BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Penelitian Terdahulu

Apriana (2009) melakukan penelitian mengenai penjadwalan produksi pada sistem *flow shop* dengan mesin parallel (*flexible flow shop*) sehingga hasil yang didapatkan dapat meminimasi jumlah *order* yang terlambat. Data dianalisa dengan menggunakan Microsoft Excel dan *software* LEKIN.

Penelitian pada industri tekstil dengan pola *flow shop* dengan melakukan penjadwalan persiapan tenun di departemen *weaving* PT Kusuma Hadi Santosa, Surakarta dilakukan oleh Fauzie (2011). Analisis dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel dan metode penjadwalan yang digunakan adalah *First Come First Served* (FCFS) dan *Earliest Due Date* (EDD) supaya dapat memenuhi *due date* dengan memperhatikan tanggal masuk dan pengiriman serta waktu proses dari setiap kain pada mesin.

Wigaswara (2013) melakukan penelitian mengenai penjadwalan dengan menggunakan metode *Lot Splitting* dan *Earliest Due Date* untuk meminimalkan keterlambatan di PT Bejana Mas Perkasa, Nanggulan, Kulonprogo, Yogyakarta. Analisis dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel.

Penelitian lain mengenai ukuran lot dilakukan oleh Chrétienne (2011). Penelitian ini membahas penjadwalan untuk mendapatkan ukuran lot yang optimum dalam suatu pekerjaan yang masuk pada satu mesin (*single machine*).

Dolgui dan Shchamialiova (2011) melakukan penelitian mengenai penentuan lot untuk satu mesin. Penelitian ini mengasumsikan bahwa dalam sebuah proses produksi tentu ada produk cacat dan kemungkinan mesin rusak, sehingga untuk mendapatkan ukuran lot yang maksimum diperhitungkan juga kedua faktor tersebut.

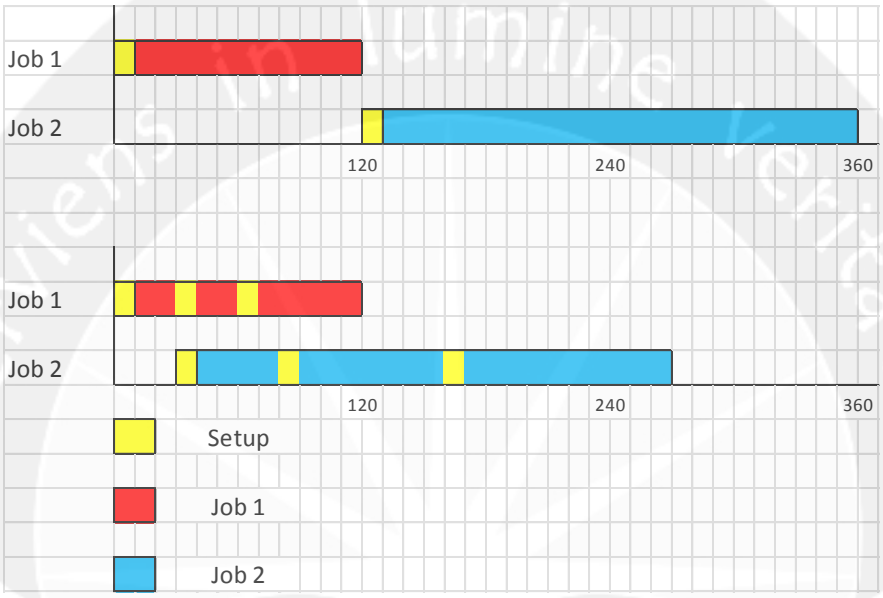
2.2. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang dilakukan penulis di PT ATMI Surakarta, Surakarta, Jawa Tengah. Penelitian ini melakukan penjadwalan menggunakan metode *forward* dengan *Lot Splitting* guna mendapatkan formula untuk menentukan *due date* dengan *customer*. Analisis dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel

serviens in lumine veritatis

2.3 Lot Splitting

Lot splitting adalah suatu teknik untuk mempercepat aliran kerja dengan membagi lot pekerjaan menjadi beberapa sub-lot (Buckhin et al, 2004). Adanya *lot splitting* menyebabkan sub-lot dapat dimulai dari mesin yang paling awal sampai mesin yang paling akhir dengan lebih cepat. Hal tersebut dapat menunjukkan bahwa *makespan* menjadi lebih pendek, sehingga proses produksi menjadi lebih cepat. Secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. (a) Penjadwalan tanpa lot splitting, (b) Penjadwalan dengan lot splitting

2.4 Penjadwalan produksi

Penjadwalan produksi menurut Baker (1974) adalah pengalokasian sumber-sumber untuk menyelesaikan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Definisi ini dapat dijabarkan ke dalam dua arti berbeda, yang pertama adalah penjadwalan merupakan fungsi pengambilan keputusan yaitu dalam menentukan jadwal yang paling tepat. Kedua, bahwa penjadwalan adalah sebuah teori yang merupakan sekumpulan prinsip model, teknik dan kesimpulan logis yang memberikan pemahaman terhadap fungsi penjadwalan. Pemahaman tersebut dapat mempengaruhi teori-teori serta membawa penaruh-pengaruh konseptual.

Menurut Nahmias (2009), karakteristik yang relevan dari masalah penjadwalan termasuk :

a. Pola kedatangan.

b. Jumlah dan variasi mesin.
c. Jumlah dan tipe pekerja.
d. Pola aliran produksi dalam pabrik.
e. Tujuan yang digunakan untuk mengevaluasi aturan alternatif penjadwalan.

Ukuran keberhasilan suatu pelaksanaan aktifitas penjadwalan adalah meminimalkan kriteria-kriteria sebagai berikut :

i. Rata-rata waktu alir.
ii. Total waktu proses yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kumpulan *job*.
iii. Rata-rata keterlambatan.
iv. Jumlah *job* yang terlambat.
v. Jumlah mesin yang menganggur.
vi. Jumlah persediaan.

2.5. Istilah Dasar Penjadwalan

Ada beberapa istilah yang harus dipahami dalam penjadwalan, yaitu :

a. *Job* atau pekerjaan

Job adalah kesatuan dari beberapa operasi yang mempunyai hubungan presedence pada proses pengerjaan suatu item dari awal sampai selesai.

b. Operasi

Operasi adalah suatu tahap proses atau bagian dari *job*.

c. *Order* atau pesanan

Order adalah pesanan yang datang dari pihak luar ataupun dalam yang terdiri dari satu atau lebih *job*.

d. *Due Date* (di)

Due date adalah batas waktu untuk pengerjaan proses pekerjaan ke-i, atau juga dapat diartikan sebagai waktu penyelesaian pekerjaan yang telah dijanjikan kepada konsumen.

e. *Processing time* (Pi)

Processing time adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan proses pekerjaan ke-i.

f. *Ready time* (Ri)

Ready time adalah waktu yang menunjukkan suatu pekerjaan ke-i sudah siap untuk diproses.

g. *Starting time* (Si)

Starting time adalan waktu *job* i mulai dikerjakan.

h. *Completion time* (Ci)

Completion time adalah waktu proses pengerjaan *job* i selesai dikerjakan.

i. *Flow time* (Fi)

Flow time disebut juga waktu alir yang merupakan waktu antara saat mulai sampai saat selesai suatu proses pengerjaan job ke-i. Jadi, *flow time* adalah waktu proses pengerjaan ditambah dengan waktu menunggu dalam antrian.

j. *Makespan* (Cmax)

Makespan adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan keseluruhan *job*. *Makespan* dihitung saat pekerjaan dimulai sampai saat pekerjaan itu selesai pada operasi yang terakhir dari keseluruhan operasi yang ada. *Makespan* juga sering disebut dengan istilah *Completion Time Maximum* (Cmax).

k. *Lateness* (Li)

Lateness adalah selisih waktu selesai *job* i dengan *due date*nya.

Ada 2 macam *lateness*, yaitu :

i. Tardiness

Tardiness adalah selisih waktu selesai dengan *due date* untuk *job* yang terlambat selesai.

ii. Earliness

Earliness adalah selisih antara *due date* dengan waktu selesai untuk job yang selesai lebih awal.

l. *Total Number of Tardy Jobs* ($\sum uj$)

Total Number of Tardy Jobs adalah total *job* yang terlambat.

2.6. Aturan Penjadwalan

Macam-macam aturan prioritas untuk menyelesaikan konflik dalam penjadwalan menurut Baker (1974) dan Nahmias (2009) adalah sebagai berikut :

a. *First Come First Served* (FCFS)

FCFS adalah aturan penjadwalan yang digunakan dengan cara memilih operasi yang siap lebih awal.

b. *Shortest Processing Time* (SPT)

SPT adalah aturan penjadwalan yang digunakan dengan cara memilih operasi dengan waktu terpendek atau tercepat untuk dikerjakan lebih dahulu.

c. *Longest Processing Time* (LPT)

   LPT adalah aturan penjadwalan yang digunakan dengan cara memilih operasi dengan waktu terpanjang atau terlama.

d. *Earliest Due Date* (EDD)

   EDD adalah aturan penjadwalan dengan cara memilih operasi dengan *due date* lebih awal.

e. *Critical Ratio* (CR)

   CR adalah aturan penjadwalan yang memiliki operasi dengan mendahulukan pekerjaan dengan rasio terbesar. Rasio pekerjaan ke-i ditentukan dengan membagi waktu yang masih tersedia hingga *due date* dibagi waktu proses ke-i.

2.7. Pengukuran Waktu

Pengukuran waktu adalah pekerjaan mengamati pekerja dan mencatat waktu-waktu kerjanya baik setiap elemen ataupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan, yaitu *stopwatch* (jam henti), lembar pengamatan, pensil, dan papan pengamatan (Sutalaksana, 2006). Bila operator telah siap di depan mesin atau di tempat kerja lain yang waktu kerjanya akan diukur, maka pengukur memilih posisi tempat ia berdiri mengamati dan mencatat. Posisi ini pun hendaknya memudahkan pengukur mengamati jalannya pekerjaan sehingga dapat mengikuti dengan baik saat-saat suatu siklus bermula dan berakhir.

Hal pertama yang dilakukan adalah pengukuran pendahuluan. Tujuannya adalah untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan untuk tingkat ketelitian dan keyakinan yang diinginkan. Tingkat ketelitian dan keyakinan ini ditetapkan pada saat menjalankan langkah penetapan dan tujuan pengukuran.

Pengukuran pendahuluan tahap pertama dilakukan dengan melakukan beberapa kali pengukuran. Setelah itu, tiga hal harus mengikutinya yaitu menguji keseragaman data, menghitung jumlah pengukuran yang diperlukan, dan bila jumlah pengukuran belum mencukupi dilanjutkan dengan pengukuran pendahuluan tahap kedua. Jika tahap kedua selesai, maka dilakukan kembali tiga hal yang sama seperti sebelumnya, begitu seterusnya sampai jumlah keseluruhan pengukuran cukup untuk tingkat ketelitian dan keyakinan yang dikehendaki.

2.7.1. Uji Keseragaman dan Kecukupan Data

Langkah-langkah yang dilakukan untuk uji keseragaman data menurut Sutalaksana (2006) adalah sebagai berikut :

a. Hitung banyaknya subgrup dengan rumus :

$$k = 1 + 3{,}33 \log N \quad (2.1)$$

Di mana :

k = banyaknya subgrup

N = banyaknya data pengamatan

b. Kelompokkan data pengamatan dalam beberapa subgrup dan hitung rata-rata subgrup tersebut dengan rumus :

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}i}{k} \quad (2.2)$$

Di mana :

$\bar{\bar{x}}$ = harga rata-rata dari harga rata-rata subgrup

$\bar{x}i$ = harga rata-rata dari subgrup ke-i

k = harga banyaknya subgrup yang terbentuk

c. Hitung standar deviasi sebenarnya dari waktu penyelesaian dengan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xj - \bar{\bar{x}})^2}{(N-1)}} \quad (2.3)$$

Di mana :

σ = standar deviasi

Xj = waktu penyelesaian yang teramati selama pengukuran pendahuluan yang telah dilakukan

N = jumlah pengamatan pendahuluan yang telah dilakukan

d. Hitung standar deviasi dari distribusi harga rata-rata subgrup dengan rumus :

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.4)$$

Di mana :

$\sigma_{\bar{x}}$ = standar deviasi distribusi harga rata-rata subgrup

n = besarnya subgrup

e. Tentukan batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB) dengan rumus :

$$\text{BKA} = \bar{\bar{x}} + 3\sigma_{\bar{x}} \quad (2.5)$$

$$\text{BKB} = \bar{\bar{x}} - 3\sigma_{\bar{x}} \quad (2.6)$$

Batas-batas kendali inilah yang merupakan batas “seragam” tidaknya subgrup. Keadaan sistem yang selalu berubah dapat diterima, asalkan perubahannya adalah memang yang sepantasnya terjadi. Akibatnya waktu penyelesaian yang

dihasilkan sistem selalu berubah-ubah namun juga mesti dalam batas waktu kewajaran. Dengan kata lain harus seragam. Data dinyatakan seragam apabila nilai rata-rata subgrupnya berada dalam *range* BKA dan BKB. Apabila data tersebut seragam, maka semua data tersebut dapat digunakan untuk menghitung banyaknya pegukuran yang diperlukan.

f. Hitung banyaknya pengukuran yang dibutuhkan dengan rumus :

$$N' = \left[\frac{\frac{K}{S}\sqrt{N(\sum xi^2)-(\sum xi)^2}}{\sum xi}\right]^2 \quad (2.7)$$

Di mana :

N' = banyaknya data yang harus diamati

K = konsanta untuk tingkat keyakina tertentu

S = konstanta untuk tingkat ketelitian tertentu

Jika N' < N, maka jumlah pengukuran yang dibutuhkan masih kurang dan memerlukan pengukuran lebih lanjut. Nilai K dan S untuk berbagai tingkat keyakinan dan ketelitian dapat dilihat pada tabel 3.1 dan 3.2 berikut ini.

Tabel 2.2. Nilai K untuk Tingkat Keyakinan Tertentu (Sutalaksana, 2006)

Tingkat Kepercayaan	Nilai K
90%	1
95%	2
99%	3

Tabel 2.3. Nilai S Untuk Tingkat Ketelitian Tertentu (Sutalaksana, 2006)

Tingkat Ketelitian	Nilai S
5%	0,05
10%	0,10

2.7.2. Perhitungan Waktu Baku

Jika semua data telah memiliki keseragaman yang dikehendaki dan jumlahnya telah memenuhi tingkat-tingkat ketelitian dan keyakinan yang diinginkan, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut sehingga diperoleh waktu baku. Langkah untuk mendapatkan waktu baku dari data yang terkumpul adalah sebagai berikut :

a. Hitung waktu siklus, yaitu waktu penyelesaian rata-rata selama pengukuran :

$$\text{Ws} = \frac{\sum xi}{N} \quad (2.8)$$

Di mana, xi adalah waktu pengukuran dan N adalah banyaknya waktu pengukuran.

b. Hitung waktu normal dengan :

$$Wn = Ws \times p \quad (2.9)$$

Di mana p adalah faktor penyesuaian. Faktor ini diperhitungkan jika pengukur berpendapat bahwa bekerja dengan kecepatan tidak wajar sehingga hasil perhitungan waktu perlu disesuaikan atau dinormalkan dulu. Tujuannya adalah untuk mendapatkan waktu siklus rata-rata yang wajar. Jika pekerja bekerja dengan wajar, faktor penyesuaiannya (p) sama dengan 1. Jika bekerja terlalu lambat, maka untuk menormalkannya pengukur harus memberi harga $p < 1$, dan sebaliknya $p > 1$; jika pekerja dianggap bekerja cepat.

c. Hitung waktu baku

Waktu baku bagi penyelesaian pekerjaan dapat didapatkan dengan :

$$Wb = Wn \times (1 + a) \quad (2.10)$$

Di mana a adalah faktor kelonggaran.

2.7.3. Penyesuaian

Menurut Sutalaksana (2006), ketidakwajaran dapat terjadi selama pengukuran sedang berlangsung, misalnya bekerja tanpa kesungguhan, sangat cepat seolah-olah diburu waktu, atau karena menjumpai kesulitan-kesulitan seperti karena kondisi ruangan yang buruk. Sebab-sebab ini mempengaruhi kecepatan kerja yang berakibat terlalu singkat atau terlalu panjangnya waktu penyelesaian. Hal ini jelas tidak diinginkan, karena waktu baku yang dicari adalah waktu yang diperoleh dari kondisi dan cara kerja yang diselesaikan secara wajar. Oleh karena itu, diperlukan adanya penyesuaian.

Ada beberapa cara menentukan faktor penyesuaian antara lain :

a. Cara Shumard

Cara ini bersifat lebih obyektif, karena penilaian penyesuaian didasarkan atas patokan-patokan tertentu. Patokan-patokan tersebut berupa kelas-kelas kecepatan kerja. Pengukur diberi patokan untuk menilai performa kerja operator menurut kelas *superfast*, *fast* +, *Fast* -, *Exelen*t, dan seterusnya. Penyesuaian menurut Shumard selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.4. Penyesuaian Menurut Shumard (Sutalaksana, 2006)

Kelas	Penyesuaian	Kelas	Penyesuaian
Superfast	100	Good	65
Fast +	95	Normal	60
Fast	90	Fair +	55
Fast -	85	Fair	50
Exellent	80	Fair -	45
Good +	75	Poor	40
Good	70		

b. Cara Westinghouse

Cara Westinghouse mengarahkan penilaian pada empat faktor yang dianggap menentukan kewajaran atau ketidakwajaran dalam bekerja yaitu keterampilan *(skill)*, usaha *(effort)*, kondisi kerja *(condition)*, dan konsistensi *(consistency)*.

Tabel 2.5. Penyesuaian menurut Westinghouse (Sutalaksana, 2006)

No.	Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
1.	Keterampilan	Superskill	A1	+0,15
			A2	+0,13
		Exellent	B1	+0,11
			B2	+0,08
		Good	C1	+0,06
			C2	+0,03
		Average	D	0,00
		Fair	E1	-0,05
			E2	-0,10
		Poor	F1	-0,16
			F2	-0,22
2.	Usaha	Excessive	A1	+0,13
			A2	+0,12
		Excellent	B1	+0,10
			B2	+0,08
		Good	C1	+0,05
			C2	+0,02
		Average	D	0,00
		Fair	E1	-0,04
			E2	-0,08
		Poor	F1	-0,12
			F2	-0,17
3.	Kondisi kerja	Ideal	A	+0,06
		Excellent	B	+0,04
		Good	C	+0,02
		Average	D	0,00
		Fair	E	-0,03
		Poor	F	-0,07
4.	Konsistensi	Perfect	A	+0,04
		Excellent	B	+0,03
		Good	C	+0,01
		Average	D	0,00
		Fair	E	-0,02
		Poor	F	-0,04

Keterampilan merupakan kemampuan mengikuti cara kerja yang ditetapkan. Usaha didefiniikan sebagai kesungguhan yang ditunjukkan atau diberikan operator ketika melakukan pekerjaannya. Kondisi kerja yang dimaksud adalah kondisi fisik lingkungannya seperti keadaan pencahayaan, temperatur, dan kebisingan ruangan. Faktor konsistensi perlu diperhatikan karena kenyataan bahwa pada setiap pengukuran waktu, angka-angka yang dicatat tidak pernah semuanya sama. Masing-masing faktor tersebut mempunyai kelas dengan nilai yang berbeda, yaitu merupakan penyimpangan terhadap nilai p (p=1). Terhadap penyimpangan ini harga p akan ditambah dengan angka-angka yang sesuai dengan empat faktor di atas.

2.7.4. Kelonggaran

Kelonggaran diberikan untuk tiga hal, yaitu untuk kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa lelah (*fatique*), dan hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindarkan. Ketiga hal tersebut merupakan hal-hal yang secara nyata dibutuhkan oleh pekerja, dan yang selama pengukuran tidak diamati, diukur, maupun dihitung. Oleh karena itu, setelah mendapatkan waktu normal, waktu kelonggaran perlu ditambahkan. Tabel mengenai faktor kelonggaran beserta dengan nilainya dapat dilihat pada lampiran 1.