

SIMULASI PERBANDINGAN

Algoritma Region Approach, Positional Weight, Dan Modie-Young DALAM EFISIENSI DAN KESEIMBANGAN LINI PRODUKSI

Teguh Baroto¹

ABSTRACT

Productivity is the main topic and always be increased in every industry. Productivity is equivalent with efficiency. In mass production, productivity can be expedients by applied of line balancing theories. There are many line balancing theory. Some line balancing algorithms are already mentioned by Moodie-Young, Helgeson-Binie, Kilbridge-Wester, etc. Every algorithm has a different procedure. It caused a different result and a different performance.

This research is aimed to compare three line balancing algorithm. The algorithm will be compared are Ranking Positional Weigt (by Helgeson-Binie), Moodie Young algorithm, and Region Approach (by Kilbridge Wester). The experiment occupied in laboratories by numerical simulation of many varian of precedence diagrams.

Based on the line efficiency and smoothing index, there are four result in this research. Firstly, Moodie Young algorithm appropriate for precedence diagram that start from one or more split operation then meet in one operation, and finish at one operation. Second, Ranking Positional Weight algorithm fit to be applied on precedence diagram start one operation, then separated, meet again, and finish at two or more operation. The third result, no one of precedence diagram is appropriated with Region Approach algorithm. As the final result, no one the best algorithm for precedence diagram with single straight path; or start from one or more operation, meet, separated, and finish on two or more operation; or begin on one operation, be one, separated, meet again, and finish on one operation.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan efisiensi produksi merupakan suatu alternatif untuk peningkatan kemampuan bersaing. Tingkat persaingan yang ketat antar industri menjadikan peningkatan penjualan harus diiringi dengan penurunan biaya produksi. Efisiensi tinggi akan dapat mereduksi biaya produksi yang pada akhirnya akan meningkatkan daya saing berupa penurunan harga jual produk ataupun pengalokasian biaya penghematan tersebut pada pos produktif.

Pada pabrik dengan aliran lurus (*flow shop*) dan bervolume sangat besar (*mass production*), perancangan lini produksi atau lini produksi di saat awal sangat berpengaruh terhadap efisiensi produksi (Martinich, 1997). Perancangan yang tidak tepat

akan mengakibatkan inefisiensi dalam jumlah produk, utilitas kerja, atau produktifitas (Riggs, 1997). Sebaliknya, perancangan yang tepat akan meningkatkan utilitas kerja dan produktifitas yang pada akhirnya akan memberikan penghematan biaya operasi.

Pada saat perancangan lini produksi ini konsep line balancing (dalam lingkup ilmu perencanaan dan pengendalian produksi / PPC) dapat diterapkan. Proses pembuatan produk umumnya memerlukan banyak operasi. Tiap operasi tentunya akan memiliki waktu pengerjaan yang berbeda-beda. Bila tiap operasi dilakukan oleh seorang operator, perbedaan waktu antar operasi ini akan mengakibatkan beban kerja yang berbeda-beda. Dengan kata lain, beban kerja antar operator adalah tidak seimbang. Kapasitas akan ditentukan oleh operasi dengan waktu terlama (Kostas, 1981).

¹ Teguh Baroto. Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Malang
Alamat Korespondensi : Perum. Tegalondo Asri 2 J23 Malang
Hp. 0811366238. Email. teguh@umm.ac.id

Akibat lainnya adalah operator pada operasi terlalu lama memiliki beban kerja tertinggi (Fogarty, 1991). Sementara pada operasi yang lebih rendah waktunya, operator akan memiliki beban kerja yang rendah atau sering menganggur (*idle*) pada tiap siklus pekerjaan. Pada akhirnya, *idle* ini adalah suatu pemborosan modal untuk membiayai kegiatan yang tidak produktif atau *idle* tersebut.

Konsep *line balancing* adalah bertujuan untuk meminimalkan total *idle* dalam proses produksi (Biegel, 1981). Dalam konsep ini, elemen-elemen operasi akan digabung-gabung menjadi beberapa stasiun kerja. Tujuan umum penggabungan ini adalah untuk mendapatkan rasio *delay / idle* (menganggur) yang serendah mungkin (Bedworth, 1997). Jika memungkinkan rasio *delay* ini diupayakan 0% yang berarti efisiensi sama dengan 100%. Dengan demikian, modal tidak akan teralokasi pada kegiatan menganggur. Sehingga penghematan biaya dapat diperoleh. Hasil penghematan biaya ini selanjutnya dapat digunakan untuk mengurangi harga jual atau dialokasikan pada kegiatan produktif lainnya. Akhirnya, daya saing produk diharapkan meningkat dalam pasar yang semakin ketat.

Dalam bidang ilmu PPC, dikenal berbagai alternatif prosedur (*algoritma*) dalam perancangan *line balancing* untuk mendapatkan efisiensi tertinggi. Beberapa diantaranya adalah:

- a. Metode Reggion Approach ('Kilbridge-Wester Heruistic')
- b. Metode Ranking Positional Weight ('Helgeson-Birnie Method').
- c. Metode 'Moodie Young'.
- d. Metode 'Immediate Updater First-Fit Heruistic'
- e. Metode 'Rank and Assign Heruistic'
- f. Metode 'Linear Programming'
- g. Metode Genetika

Setiap algoritma memiliki langkah-langkah yang unik sehingga hasil perancangan *line balancing* akan berbeda-beda pada masing-masing algoritma (Baroto, 2003). Semestinya, tidak ada metode terbaik. Pada kasus-kasus tertentu suatu algoritma akan memberikan efisiensi yang lebih tinggi dibanding dengan algoritma lainnya. Sepanjang pengetahuan peneliti, belum ada referensi khusus yang membahas masalah ini. Penelitian ini ditujukan untuk membuat simulasi

perbandingan antara algoritma *line balancing*. Hasil penelitian ini akan sangat membantu untuk pemilihan algoritma *line balancing* yang sesuai agar memberikan efisiensi tinggi.

Bahwasanya peningkatan efisiensi merupakan alternatif penting untuk peningkatan daya saing. Meminimalkan *idle* adalah salah satu cara peningkatan efisiensi. Penyusunan atau pengaturan operasi-operasi produksi (yang semula banyak) menjadi beberapa stasiun kerja (yang lebih sedikit) akan dapat menurunkan total menganggur (*idle*). Pengaturan operasi dapat dilakukan dengan aplikasi konsep *line balancing*. Dalam konsep *line balancing*, terdapat banyak alternatif prosedur/ algoritma.

Sebagai hipotesa, tiap algoritma semestinya akan memberikan model pengaturan stasiun kerja (pengelompokan operasi) yang berbeda-beda. Perbedaan model pengaturan ini akan menyebabkan perbedaan jumlah *idle*. Perbedaan jumlah *idle* akan mempengaruhi tingkat efisiensi.

Pertanyaannya adalah:

pada kasus-kasus seperti apakah suatu algoritma line balancing akan memberikan efisiensi tertinggi?

Penelitian ini diharapkan akan menemukan karakteristik kasus-kasus produksi yang memiliki efisiensi tinggi bila digunakan algoritma secara eksklusif. Bila eksklusifitas ini didapatkan, akan dapat dirumuskan suatu rekomendasi dalam pemilihan algoritma *line balancing*.

Sebagai batasan, yang dimaksud kasus adalah bagan proses operasi atau populer disebut Operation Process Chart (OPC). Dalam prosedur *line balancing*, OPC ini akan disederhanakan menjadi suatu *precedence diagram*. *Precedence* diagram adalah simbolisasi proses produksi menjadi tanda panah dan lingkaran.

Aliran proses produksi dari suatu departemen ke departemen yang lainnya membutuhkan waktu proses (waktu siklus) produk tersebut. Apabila terjadi hambatan atau ketidakefisienan dalam suatu departemen akan mengakibatkan tidak lancarnya aliran material ke departemen berikutnya, sehingga terjadi waktu menunggu (*delay time*) dan penumpukkan material (*material in proses storage*).

Dalam upaya menyeimbangkan lini produksi maka tujuan utama yang ingin dicapai adalah mendapatkan tingkat efisiensi yang tinggi bagi setiap departemen dan berusaha memenuhi rencana produksi yang telah ditetapkan, sehingga diupayakan untuk memenuhi perbedaan waktu kerja antar departemen dan memperkecil waktu tunggu.

Konsep keseimbangan lini produksi sangat cocok diterapkan untuk perusahaan bertipe produksi massal (Nahmias, 1997). Pada produksi massal, penyeimbangan lintasan ini akan sangat bermanfaat. Pada produksi massal, penurunan sedikit waktu siklus produksi akan memberikan penghematan besar dalam biaya produksi. Lini produksi yang seimbang, berarti tidak ada operasi-operasi yang menganggur (*idle*) juga akan memberikan efisiensi yang bermuara pada optimalitas biaya produksi (Elsayed, 1985).

Pada produksi massal, lini produksi yang seimbang juga akan memudahkan penyiapan fasilitas dan bahan-bahan pembantu. Beberapa perusahaan mengimplementasikan keseimbangan lintasan ini secara maksimal, disertai dengan pemasangan konveyor (Schroeder, 1989).

Dalam pengaturan lini produksi ini, teori *line balancing* sangat sesuai untuk diaplikasikan. Terdapat banyak teori *line balancing* berupa prosedur-prosedur tertentu atau lazim disebut algoritma. Tiap algoritma memiliki langkah-langkah yang unik sehingga hasil perancangan *line balancing* akan berbeda-beda pada masing-masing algoritma. Semestinya, tidak ada metode terbaik. Pada kasus-kasus tertentu suatu algoritma akan memberikan efisiensi yang lebih tinggi dibanding dengan algoritma lainnya. Dalam referensi, daftarnya sebagaimana terlampir, tidak ada teori mengenai perbandingan dan pemilihan algoritma tersebut. Dengan penelitian ini, maka dapat dibuat suatu rekomendasi mengenai perbandingan dan pemilihan algoritma tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan secara simulatif tiga algoritma perancangan *line balancing*. Hasil yang diharapkan adalah ditemukannya suatu kasus-kasus (*precedence diagram*) spesifik dimana setiap algoritma secara eksklusif akan memberikan efisiensi tinggi. Dengan

kata lain, apakah tiap algoritma akan memberikan efisiensi tinggi pada kasus tertentu dan tidak pada kasus lainnya. Lebih jelasnya, adakah hubungan antara pola *precedence diagram* dan algoritma terhadap tingkat efisiensi.

Penelitian ini bertujuan untuk:

mengetahui adakah pola precedence diagram tertentu yang bila diterapkan algoritma line balancing tertentu akan memberikan tingkat efisiensi yang tinggi.

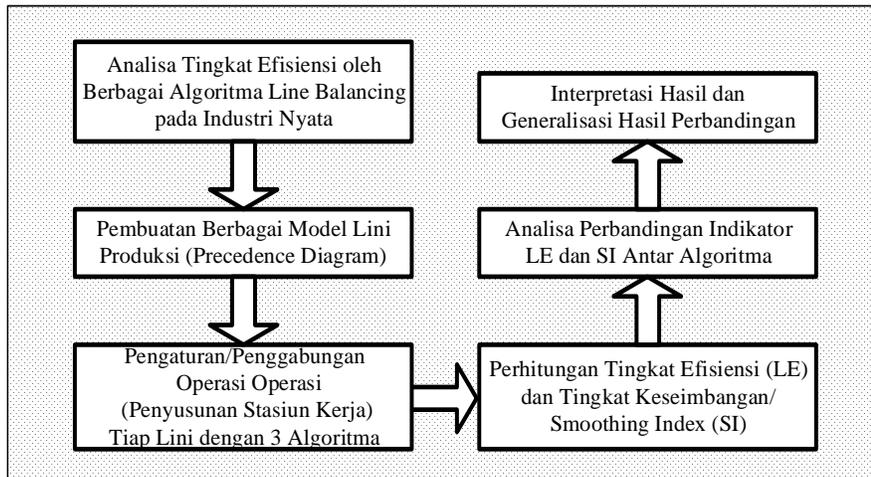
Penelitian ini akan menghasilkan teori untuk pemilihan algoritma *line balancing*. Dalam tinjauan pustaka, ulasan mengenai hal ini belum ada. Hasil penelitian ini akan dapat digunakan untuk melengkapi referensi mengenai *line balancing*. Dengan demikian, pihak industri ataupun akademisi akan terbantu dalam pemilihan algoritma yang sesuai untuk kasus-kasus produksi yang dihadapinya.

Hasil penelitian ini akan digabung dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya akan memberikan teori yang berarti dalam bidang ilmu perencanaan dan pengendalian produksi (PPC). Penelitian sebelumnya menghasilkan teori mengenai: pemilihan metode peramalan *time series* dan pemilihan metode penentuan jumlah produksi/pesanan (*lot sizing*).

2. METODE PENELITIAN.

Pelaksanaan penelitian secara singkat ditunjukkan pada (Gambar 1), pada gambar tersebut menjelaskan bagaimana alur pelaksanaan penelitian.

Berbagai macam tipe lini produksi akan dibuat secara subyektif dengan pertimbangan hasil analisa beberapa studi *line balancing* pada beberapa industri nyata. Hasilnya berupa *precedence diagram* dalam simbol panah dan lingkaran. Berikutnya, pada tiap lini akan dilakukan tiga macam cara pengaturan yang berbeda prosedurnya yaitu dengan menggunakan algoritma RPW, MY, dan RA.



Gambar 1. Alur Pelaksanaan Penelitian

Hasil pengaturan tersebut selanjutnya dihitung tingkat efisiensinya menggunakan rumus Penyederhanaan Operasi kelompok Operasi (Penyusunan Stasiun Kerja) (LE) dan tingkat keseimbangan atau *Smoothing Index* (SI). Ketiga algoritma selanjutnya akan dibandingkan dalam kriteria LE dan SI. *Precedence* diagram yang memiliki LE & SI tinggi untuk tiap algoritma akan dikelompokkan. Berikutnya, semaksimal mungkin akan diupayakan penarikan kesimpulan mengenai karakteristik algoritma dan *precedence* diagram yang sesuai.

Kesimpulan selanjutnya digeneralisasi dan ditentukan asumsi-asumsi yang mendasarinya sehingga perkecualian-perkecualian dapat dijelaskan. Langkah-langkah di atas akan diulang-ulang sampai didapat hasil yang layak seperti dimaksud dalam tujuan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Precedence diagram yang dimunculkan berjumlah 16 macam dengan tipe yang berbeda satu sama lain. Ada 3 kelompok dalam ke-16 *precedence*. *Precedence* diagram kelompok I secara umum memiliki aliran proses bertipe lurus. *Precedence* kelompok II membentuk rangkaian tertutup, aliran proses awalnya terpisah kemudian bertemu dalam satu elemen operasi kemudian bercabang, bertemu lagi, demikian seterusnya. *Precedence* diagram kelompok III aliran proses cenderung lurus, tidak teratur, dan tidak membentuk aliran tertutup. Penyusunan 3 kelompok *precedence* ini didasarkan pada hipotesa

yang disusun berdasar analisa perbedaan ketiga algoritma line balancing. Kelompok I diduga eksklusif untuk algoritma Ranking Positional Weight, kelompok II untuk Region Approach, dan kelompok III untuk Moodie Young.

Tiap jenis *precedence* terdiri dari 10 aktivitas atau elemen kerja. Total waktu seluruh elemen kerja dalam tiap *precedence* adalah 40 satuan waktu. Tidak penting dalam hal ini mengenai berapa jumlah aktifitas dalam tiap *precedence*. Dalam penelitian ini jumlah elemen kerja dalam tiap *precedence* diagram juga dibuat sama. Semua faktor yang tidak diteliti dalam hal ini diupayakan sama agar perbedaan indikator nantinya dapat benar-benar hanya disebabkan oleh perbedaan algoritma.

Satuan waktu dipilih sebesar 40 (yang merupakan bilangan bulat yang dapat menjadi pohon akar) agar memungkinkan *Line Efficiency* (LE) 100%. Diharapkan LE 100% terdiri dari beberapa alternatif misalnya 4 operator dengan CT 10 sehingga $4 \times 10 = 40$. Bisa pula operator 5 dengan CT 8, atau alternatif lainnya. Selanjutnya, perhitungan line efficiency nantinya akan menggunakan waktu siklus (cycle time / CT) 10 satuan waktu dan 12 satuan waktu. Pada CT 10 diharapkan untuk mendapatkan line efficiency 100% jika jumlah stasiun kerja yang dirancang lewat algoritma tertentu adalah 4 unit. Sehingga total waktu stasiun = 40 dan waktu siklus dikali jumlah stasiun yaitu 4 unit juga 40. Dengan demikian line efficiency (LE) terbesar adalah 100%.

Pada percobaan selanjutnya, akan digunakan CT = 12 satuan waktu. Dengan CT 12, jumlah stasiun kerja minimal adalah 4 unit, maka LE tertinggi yang dapat diperoleh adalah 40 dibagi 4 kali 12 yaitu 83.3%. Ketiga algoritma diharapkan untuk memenuhi LE ini atau lebih rendah. Hal ini dimungkinkan karena tiap precedence diagram telah dirancang sedemikian hingga.

Diharapkan dengan teknik penyusunan seperti ini, tiap algoritma line balancing akan memberikan skor LE dan Smoothing Index (SI) yang berbeda-beda untuk precedence yang sama. Dengan demikian analisa akan mudah dilakukan untuk mengelompokkan precedence-precedence yang memiliki LE tertinggi dan SI terkecil pada masing-masing algoritma yang diteliti.

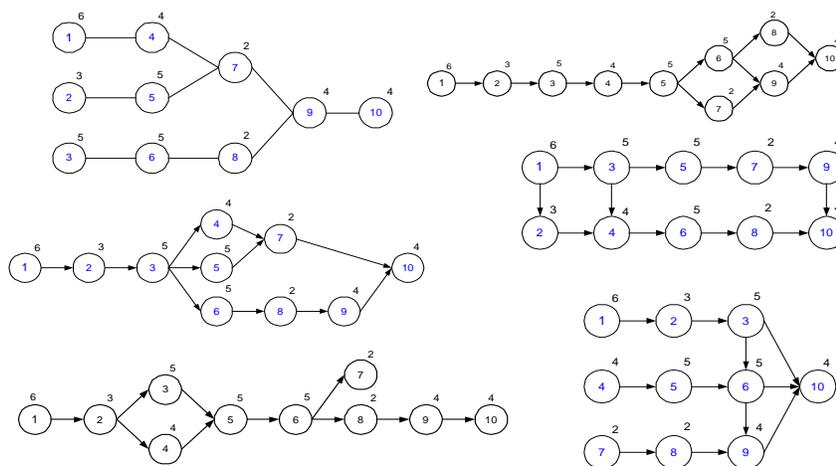
Ke 16 data precedence ini selanjutnya diuji dengan prosedur seperti tercantum di metodologi penelitian. Pada pemunculan yang pertama ke 16 precedence yang dibuat kurang memberikan gambaran sebagaimana yang diharapkan. Pembuatan selanjutnya diulang sampai beberapa kali.

Tujuan semua algoritma line balancing adalah menyusun atau mengelompokkan elemen-elemen operasi menjadi beberapa stasiun kerja agar LE = 100% dan SI = 0. Jumlah stasiun kerja adalah pasti lebih sedikit dibanding jumlah elemen operasi. Angka 100% untuk LE dan 0 untuk SI ini adalah angka maksimal dan ideal, dimana dalam praktek sulit didapat.

Disini digunakan dua tingkat waktu siklus (CT) yaitu 10 dan 12. Penggunaan CT 10 diharapkan berefek diperolehnya LE 100%. Sedangkan CT 12 adalah untuk kontrol jika (diharapkan) LE < 100%. Dengan demikian akan ada 6 teknik perhitungan (line balancing) yang akan diterapkan untuk tiap precedence. Pertama adalah perhitungan dengan algoritma RPW pada CT=10, II adalah RPW dengan CT=12. Ketiga adalah menggunakan algoritma Moodie Young dengan CT=10, IV Moodie Young dengan CT=12. Kelima adalah dengan algoritma Regional Approach (RA) pada CT=10, VI untuk RA dengan CT=12.

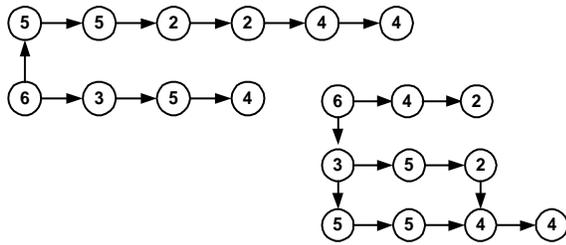
Selanjutnya setiap precedence diagram diolah dengan 3 metode yaitu RPW, Moodie young serta RA dengan dua macam CT yaitu CT=10 dan CT=12 satuan waktu. Teknis perhitungan line balancing ke 16 precedence diagram tidak akan diberikan dalam laporan ini. Disini hanya akan ditampilkan hasil penyusunan stasiun kerjanya saja untuk di analisa LE dan SI nya. Teknik perhitungan prosedurnya dapat dilihat kembali di studi referensi untuk masing-masing algoritma. Dengan demikian, dalam penelitian ini akhirnya akan terdapat sebanyak 96 penyusunan line balancing dan perhitungan LE serta SI.

Untuk membuat generalisasi, gambar precedence diagram harus disusun dan diringkas terlebih dahulu. Setelah itu, precedence diagram dalam tiap kelompok dinyatakan dalam suatu teori berdasar kemiripan karakteristiknya. Berikut ini generalisasi yang dapat dilakukan.



Gambar 2. Algoritma Moodie Young memberikan hasil yang lebih baik dibanding algoritma Ranking Positional Weight dan Region Approach pada precedence diagram.

Gambar 3. Algoritma Ranking Positional Weight memberikan hasil yang lebih baik dibanding algoritma Moodie Young dan Region Approach pada precedence diagram seperti berikut.



Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk precedence yang lain, algoritma Ranking Positional Weight atau Moodie Young tidak memberikan hasil yang lebih baik dibanding kedua algoritma yang lainnya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasar keenam belas precedence yang dimunculkan, dan dengan kriteria tingkat efisiensi (line efficiency) dan tingkat keseimbangan (smoothing index), maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini:

- a. Algoritma Moodie Young cocok digunakan untuk precedence diagram yang berawal dari 1 atau banyak operasi terpisah namun menyatu dalam suatu elemen operasi dan diakhiri pada satu elemen operasi.
- b. Algoritma Ranking Positional Weight cocok digunakan untuk precedence diagram yang dimulai dari satu operasi dan selanjutnya bercabang menjadi dua atau lebih dan selanjutnya diakhiri pada lebih dari satu operasi.
- c. Tidak ada suatu precedence diagram spesifik yang cocok untuk algoritma Region Approach.
- d. Tidak ada algoritma terbaik untuk precedence diagram berbentuk:
 - satu jalur lurus
 - berawal dari satu atau banyak operasi mandiri, bertemu lalu bercabang, dan berakhir pada banyak elemen operasi.
 - berawal dari satu operasi bercabang, bertemu lagi disatu elemen operasi, bercabang lagi, dan bersatu lagi serta berakhir pada satu elemen.
- e. Terdapat beberapa fenomena mengenai dua algoritma memberikan efisiensi dan keseimbangan yang sama namun memiliki penyusunan atau pengelompokan stasiun kerja yang berbeda.

Masih terdapat beberapa perkecualian untuk kesimpulan yang dihasilkan namun dalam penelitian ini diabaikan. Untuk itu diperlukan penelitian lanjutan yang lebih memfokuskan untuk masalah ini dengan cara memunculkan lebih banyak precedence diagram berkarakteristik seperti perkecualian tersebut namun berbeda-beda. Penelitian simulasi konkret atau praktik juga diperlukan untuk mengeksplorasi lebih lanjut kesimpulan mengenai adanya susunan stasiun kerja yang berbeda dan memiliki efisiensi dan keseimbangan sama. Dengan ini diharapkan untuk diketahui indikator-indikator real yang dapat memperkaya pertimbangan mengenai pemilihan algoritma.

DAFTAR PUSTAKA

- Bedworth, David D.; Bailey, James; Integrated Production Control Systems Management, Analysis and Design; John Wiley & Sons; New York; 1997
- Biegel, John E.; Production Control: A Quantitative Approach; 2nd Edition, 1981
- Dervitsiotis, Kostas N.; Operation Management, International Student Edition; McGraw-Hill Inc; 1981
- Elsayed, Elsayed A.; Analysis and Control of Production Systems; Prentice Hall Inc, New York; 1985
- Fogarty, Blackstone; Hoffman; Procuction and Inventory Management, 2nd Edition; South-Western Co; Ohio; 1991
- Martinich, Joseph S.; Production and Operation Management : An Applied Modern Approach; John Wiley & Sons; 1997
- Nahmias, Steven; Production and Opertion Analysis, McGraw Hill Inc; 1997
- Riggs, James L.; Production System: Planning, analysis and Control; 4th Edition; John Wiley & Sons; New York; 1987
- Schroeder; Opertion Management; 3th Edition; McGraw-Hill; 1989