing* yang digunakan merupakan *routing* terbaik yang terpilih untuk dilaksanakan.
- Unit produk dan komponen yang dibuat pada setiap periode dinyatakan sebagai bilangan bulat.
- Setiap produk tidak memiliki persediaan awal dan tidak akan dibuat persediaan pada akhir periode T .

MODEL OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI TERINTEGRASI

Persoalan yang dimodelkan pada penelitian ini melibatkan proses pembuatan sejumlah produk berstruktur multi-level yang diproses melalui serangkaian operasi permesinan yang bersifat *jobshop* dan operasi perakitan. Karena itu, pengembangan model yang dilakukan dengan didasari pemikiran bahwa penjadwalan terhadap setiap lot produksi harus dilakukan dengan memperhatikan proses yang terjadi di lantai produksi, Karena waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh pesanan akan sangat tergantung pada urutan dan saat dimulainya operasi-operasi yang harus dilakukan.

Dalam perumusan model optimasi penjadwalan berikut digunakan notasi sebagai berikut :

t menyatakan periode.

T horizon (jumlah periode) perencanaan ($t = 1, \dots, T$).

P_{i0} menyatakan produk akhir i yang akan dijadwalkan, $i = 1, \dots, N$.

P_{ij} set dari induk-induk komponen j hingga produk akhir i .

$Z(P_{ij})$ set dari induk-induk komponen j hingga produk akhir i .

H_{ij} banyaknya komponen j yang dibutuhkan untuk membuat satu unit induk langsungnya.

Q_{i0t} variabel yang menyatakan jumlah unit produk akhir P_{i0} yang dibuat pada periode t . D_{i0t} permintaan produk i pada periode t .

A_t waktu (kapasitas) regular/normal yang digunakan pada periode t .

K_t kapasitas regular/normal yang digunakan pada periode t untuk membuat Q_{i0t} .

B_t waktu (kapasitas) cadangan yang digunakan pada periode t .

L_t kapasitas cadangan yang digunakan pada periode t untuk membuat Q_{i0t} .

N_{it} waktu subkontrak job ke- i dan periode t .

O_{ijkm} operasi ke- k untuk komponen P_{ij} yang dilakukan di mesin m , ($m = 1, \dots, M$)

S_{ijkm} variabel yang menyatakan saat dimulainya operasi O_{ijkm} . C_{ijkm} variabel yang menyatakan saat selesainya operasi O_{ijkm} . T_{ijkm} waktu proses operasi O_{ijkm} untuk setiap unit P_{ij} .

sum waktu set-up mesin m .

R_m saat siap mesin m untuk digunakan pada hari pertama penjadwalan.

z bobot untuk kapasitas regular-time (normal).

y bobot kapasitas *over-time* (cadangan).

w_i bobot untuk tardiness job ke- i .

Horison perencanaan yang lain, sehingga pola permintaannya bersifat multi periode dalam arti setiap produk mempunyai *due date* lebih dari satu. Kapasitas produksi pada periode t dinyatakan sebagai unit waktu yang tersedia pada periode yang bersangkutan. Penambahan kapasitas pada periode tertentu memungkinkan melalui lembur atau penambahan *shift* kerja, dengan jumlah unit waktu maksimal yang ditentukan. Asumsi yang digunakan dalam memodelkan persoalan ini adalah:

- Total waktu yang dibutuhkan untuk membuat satu unit produk tidak lebih panjang dari satu periode.

- Penentuan ukuran lot produksi dilakukan bukan untuk meminimalkan ongkos *set-up* dan ongkos persediaan *work in process* melainkan untuk mengalokasikan pemenuhan seluruh produk yang dipesan dengan memperhatikan urutan proses dari setiap produk dan komponennya.
- Struktur *bill of material* untuk seluruh produk yang dipesan sudah diketahui dan dianggap tidak terjadi kesamaan komponen diantara produk-produk yang dipesan tersebut.
- Urutan proses pembuatan produk atau komponen diketahui dan dianggap tidak memiliki alternatif. Dengan kata lain, *routing* yang digunakan merupakan *routing* terbaik yang terpilih untuk dilaksanakan.
- Unit produk dan komponen yang dibuat pada setiap periode dinyatakan sebagai bilangan bulat.
- Setiap produk tidak memiliki persediaan awal dan tidak akan dibuat persediaan pada akhir periode T .

MODEL OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI TERINTEGRASI

Persoalan yang dimodelkan pada penelitian ini melibatkan proses pembuatan sejumlah produk berstruktur multi-level yang diproses melalui serangkaian operasi permesinan yang bersifat *jobshop* dan operasi perakitan. Karena itu, pengembangan model yang dilakukan dengan didasari pemikiran bahwa penjadwalan terhadap setiap lot produksi harus dilakukan dengan memperhatikan proses yang terjadi di rantai produksi, Karena waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh pesanan akan sangat tergantung pada urutan dan saat dimulainya operasi-operasi yang harus dilakukan. Dalam perumusan model optimasi penjadwalan berikut digunakan notasi sebagai berikut:

t menyatakan periode.

T horizon (jumlah periode) perencanaan ($t = 1, \dots, T$).

P_{i0} menyatakan produk akhir i yang akan dijadwalkan, $i = 1, \dots, N$.

P_{ij} set dari induk-induk komponen j hingga produk akhir i .

$Z(P_{ij})$ set dari induk-induk komponen j hingga produk akhir i .

H_{ij} banyaknya komponen j yang dibutuhkan untuk membuat satu unit induk langsungnya.

Q_{i0t} variabel yang menyatakan jumlah unit produk akhir P_{i0} yang dibuat pada periode t . D_{i0t} permintaan produk i pada periode t .

A_t waktu (kapasitas) regular/normal yang digunakan pada periode t .

K_t kapasitas regular/normal yang digunakan pada periode t untuk membuat Q_{i0t} .

B_t waktu (kapasitas) cadangan yang digunakan pada periode t .

L_t kapasitas cadangan yang digunakan pada periode t untuk membuat Q_{i0t} .

N_{it} waktu subkontrak job ke- i dan periode t .

O_{ijkm} operasi ke- k untuk komponen P_{ij} yang dilakukan di mesin m , ($m = 1, \dots, M$)

S_{ijkm} variabel yang menyatakan saat dimulainya operasi O_{ijkm} . C_{ijkm} variabel yang menyatakan saat selesainya operasi O_{ijkm} . T_{ijkm} waktu proses operasi O_{ijkm} untuk setiap unit P_{ij} .

sum waktu set-up mesin m .

R_m saat siap mesin m untuk digunakan pada hari pertama penjadwalan.

z bobot untuk kapasitas regular-time (normal).

y bobot kapasitas *over-time* (cadangan).

w_i bobot untuk tardiness job ke- i .

Fungsi tujuannya adalah untuk meminimumkan total biaya yang minimum meliputi biaya *regular*, lembur dan subkontrak dan mempertimbangkan alternatif subkontrak apabila ternyata terdapat sejumlah pesanan yang melampaui kapasitas lembur yang tersedia. Tentunya dengan mendahulukan pemakaian kapasitas *regular* terlebih dahulu dibandingkan kapasitas lembur maupun subkontrak. Maka dengan meminimumkan total zK_t , yL_t , dan w_iN_{it} akan diperoleh total biaya yang minimum meliputi biaya *regular*, lembur, dan subkontrak.

4. CONTOH NUMERIK

Misalkan ada tiga jenis produk yang dipesan dengan data permintaan seperti pada Tabel 1 dan struktur untuk setiap produk adalah seperti pada Gambar 1. Data urutan proses, mesin yang digunakan dan waktu proses untuk setiap produk dan komponennya diperlihatkan pada Tabel 2 (waktu *set-up* mesin = 0). Sedangkan operasi yang dijadwalkan adalah seperti pada Gambar 2. Dengan tidak menghilangkan kemungkinan lainnya, persoalan diatas dapat diformulasikan dengan menggunakan parameter input sebagai berikut:

- Waktu siap mesin-mesin pada hari pertama adalah $R_m = 0$.
- Setiap hari kerja terdiri dari 8 jam kerja mesin, sehingga $K_t = 480$ menit/hari.
- Pada setiap hari kerja dibenarkan untuk melakukan lembur, dengan ketentuan maksimum 2 jam/hari, sehingga $B_t = 120$ menit.
- Biaya regular adalah Rp2,00, biaya lembur adalah Rp5,00, biaya subkontrak job 1 adalah Rp 6,00, biaya subkontrak job 2 adalah Rp8,00 dan biaya subkontrak job 3 adalah Rp 9,00.

Proses perhitungan dilakukan menggunakan software *LINDO-Hyper*. Solusi yang diperoleh merupakan jadwal optimal, karena selain menjawab masalah alokasi produksi pada setiap periode juga menentukan urutan dan saat mulai serta selesainya setiap operasi. Dari perhitungan menunjukkan hasil sebagai berikut :

Waktu pesanan mulai diproses, yaitu periode pertama menit ke-0, dan waktu pesanan selesai diproses adalah periode ketiga menit ke-2400. Ukuran lot periode pertama adalah $Q_{301}=15$, periode kedua adalah $Q_{202}=10$, dan periode ketiga adalah $Q_{103}=10$, $Q_{203}=5$, $Q_{303}=5$. Kapasitas periode pertama, untuk *regular* = 480 menit, lembur = 120 menit, dan untuk subkontrak = 75 menit. Kapasitas periode kedua adalah *regular* = 480 menit, lembur = 120 menit, dan subkontrak = 200 menit. Kapasitas periode ketiga adalah *regular* = 480 menit, lembur = 120 menit, dan subkontrak = 375 menit. Sehingga untuk menyelesaikan seluruh pesanan dibutuhkan penambahan kapasitas lembur dan subkontrak seperti diatas.

5. ANALISA

Dengan contoh numerik yang sama seperti diatas kemudian dilakukan analisa sensitivitas untuk perubahan atau variasi terhadap variabel-variabel berikut ini:

- Variasi biaya *regular* ataupun biaya lembur tidak akan mempengaruhi penjadwalan operasi-operasi ke mesin-mesin yang bersangkutan, dengan asumsi perubahan biaya yang dilakukan tetap memberikan bobot yang lebih besar untuk unsur *regular* dibandingkan lembur, sehingga pemakaian kapasitas *regular* akan selalu didahulukan. Sedangkan *objective function value*-nya akan semakin bertambah ataupun berkurang seiring dengan semakin besar atau kecilnya biaya *regular* dan biaya lembur.
- Variasi jumlah pesanan, biaya subkontrak, waktu proses, jumlah mesin dan struktur produk akan mempengaruhi penjadwalan operasi-operasi ke mesin-mesin yang bersangkutan. Begitu juga dengan *objective function value*-nya akan semakin bertambah ataupun berkurang seiring dengan semakin besar atau kecilnya jumlah pesanan, biaya subkontrak, waktu proses dan struktur produk tersebut. Sedangkan penambahan jumlah mesin akan membuat *objective function value*-nya semakin kecil, begitu juga sebaliknya jika terjadi pengurangan jumlah mesin. (lembur) yang berupa biaya *regular* dan biaya lembur, hal ini dimaksudkan agar pemakaian kapasitas *regular-time* lebih didahulukan dari pada *over-time*. Karena pada kenyataannya *over-time* itu digunakan pada saat kapasitas *regular* sudah tidak dapat digunakan untuk memenuhi permintaan. Begitu juga dengan subkontrak dilakukan pembobotan untuk masing-masing job sehingga job yang memiliki biaya terbesar akan dijadwalkan terlebih dahulu.

Model ini menjawab persoalan tidak adanya keterkaitan unsur biaya dalam model Dimiyati, dkk, dimana dalam model yang dikembangkan ini unsur biaya diikutsertakan dalam *objective function* (biaya ini dianggap sebagai bobot/ atau *weighted*). Sehingga fungsi tujuan dari model ini adalah meminimumkan total biaya yang meliputi biaya *regular*, biaya lembur dan biaya subkontrak.

KESIMPULAN

Model optimasi yang dikembangkan merupakan model penjadwalan yang dapat menentukan waktu mulai, waktu selesai, besar ukuran lot yang harus diproses dan besar kapasitas yang harus tersedia pada masing-masing periode untuk memenuhi sejumlah pesanan. Model optimasi yang dikembangkan memperhatikan proses pembuatan suatu produk, karena pada kenyataannya beberapa operasi dari proses tersebut mungkin bersaing dalam menggunakan suatu mesin. Oleh karena itu, penentuan ukuran lot produksi dimaksudkan untuk mengalokasikan pekerjaan yang harus dilakukan pada setiap hari kerja.

Model ini menjawab persoalan apabila terdapat sejumlah pesanan yang melebihi dari kapasitas lembur yang tersedia, oleh karena itu digunakan alternatif subkontrak untuk mengatasi pesanan yang tidak dapat dipenuhi oleh kapasitas lembur tersebut. Model ini memperhatikan adanya pembobotan antara *regular-time* dan *over-time* (lembur) yang berupa biaya *regular* dan biaya lembur, hal ini dimaksudkan agar pemakaian kapasitas *regular-time* lebih didahulukan dari pada *over-time*. Karena pada kenyataannya *over-time* itu digunakan pada saat kapasitas *regular* sudah tidak dapat digunakan untuk memenuhi permintaan. Begitu juga dengan subkontrak dilakukan pembobotan untuk masing-masing job sehingga job yang memiliki biaya terbesar akan dijadwalkan terlebih dahulu.

Model ini menjawab persoalan tidak adanya keterkaitan unsur biaya dalam model Dimiyati, dkk, dimana dalam model yang dikembangkan ini unsur biaya diikutsertakan dalam *objective function* (biaya ini dianggap sebagai bobot/ atau *weighted*). Sehingga fungsi tujuan dari model ini adalah meminimumkan total biaya yang meliputi biaya *regular*, biaya lembur dan biaya subkontrak.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar M.F., and R. Nagi, 1997. "Integrated Lot Sizing dan Schedulling for Just-in-Time Production of Complex Assemblies with Finite Set-ups", *International Journal of Production Research*, vol. 35, no. 5.
- Askin, R.G. and C.R. Stdanridge, 1993. *Modelling dan Analysis of*

Manufacturing Systems. John Wiley & Sons, Inc.

- Bahl, H.C. dan L.P. Ritzman, 1984. "An Integrated Model for Master Scheduling, Lot Sizing dan Capacity Requirement Planning", *Journal of Operation Research Society*, vol. 35, no. 5.
- Carlier, J. and E. Pinson, 1989. "An Algorithm for Solving the Job Shop Problem", *Management Science*, vol. 35.
- Dimiyati, T.T., dkk, 1999. "Model Optimasi untuk Integrasi Alokasi Produksi dengan Penjadwalan Operasi *Jobshop* dan Perencanaan Kapasitas", *Teknik dan Manajemen Industri*, no. 8.
- Gupta, Y.P., and Y. Keung, 1990. "A Review of Multi-stage Lotsizing Models", *International of Operation dan Production Management*, vol. 10, no. 9.
- Peres, S.D., and J.B. Lasserre, 1994. "Integration of Lotsizing dan Scheduling Decision in a Job Shop", *European Journal of Operation Research*, vol. 75, pp. 413-426.
- Roll, Y., and R. Karni, 1991. "Multi-Item Multi-Level Lotsizing with an Aggregate Capacity Constraint", *European Journal of Operational Research*, vol. 51, pp. 73-87.
- Salomon, M., L.G. Kroon, R. Kuik, dan L.N. Van Wassenhove, 1991. "Some Extentions of the Discrete Lotsizing dan Scheduling Problem", *Management Science*, vol. 37, no. 7.
- Tagawa, S., 1996. "A New Concept of *Jobshop* Scheduling System Hierarchical Decision Model", *International Journal of Production Economics*, vol. 44, no.12.
- Tempelmeier, H., and S. Helber, 1994. "A Heuristic for Dynamic Multi-Item Multi-Level Capacitated Lotsizing for General Product Structures", *European Journal of Operational Research*, vol 75, pp. 296-311.