



MODUL ANALISIS PERANCANGAN PERUSAHAAN

(TKT 304)

MODUL 4

Perancangan Proses dan Pengukuran Waktu Kerja

DISUSUN OLEH

ARIEF SUWANDI, ST., MT.

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2019

Assalaamu'alaikum,

Puji syukur senantiasa kita panjatkan kepada Alloh SWT dengan mengucapkan alhamdulillah,

“Selamat Datang” kepada para mahasiswa, selamat datang dalam pembelajaran online mata kuliah Analisis Perancangan Perusahaan. Mata kuliah ini dapat diikuti oleh mahasiswa program studi Teknik Industri.

Mata kuliah ini dapat diikuti oleh mahasiswa kelas paralel di semester berapa pun dan tidak memerlukan prasyarat mata kuliah tertentu. Mata kuliah merupakan bekal bagi calon sarjana yang harus membiasakan diri untuk berpikir secara ilmiah dalam mempelajari berbagai bidang studi di perguruan tinggi dan dapat digunakan untuk memecahkan masalah-masalah keilmuan, pekerjaan dan permasalahan hidup lainnya dengan langkah-langkah yang ilmiah.

IDENTITAS DOSEN

Nama Dosen : Arief Suwandi, ST., MT.

Alamat Email : arief.suwandi@esaunggul.ac.id

IDENTITAS MATA KULIAH

1. Nama mata kuliah : Analisis Perancangan Perusahaan
2. Kode mata kuliah : TKT 403
3. Program studi : Teknik Industri
4. Fakultas : Teknik

DESKRIPSI MATA KULIAH

Mata kuliah ini memberikan pemahaman tentang studi kelayakan bisnis, dan membentuk kemampuan memahami konsep pengembangan usaha dan kaitannya dengan konsep perancangan sistem integral, Disamping itu, memberikan pemahaman tentang bagaimana mengembangkan usaha dan bisnis, dan memberikan pemahaman tentang bagaimana membangun organisasi dan perusahaan.

TUJUAN PERKULIAHAN

Setelah selesai pembelajaran diharapkan mahasiswa mampu :

1. Mahasiswa mampu menerangkan dan memahami konsep bisnis dan perencanaan strategis.
2. Mahasiswa mampu dan memahami konsep pelaksanaan riset kebutuhan dan keinginan konsumen
3. Mahasiswa mampu membuat rancangan, dan modifikasi suatu produk
4. Mahasiswa mampu memahami Perancangan proses dan pengukuran waktu kerja
5. Mahasiswa mampu melakukan analisis pasar berdasarkan segmentasi, bauran dan perilaku konsumen pasar serta target pasar

1. Pengukuran Waktu Kerja

Pendapat yang dikemukakan oleh Wignjosoebroto (2003), penelitian kerja dan metode dan metode kerja pada dasarnya akan memusatkan perhatiannya pada bagaimana (*how*) suatu macam pekerjaan akan diselesaikan. Dengan mengaplikasikan prinsip dan teknik pengaturan kerja yang optimal dalam sistem kerja tersebut, maka akan diperoleh *alternative* metode pelaksanaan kerja yang dianggap memberikan hasil yang paling efektif dan efisien. Suatu pekerjaan akan diselesaikan secara efisien apabila waktu penyelesaiannya dikerjakan paling singkat. Untuk menghitung waktu baku (*standart time*) penyelesaian pekerjaan guna memilih alternatif metode kerja yang terbaik, maka perlu diterapkan prinsip-prinsip dan teknik pengukuran kerja (*work measurement* atau *time study*). Pengukuran waktu kerja ini akan berhubungan dengan usaha-usaha untuk menetapkan waktu baku yang dibutuhkan guna menyelesaikan suatu pekerjaan. Secara singkat pengukuran waktu kerja adalah metode penetapan keseimbangan antara kegiatan manusia yang dikontribusikan dengan unit output yang dihasilkan.

Waktu baku sangat berguna untuk :

1. Perancangan kebutuhan tenaga kerja (*Man Power Planning*).
2. Estimasi biaya-biaya untuk upah karyawan/ pekerja.
3. Penjadwalan produksi dan penganggaran
4. Perencanaan sistem pemberian bonus dan insentif bagi karyawan atau pekerja yang berprestasi.
5. Indikasi keluaran (*output*) yang mampu dihasilkan oleh pekerja.

Teknik-teknik pengukuran waktu dibagi kedalam dua bagian yaitu:

- 1) Pengukuran waktu secara langsung

Pengukuran ini dilaksanakan secara langsung yaitu pada tempat pekerjaan yang bersangkutan dijalankan. Misalnya pengukuran kerja dengan jam henti (*stopwatch time study*) dan sampling kerja (*work sampling*).

Langkah-Langkah Sebelum Melakukan Pengukuran

Menurut Satalaksana (2006), untuk mendapatkan hasil yang baik dalam pengukuran waktu kerja, ada langkah-langkah yang harus dilakukan, dibawah ini adalah sebagian langkah yang perlu dilakukan :

1. Penetapan Tujuan Pengukuran.

Dalam melakukan pengukuran waktu, hal-hal penting yang harus diketahui dan ditetapkan adalah untuk apa hasil pengukuran digunakan, berapa tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang diinginkan dari hasil pengukuran tersebut.

2. Melakukan Penelitian Pendahuluan

Tujuan utama dari aktivitas pengukuran kerja adalah waktu baku yang harus dicapai oleh seorang pekerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Waktu baku yang ditetapkan untuk suatu pekerjaan tidak akan benar apabila metoda untuk melaksanakan pekerjaan tersebut berubah, material yang dipergunakan sudah tidak lagi sesuai dengan spesifikasi semula, kecepatan kerja mesin atau proses produksi lainnya berubah pula, atau kondisi-kondisi kerja lainnya sudah berbeda dengan kondisi kerja pada saat waktu baku tersebut ditetapkan jadi waktu baku pada dasarnya adalah waktu penyelesaian pekerjaan untuk suatu sistem kerja yang dijalankan pada saat pengukuran berlangsung sehingga waktu penyelesaian tersebut juga hanya berlaku untuk sistem kerja tersebut.

3. Memilih Operator.

Operator yang melakukan pekerjaan harus memenuhi persyaratan tertentu agar pengukuran dapat berjalan baik. Syarat-syarat tersebut adalah berkemampuan normal dan dapat diajak bekerja sama. Operator yang dipilih adalah pekerja yang pada saat pengukuran dilakukan dapat bekerja secara wajar dan operator mampu bekerja sama dengan pengamat.

$\sum Xi$: total waktu pengamatan

- Standart Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{X})^2}{N-1}}$$

Dimana :
Xi : hasil pengukuran data ke i
X : rata-rata waktu pengamatan
 σ : standart deviasi
N : jumlah pengamatan

Uji Kecukupan Data

Menurut Sutalaksana (2006), Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diambil dari lapangan penelitian telah mencukupi untuk digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada. Misalkan serangkaian pengukuran pendahuluan telah dilakukan dan hasil pengukuran ini dapat dikelompokkan ke dalam N sampel, dimana :

N = Jumlah pengamatan pendahuluan
N' = Jumlah pengamatan yang diperlukan
 σ = Standar deviasi data pengamatan

Dengan menetapkan tingkat keyakinan 95% dan tingkat ketelitian 5% memberi arti bahwa pengukur memperbolehkan rata-rata hasil pengukurannya menyimpang sebesar 10% dari rata-rata sebenarnya dan kemungkinan mendapatkan hasil tersebut adalah 95%. Dengan kata lain jika pengukur sampai memperoleh rata-rata pengukuran yang menyimpang lebih dari 10% seharusnya, hal ini dibolehkan terjadi hanya dengan kemungkinan 5%.

Besarnya pengamatan yang dibutuhkan (N') adalah:

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N(\sum Xi^2) - (\sum xi)^2}}{\sum xi} \right]$$

Dimana :

N' : jumlah pengukuran yang diperlukan
N : jumlah pengukuran yang dilakukan
X : waktu pengamatan
S : derajat ketelitian

Untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan, hal pertama yang dilakukan adalah pengukuran pendahuluan. Tujuan melakukan pengukuran pendahuluan ialah untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan untuk tingkat-tingkat ketelitian dan kepercayaan yang digunakan. Jika diperoleh dari pengujian tersebut ternyata $N' > N$, maka diperlukan pengukuran tambahan, tapi jika $N' < N$ maka data pengukuran pendahuluan sudah mencukupi.

Penyesuaian Waktu Dengan *Rating Performance Kerja*

Untuk menormalisasi waktu kerja yang diperoleh dari hasil pengamatan, maka hal ini dilakukan dengan mengadakan penyesuaian yaitu dengan cara mengalikan waktu pengamatan rata-rata (bisa waktu siklus ataupun waktu untuk tiap-tiap elemen) dengan faktor penyesuaian atau rating "P". Dari faktor ini adalah sebagai berikut :

- Apabila operator dinyatakan terlalu cepat yaitu bekerja diatas batas kewajaran (normal) maka *rating* faktor ini akan lebih besar dari pada satu ($p > 1$ ataupun $p > 100\%$).
- Apabila operator bekerja terlalu lambat yaitu bekerja dengan kecepatan dibawah kewajaran (normal) maka *rating* faktor akan lebih kecil dari pada satu ($p < 1$ ataupun $p < 100\%$).
- Apabila operator bekerja secara normal atau wajar maka *rating* faktor yang diambil sama dengan satu ($p = 1$ ataupun $p = 100\%$). Untuk kondisi kerja dimana operasi secara penuh dilaksanakan oleh mesin (*operating* atau *machine time*) maka waktu yang diukur dianggap waktu normal.

Berikut ini adalah uraian beberapa sistem untuk memberikan rating yang umumnya diaplikasikan aktifitas pengukuran kerja :

1. *Skill dan Effort Rating*

Di sini faktor yang diperhatikan adalah kecakapan dan usaha-usaha yang ditunjukkan oleh operator pada saat bekerja, juga mempertimbangkan kelonggaran (*allowance*) waktu lainnya.

2. *Westing House System's Rating*

Westing house company (1927) juga ikut memperkenalkan sistem yang dianggap lebih lengkap dibandingkan sistem yang dilaksanakan oleh Bedaux. Disini selain kecakapan (*skill*) dan usaha (*effort*) yang telah dinyatakan oleh Bedaux sebagai faktor yang mempengaruhi *performance* manusia, maka *westing house* menambahkan lagi dengan kondisi kerja (*working condition*) dan (*consistency*) dari operator didalam melakukan kerja. Tabel *Performance rating* dapat dilihat pada tabel 2.1

3. *Synthetic Rating*

Metode ini mengevaluasi kecepatan operator berdasarkan data waktu gerakan yang telah ditentukan terlebih dahulu. Prosedurnya adalah dengan mengukur waktu penyelesaian dari setiap elemen gerakan kemudian dibandingkan dengan waktu aktual dari data tabel waktu gerakan untuk kemudian dihitung harga rata-ratanya. Harga rata-rata inilah yang digunakan sebagai faktor penyesuaian.

4. *Performance Rating atau Speed Rating*

Sejauh ini nilai rating faktor yang paling banyak digunakan pada negara ini dipengaruhi oleh kecepatan operator, gerakan, atau tempo. Rating factor dapat dinyatakan dalam sistem persentase, dalam poin per jam, atau pada unit lain.

Tabel 2.1 Tabel *Performance Ratings* dengan Sistem Westinghouse

<i>SKILL</i>			<i>EFFORT</i>		
+ 0,15	A1	Superskill	+ 0,13	A1	Superskill
+ 0,13	A2		+ 0,12	A2	
+ 0,11	B1	Excellent	+ 0,10	B1	Excellent
+ 0,08	B2		+ 0,08	B2	
+ 0,06	C1	Good	+0,05	C1	Good
+ 0,03	C2		+0,02	C2	
0,00	D	Average	0,00	D	Average
- 0,05	E1	Fair	- 0,04	E1	Fair
- 0,10	E2		- 0,08	E2	
- 0,16	F1	Poor	- 0,12	F1	Poor
- 0,22	F2		- 0,17	F2	
<i>CONDITION</i>			<i>CONSISTENCY</i>		
+0,06	A	Ideal	+0,04	A	Ideal
+0,04	B	Excellent	+0,03	B	Excellent
+0,02	C	Good	+0,01	C	Good
0,00	D	Average	0,00	D	Average
-0,03	E	Fair	-0,02	E	Fair
-0,07	F	Poor	-0,04	F	Poor

Sumber : Wignjosubroto (2013)

Penetapan Waktu Longgar

Waktu normal untuk suatu elemen kerja adalah semata-mata menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi bekerja menyelesaikan pekerjaan pada kecepatan normal. Karena ini dibutuhkan kelonggaran dalam menyelesaikan pekerjaan yang sering disebut dengan *allowance*.

Kelonggaran ada 3 yang terdiri dari:

1. *Personal allowance* (Untuk kebutuhan pribadi).

Personal allowance adalah jumlah waktu yang diijinkan untuk operator yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pribadi. Yang termasuk kebutuhan pribadi disini adalah minum untuk menghilangkan rasa haus, ke kamar kecil,

bercakap-cakap sekedarnya dengan teman sekerja untuk menghilangkan kejenuhan ataupun ketegangan dalam bekerja. Untuk pekerjaan dimana operator bekerja selama 8 jam sehari besarnya *allowance* berkisar 2 - 2,5% di negara maju sedangkan di negara berkembang diberikan 5 - 15%.

2. *Delay allowance* (Hambatan-hambatan yang tidak dapat dihilangkan).

Dalam melaksanakan pekerjaannya, pekerja tidak akan lepas dari berbagai hambatan. Ada hambatan yang dapat dihindarkan seperti mengobrol dengan sengaja. Bagi hambatan pertama jelas tidak ada pilihan selain menghilangkannya, sedangkan yang kedua harus diusahakan serendah mungkin, hambatan akan tetap ada dan karena itu harus tetap diperhitungkan dalam melakukan perhitungan waktu standar.

Beberapa contoh yang termasuk dalam hambatan tak terhindarkan adalah :

- a. Menerima atau meminta petunjuk kepada pengawas,
- b. Melakukan penyesuaian-penyesuaian mesin,
- c. Memperbaiki kemacetan-kemacetan singkat, seperti mengganti alat potong yang patah
- d. Memasang kembali ban yang lepas,
- e. Mengasah peralatan potong,
- f. Mengambil alat-alat atau bahan-bahan khusus dari gudang
- g. Hambatan-hambatan karena kesalahan pemakaian alat ataupun bahan.

3. *Fatigue allowance* (Menghilangkan kelelahan).

Kelelahan (*fatigue*) dapat dilihat dengan menurunnya hasil produksi baik kualitas maupun kuantitas atau dengan perkataan lain rasa lelah itu dapat dilihat dari menurunnya kualitas kerja operator. *Fatigue allowance* terdiri dari dua bagian, yaitu kelonggaran tetap (*basic allowance*) dan variabel *allowance*.

Perhitungan Waktu Standar

Waktu standar suatu pekerjaan adalah jumlah waktu standard dari masing-masing elemen pekerjaan. Waktu standar ini merupakan waktu yang digunakan untuk menyelesaikan satu siklus pekerjaan yang dilakukan menurut metode kerja tertentu pada kecepatan normal dengan mempertimbangkan *rating performance* dan kelonggaran. Waktu standar terutama sekali diperlukan dalam :

1. *Man power planning* (perencanaan kebutuhan tenaga kerja).
2. Estimasi biaya-biaya untuk upah karyawan.
3. Penjadwalan produksi dan penganggaran.
4. Perencanaan sistem pemberian bonus dan insentif bagi karyawan yang berprestasi.
5. Indikasi keluaran (output) yang mampu dihasilkan oleh seorang pekerja.

Untuk menghitung waktu standar perlu dihitung waktu siklus rata-rata yang disebut dengan waktu terpilih, rating factor, waktu normal dan kelonggaran (*allowance*).

$$W_n = W_s * P$$

dimana : W_n = Waktu normal

W_s = waktu siklus

P = penyesuaian *performance rating* kerja

$$W_b = W_n * \frac{100\%}{100\% - allowance}$$

dimana : W_b = Waktu Baku

Penjadwalan Produksi

Pengertian Penjadwalan

Penjadwalan adalah pengurutan pembuatan atau pengerjaan produk secara menyeluruh yang dikerjakan pada beberapa buah mesin. Dengan demikian masalah *sequencing* senantiasa melibatkan pengerjaan sejumlah komponen yang sering disebut dengan istilah “*job*”. *Job* sendiri merupakan komposisi dari sejumlah elemen-elemen dasar yang disebut aktivitas atau operasi. Tiap aktivitas atau operasi ini membutuhkan alokasi sumber daya tertentu selama periode waktu tertentu yang disebut dengan waktu proses (Ginting, 2009).

Penjadwalan merupakan alat ukur yang baik bagi perencanaan agregat. Pesanan-pesanan aktual pada tahap ini akan ditugaskan pertama kalinya pada sumber daya tertentu (fasilitas, pekerja, dan peralatan), kemudian dilakukan pengurutan kerja pada tiap-tiap pusat pemrosesan sehingga dicapai optimalitas utilisasi kapasitas yang ada. Pada penjadwalan ini, permintaan akan produk- produk tertentu (jenis dan jumlah) dari MPS akan ditugaskan pada pusat-pusat pemrosesan tertentu untuk periode harian.

Pengertian penjadwalan secara umum dapat diartikan seperti : “*scheduling is the allocation of resources overtime to perform collection of risk*”, yang artinya penjadwalan adalah pengalokasian sumber daya yang terbatas untuk mengerjakan sejumlah pekerjaan. Permasalahan muncul apabila pada tahapan operasi tertentu beberapa atau seluruh pekerjaan itu membutuhkan stasiun kerja yang sama. Dengan dilakukannya pengurutan pekerjaan ini unit-unit produksi (*resources*) dapat dimanfaatkan secara optimum. Pemanfaatan ini antara dilakukan dengan jalan meningkatkan utilitas unit-unit produksi melalui usaha-usaha mereduksi waktu menganggur (*idle time*) dari unit-unit yang bersangkutan. Pemanfaatan lainnya dapat juga dilakukan dengan cara meminimumkan *inprocess inventory* melalui reduksi terhadap waktu rata-rata pekerjaan yang menunggu (antri) dalam baris antrian pada unit-unit produksi. Sedangkan menurut Baker (2009) penjadwalan didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber daya untuk memilih sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu.

Tujuan Penjadwalan

Menurut Ginting (2009), mengidentifikasi beberapa tujuan dari aktivitas penjadwalan adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan penggunaan dari sumberdaya atau mengurangi waktu tunggunya, sehingga total waktu proses dapat berkurang, dan produktivitas dapat meningkat.
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumberdaya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain. Aliran suatu jadwal konstan, maka antrian yang mengurangi rata-rata waktu alir akan mengurangi persediaan barang setengah jadi.
3. Mengurangi beberapa keterlambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimasi *penalty cost* (biaya keterlambatan).
4. Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan.

Beberapa Istilah dalam Penjadwalan

Dalam pembahasan masalah penjadwalan sering dijumpai beberapa istilah yang umum digunakan, antara lain:

- *Processing Time* / waktu proses (P_i)

Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan operasi atau proses dari pekerjaan ke- i , waktu proses ini telah mencakup waktu untuk persiapan dan pengaturan proses.

- *Due Date* (d_i)

Batas akhir waktu pekerjaan ke- i boleh diselesaikan. Lewat dari batas ini suatu pekerjaan dikatakan *tardy*.

- *Completion Time* / waktu penyelesaian (C_i)

Rentang waktu sejak pekerjaan pertama dimulai ($t= 0$) hingga pekerjaan ke- i diselesaikan.

- *Lateness* (L_i)

Penyimpangan dari waktu penyelesaian hingga saat *due date*.

$L_i = C_i - d_i < 0$, saat penyelesaian memenuhi batas (*early job*).

$L_i = C_i - d_i > 0$, saat penyelesaian melampaui batas (*tardy job*).

$L_i = Lateness$

$C_i =$ waktu penyelesaian $d_i = Due Date$

- *Tardiness* (T_i)

Keterlambatan penyelesaian suatu pekerjaan dari saat *due date*.

$$T_i = \underset{1 \leq i \leq n}{Max} \{0, L_i\}$$

- *Earliness*

Saat penyelesaian terlalu dini (sebelum *due date*), *earliness* juga disebut *lateness negative*.

$$E_i = \underset{1 \leq i \leq n}{Min} \{L_i, 0\}$$

- *Slack* (S_i)

Waktu sisa yang tersedia bagi suatu pekerjaan

$$S_i = d_i - t_i$$

$d_i = Due Date$

$t_i = Tardiness$

- *Makespan* (M)

Jangka waktu penyelesaian suatu pekerjaan merupakan penjumlahan dari seluruh waktu proses suatu mesin.

- *Flow Time* (F_i)

Routing waktu mulai dari pekerjaan ke- i siap untuk dikerjakan hingga pekerjaan selesai.

- *Ready Time* (R_i) Saat pekerjaan ke- i dapat dikerjakan (siap dijadwalkan).

Penjadwalan Produksi dengan Metode *Simulated Annealing*

Menurut Santosa dan Willy (2011), *Simulated Annealing* termasuk algoritma yang meniru perilaku fisik proses pendinginan baja. Teknik ini meniru perilaku baja yang mengalami pemanasan sampai suhu tertentu kemudian didinginkan secara perlahan. Ketika baja dipanaskan sampai suhu mendidih, atom-atom dalam baja tersebut bergerak bebas, dan semakin terbatas gerakannya ketika suhunya turun. Ketika suhunya turun, susunan atomnya akan lebih teratur dan akhirnya akan membentuk kristal dan mempunyai *energy internal* yang minimum. *Annealing* sendiri adalah proses pendinginan secara perlahan dalam analogi proses pendinginan baja. *Simulated Annealing* telah banyak diterapkan di berbagai masalah optimasi seperti TSP, VRP, penjadwalan pekerjaan dan beberapa masalah yang lain.

Simulated Annealing dengan beberapa modifikasi dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan pekerjaan, yang terdiri atas nilai temperatur awal, jadwal pendinginan (*cooling schedule*), jumlah iterasi yang diperlukan pada setiap temperatur, dan kriteria pemberhentian untuk menghentikan algoritma.

Penelitian yang dilakukan oleh Damanic (2011) mengatakan bahwa penjadwalan produksi *simulated annealing* memiliki langkah-langkah pengerjaan sebagai berikut:

1. Menentukan solusi awal penjadwalan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan *makespan* sesuai dengan penjadwalan *order* yang ada di perusahaan pada keadaan aktual. Tahap ini penting dilakukan untuk mengetahui total waktu penyelesaian seluruh *job order* yang datang. Dengan metode ini akan dihitung nilai *makespan* (total penyelesaian order) dengan urutan pengerjaan *job* yang telah ditetapkan perusahaan.

2. Menentukan temperatur awal (T_0)

Sebelum melakukan pencarian solusi baru terlebih dahulu ditentukan temperatur awal. Temperatur awal disini merupakan parameter kontrol untuk mengevaluasi solusi baru S' pada iterasi yang didapatkan (+) positif, ini menunjukkan nilai solusi baru lebih buruk dari solusi sekarang. Dalam penelitian ini ditentukan sebesar $T = 200$.

3. Menentukan kondisi baru dengan melakukan iterasi. Iterasi dilakukan dengan menukar urutan *job* yang akan dikerjakan (*random*).

4. Mengevaluasi solusi baru yang layak diterima. Jika solusi baru (S') lebih baik dari solusi sebelumnya (S), maka solusi baru dijadikan menjadi solusi sekarang. Jika tidak dibangkitkan bilangan random (r) $[0,1]$ yang dibandingkan dengan probabilitas penerimaan $p' = \exp(-\Delta S/T)$. Apabila $r < p'$ maka solusi baru diterima sebagai solusi sekarang, dan apabila $r > p'$ solusi baru ditolak.

5. Menentukan solusi penjadwalan yang terbaik. Penentuan solusi terbaik dilakukan setelah algoritma dihentikan atau sudah berada dalam kondisi *steady state*. Dalam Damanic (2011) menggunakan kriteria penghentian, yaitu bila sudah tiga kali penurunan temperatur solusi baru yang didapatkan tidak lebih baik dari solusi sebelumnya, berarti sudah tidak ada lagi transisi yang diterima, atau tidak ada perbaikan nilai fungsi objektif, maka algoritma dihentikan. Jadi algoritma berhenti apabila dalam 3 kali penurunan suhu dengan rumus $T = T_0 \times F$ adalah parameter control untuk menentukan seberapa cepat parameter kontrol mengalami penurunan sudah tidak ada solusi yang lebih baik dari solusi sebelumnya yang diterima sesuai dengan solusi objektif. Dalam kondisi ini, algoritma dihentikan dan solusi yang telah ditemukan sudah optimal.

Contoh penjadwalan dengan Algoritma *Simulated Annealing*

Job yang ada pada perusahaan pada bulan Januari yaitu big line, napoleon, big rose, atau dapat disingkat A – B – C.

1. Solusi Awal

Tabel 2.2. Pengkodean Masing-masing *Job*

Kode Job	Order Job
A	Big line
B	Napoleon
C	Big rose

Tabel 2.3. Waktu Operasi setiap *Job* (Menit)

job	Colonial 8P	Napoleon 6P	Colonial 6P
tj,1	232	223	352
tj,2	212	264	244
tj,3	254	331	245

Tabel 2.4. Hasil Perhitungan *Makespan* Solusi awal

job		A	B	C
tij,1	mulai	0	232	455
	selesai	232	455	807
tij,2	mulai	232	455	807
	selesai	444	719	1051
tij,3	mulai	444	719	1051
	selesai	698	1050	1296

Makespan untuk solusi awal didapat sebesar 1296 menit = 21.6 jam.

1. Menentukan temperatur awal

Pada algoritma *Simulated Annealing*, sekumpulan parameter harus didefinisikan terlebih dahulu diawal proses. Pendefinisian parameter- parameter ini disebut *cooling schedule*, yang melibatkan:

- (i) Nilai awal untuk parameter kontrol atau temperatur awal (T_0) ditentukan sebesar 200.
- (ii) Fungsi/faktor penurunan nilai parameter kontrol (F) Nilai ini menentukan seberapa cepat parameter kontrol mengalami penurunan. Nilai yang digunakan dalam penelitian ini ialah $F = 0,95$.
- (iii) Jumlah iterasi dalam tiap nilai parameter kontrol (L) Untuk contoh ini nilai L ditentukan sebanyak 5 kali iterasi.
- (iv) Kriteria terminasi untuk menghentikan eksekusi Kondisi awal penjadwalan adalah apabila sudah tiga kali penurunan temperatur berturut-turut sudah tidak ada solusi yang lebih baik dari solusi sebelumnya yang diterima sesuai dengan solusi objektif, dalam kondisi ini algoritma dihentikan dan solusi baru sudah optimal.

2. Melakukan iterasi

Iterasi dilakukan dengan mengacak urutan job a.

a. Iterasi 1

Urutan job yang didapat secara random = C – B - A

Tabel 2.5. Hasil Perhitungan *Makespan* iterasi 1

job		c	b	a
tij,1	mulai	0	352	575
	selesai	352	575	807
tij,2	mulai	352	575	807
	selesai	596	839	1019
tij,3	mulai	596	839	1019
	selesai	841	1170	1273

Berdasarkan Tabel didapatkan:

$$S' = \text{nilai } makespan \text{ baru} \\ = 1273 \text{ menit}$$

3. Melakukan evaluasi solusi baru dengan menghitung ΔS

$$\Delta S = S' - S \\ = 1273 - 1296 \\ = -23$$

Keterangan:

- Tanda (-) minus menunjukkan nilai solusi baru lebih baik dari solusi sekarang.
 - Tanda (+) positif menunjukkan nilai solusi baru lebih buruk dari solusi sekarang.
- Jadi karena solusi baru yang dihasilkan lebih baik dari solusi sekarang maka solusi baru diterima dan dijadikan menjadi solusi sekarang. Jadi $S = 1273$ menit.

b. Iterasi2

Urutan job yang didapat secara random = C – A – B

Tabel 2.6. Hasil Perhitungan *Makespan* iterasi 2

job		c	a	b
tij,1	mulai	0	352	584
	selesai	352	584	807
tij,2	mulai	352	584	807
	selesai	596	796	1071
tij,3	mulai	596	796	1071
	selesai	841	1050	1402

$$S' = 1402 \text{ menit}$$

$$\Delta S = S' - S \\ = 1402 - 1273 = 129 \text{ menit.}$$

Karena S yang didapatkan (+) positif menunjukkan nilai solusi baru lebih buruk dari solusi sekarang, maka dibangkitkan bilangan random dengan *range* 0 sampai 1 kemudian dibandingkan dengan probabilitas penerimaan $p' = \exp(-\Delta S/T)$. Bilangan random dibangkitkan dengan menggunakan *Microsoft Excel* dengan rumus "`=rand()`" dan didapat $r = 0,43$ dan $p' = 0,52$. Apabila $r < p'$ maka solusi baru diterima sebagai solusi sekarang, dan apabila $r > p'$ solusi baru ditolak. Oleh karena itu $r > p' = (0,43 > 0,52)$ maka S' ditolak menjadi solusi sekarang.

Iterasi terus dilakukan sesuai dengan Jumlah iterasi dalam tiap nilai parameter kontrol (L). Hasil iterasi untuk mencari solusi baru pada temperatur awal $T_0 = 200$ dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Hasil iterasi solusi baru pada T_0 200

Iterasi ke-i	Urutan Job	Nilai		Bil.	Prob.	
		Makespan	ΔS	Random	Penerimaan	Keterangan
1	c-b-a	1,273	-23	-	-	Diterima
2	c-a-b	1,402	129	0.56367	0.52466	Ditolak
3	b-c-a	1,273	0	0.30119	1	Diterima
4	b-a-c	1,296	23	0.88765	0.89137	Diterima
5	a-c-b	1,402	129	0.94693	0.52466	Ditolak

Pada temperatur $T_0 = 200$, maksimum sukses yang diterima sebanyak 3 iterasi. Artinya ada 3 iterasi yang menghasilkan solusi baru yang lebih baik dari solusi sekarang. Solusi terbaik berada pada iterasi ke-1 dengan urutan job C-B-A dan nilai makespan yang dihasilkan adalah 1273 menit.

4. Melakukan penurunan temperature

Setelah iterasi mencapai 5 kali ($L = 5$), maka dilakukan penurunan temperatur dari $T_0 = 200$ menjadi $T = 200 \times 0,95 = 190$ sebanyak n kali sampai mencapai kondisi *steady state* dan semua solusi tidak ada lagi yang diterima.

Tabel 2.8. Hasil iterasi solusi baru pada T_0 190

Iterasi ke-i	Urutan Job	Nilai		Bil.	Prob.	
		Makespan	ΔS	Random	Penerimaan	Keterangan
1	a-c-b	1,402	129	0.55217	0.5071506	Ditolak
2	c-b-a	1,273	0	0.563667	1	Diterima
3	b-c-a	1,273	0	0.301186	1	Diterima
4	c-a-b	1,402	129	0.887648	0.5071506	Ditolak
5	b-a-c	1,296	23	0.94693	0.8859873	Ditolak

Tabel 2.9. Hasil iterasi solusi baru pada T_0 180.5

Iterasi ke-i	Urutan Job	Nilai		Bil.	Prob.	
		Makespan	ΔS	Random	Penerimaan	Keterangan
1	b-c-a	1,273	0	0.83535	1	Diterima
2	a-c-b	1,402	129	0.7891	0.48935	Ditolak
3	c-b-a	1,273	0	0.42254	1	Diterima
4	c-a-b	1,402	129	0.55033	0.48935	Ditolak
5	b-a-c	1,296	23	0.89395	0.88036	Ditolak

Setelah tiga kali penurunan temperature didapatkan solusi yang sama dan sudah tidak ada solusi yang lebih baik dari solusi sebelumnya yang diterima oleh karena itu algoritma dihentikan.

5. Menentukan solusi terbaik

Langkah terakhir menentukan solusi terbaik dari iterasi dengan memilih *makespan*

terkecil. Dari seluruh iterasi yang telah dilakukan, solusi terbaik yang didapat pada masing-masing temperatur karena memiliki solusi baru yang sama yaitu urutan C-B-A dan B-C-A dengan nilai $S = 1273$ menit.

Gantt Chart

Gantt Chart merupakan *representasi* grafis dari pekerjaan-pekerjaan yang harus diselesaikan dan digambarkan dalam bentuk batang dan analog dengan waktu penyelesaian pekerjaan tersebut.

Keuntungan dari *Gantt Chart* adalah:

1. Semua pekerjaan diperlihatkan secara grafis dalam satu peta yang mudah dipahami.
2. Kemajuan pekerjaan mudah diamati dan diperiksa setiap waktu karena sudah tergambar dengan jelas.
3. Dalam situasi keterbatasan sumber penggunaan *gantt Chart* memungkinkan evaluasi yang lebih awal mengenai penggunaan sumber seperti yang telah direncanakan

Daftar Pustaka

- Basu Swasta dan Ibnu Sukotjo, Pengantar Bisnis Modern, Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Covello, Joseph & Hazelgreen, Brian, *Your First Business Plan*, Interaksara, Batam
- Eddy Soeryanto Soegoto, *Entrepreneurship Manjadi Pebisnis Ulung*, Penerbit PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Freddy Rangkuti, *Business Plan Teknik Membuat Perencanaan Bisnis dan Analisis Kasus*, Penerbit Gramedia Pustaka tama, Jakarta.
- Ford R. Brian, Bornstein M. Jay, Pruit T. Patrick, *The Ernest & Young Business Plan Guide*, terjemahan, Ufukpress PT Cahaya Insan Suci, Jakarta.
- Husein Umar, *Studi Kelayakan Bisnis*, Penerbit PT Gramedia Pustaka utama, Jakarta.
- Ismail Solihin, *Memahami Business Plan*, Penerbit Salemba Empat, Jakarta. Linda Pinson, *Anatomy of a Business Plan*, Canar, Jakarta
- Murti Sumarni dan John Soeprihanto, *Pengantar Bisnis (dasar-dasar Ekonomi Perusahaan)*, Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Miller, Michael, *Alpha Teach Yourself Business Plan in 24 Hours*, terjemahan, Prenada Media Group, Jakarta.