

BAB II **LANDASAN TEORI**

2.1 Sistem Manufaktur

Fogarty *et al* (1991) membagi sistem produksi manufaktur berdasarkan proses produksinya, sebagai berikut:

1. *Flow Shop*

Sistem produksi yang menyusun mesin-mesin berdasarkan urutan pemrosesan (*routing*) produk, sehingga sering disebut dengan istilah tata letak produk (*product layout*). Aliran dalam pemrosesan produk mulai dari material hingga produk jadi adalah searah, menurut arah aliran tertentu.

2. *Job Shop*

Sistem produksi yang mempunyai karakteristik mengorganisasikan sejumlah peralatan berdasarkan fungsinya. Proses yang dialami setiap produk dilakukan di setiap stasiun kerja berbeda-beda. Oleh karena itu, peralatan yang digunakan mempunyai fungsi yang umum. Peralatan disusun berdasarkan proses produksi yang dilakukannya sehingga sistem produksi ini sering dikenal mempunyai tata letak berdasarkan proses (*process layout*).

3. *Fixed Site*

Sistem produksi yang mempunyai karakteristik membawa material, peralatan, dan pekerja ke suatu lokasi tempat produk akan diproduksi, karena ukuran produk yang dihasilkan sangat besar.

2.2 Penjadwalan

Baker (2009) mendefinisikan penjadwalan sebagai proses fungsi perencanaan produk, teknologi yang tersedia untuk membuat, mencoba bagian yang dibutuhkan, dan volume yang akan diproduksi dalam jangka waktu tertentu. Dalam jangka pendek, fungsi perencanaan mengacu pada sumber daya yang tersedia untuk diproduksi dan pekerjaan untuk dijadwalkan. Definisi ini mengandung arti bahwa penjadwalan merupakan fungsi pengambilan keputusan logis dalam pengambilan keputusan. Sedangkan menurut Siregar (2009), penjadwalan merupakan suatu pengurutan pembuatan atau pengerjaan produk secara menyeluruh pada beberapa buah mesin. Dengan demikian masalah *sequencing* senantiasa melibatkan pengerjaan sejumlah komponen yang sering disebut dengan istilah *job*. *Job* sendiri masih merupakan komposisi dari sejumlah elemen-elemen dasar yang disebut aktifitas atau operasi. Tiap aktifitas atau operasi ini membutuhkan alokasi daya tertentu yang sering disebut dengan waktu proses.

Menurut Ginting (2009) penjadwalan tidak terbatas hanya untuk penjadwalan mesin saja sebagai faktor utama dalam penentuan penjadwalan tetapi meliputi unit-unit produksi (*resources*) yang berkaitan langsung pada proses produksi. setiap aktivitas yang membutuhkan sejumlah sumber daya tertentu untuk suatu waktu tertentu disebut waktu proses. Sumber daya juga memiliki bagian-bagian dasar yang disebut mesin, sel, transportasi, penundaan dan sebagainya. Hal ini menunjukkan bahwa penjadwalan tidak terbatas pada mesin saja tetapi setiap elemen kerja yang membutuhkan waktu.

Untuk memastikan suatu aliran kerja lancar dalam melalui tahapan produksi, maka sistem penjadwalan harus membentuk aktivitas-aktivitas output sebagai berikut:

1. Pembebanan (*Loading*)

Loading melibatkan penyesuaian kebutuhan kapasitas untuk pesanan-pesanan yang diterima dan diperkirakan dengan kapasitas yang tersedia. Pembebanan dilakukan dengan menugaskan pesanan-pesanan pada fasilitas, operator, dan peralatan tertentu.

2. Pengurutan (*Sequencing*)

Pengurutan merupakan penugasan pesanan mana yang diprioritaskan untuk diproses dahulu bila suatu fasilitas harus memproses banyak pekerjaan.

3. Prioritas Pekerjaan (*Dispatching*)

Merupakan prioritas pekerjaan mana yang diseleksi dan diprioritaskan untuk diproses.

4. Pengendalian Kinerja Penjadwalan

Pengendalian kinerja penjadwalan dilakukan dengan cara meninjau kembali status pesanan pada saat melalui sistem tertentu dan mengatur kembali urutan-urutan penjadwalan.

5. Updating Jadwal

Updating jadwal dilakukan sebagai refleksi kondisi operasi yang terjadi dengan merivisi prioritas penjadwalan.

2.2.1 Tujuan Penjadwalan

Menurut Baker (2009) penjadwalan bertujuan sebagai berikut:

1. Meningkatkan produktifitas mesin dengan mengurangi waktu mesin menganggur.
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi dengan mengurangi rata-rata jumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian karena mesin sedang sibuk melakukan suatu aktivitas.
3. Mengurangi keterlambatan karena waktu proses suatu pekerjaan telah melampaui tenggat waktunya dengan cara mengurangi maksimum keterlambatan maupun dengan mengurangi jumlah pekerjaan yang terlambat.
4. Meminimalisasi biaya produksi.

Untuk mencapai tujuan di atas, dilakukan pengurutan pekerjaan pada proses produksi. Pada kenyataannya, seringkali masalah yang dihadapi bersifat kompleks sehingga sulit sekali untuk melakukan pendekatan yang optimal. Secara garis besar, pengurutan pekerjaan pada mesin terdiri atas dua jenis:

1. Pengurutan pekerjaan terhadap satu mesin.
2. Pengurutan pekerjaan terhadap berbagai mesin.

Pengurutan pekerjaan terhadap berbagai mesin juga terdiri atas dua jenis, dan disesuaikan dengan kondisi permasalahan yaitu:

1. Berbagai mesin paralel maksudnya masing-masing pekerjaan diproses pada satu mesin yang disusun secara paralel.

2. Berbagai mesin seri, maksudnya masing-masing pekerjaan harus melewati masing-masing mesin.

2.2.2 Ukuran Keberhasilan Penjadwalan

Menurut Arman (2008), ukuran keberhasilan dari suatu pelaksanaan aktivitas penjadwalan khususnya penjadwalan *job shop* adalah meminimasi kriteria-kriteria keberhasilan sebagai berikut:

1. Rata-rata waktu alir (*Mean Flow Time*)
2. *Makespan*, yaitu total waktu proses yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kumpulan job
3. Rata-rata keterlambatan (*Mean Tardines*)
4. Jumlah *job* yang terlambat
5. Jumlah mesin yang menganggur
6. Jumlah persediaan

2.2.3 Masalah Penjadwalan

Menurut Aziza (2014), permasalahan penjadwalan akan muncul jika terdapat beberapa pekerjaan yang dapat dilakukan dalam waktu yang sama sedangkan jumlah mesin dan peralatan yang tersedia terbatas. Untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan keterbatasan sumber daya yang dimiliki, maka diperlukan suatu teknik penjadwalan terhadap sumber-sumber tersebut secara efisien.

2.2.4 Klasifikasi Penjadwalan

Baker (2009) mengklasifikasikan penjadwalan menjadi tiga jenis tipe penjadwalan, sebagai berikut:

1. Jadwal Semi Aktif (SA)

Suatu Jadwal dimana tidak ada satu operasi yang dapat dikerjakan lebih awal tanpa mengubah susunan operasi pada mesin.

2. Jadwal Aktif (A)

Suatu jadwal dimana tidak ada satu operasi yang dapat dipindahkan lebih awal tanpa menunda operasi lain.

3. Jadwal *Non Delay* (ND)

Suatu jadwal yang didalamnya tidak ada satu mesin yang dibiarkan menganggur apabila ada operasi yang dapat dilakukan. Selain klasifikasi yang dilakukan oleh Baker (2009), secara umum penjadwalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

a) Penjadwalan Pesanan (*Order Scheduling*)

Penjadwalan pesanan merupakan suatu aktifitas penjadwalan pekerjaan yang memberikan ketentuan bahwa suatu pekerjaan baru dapat dikerjakan apabila pekerjaan yang mendahuluinya telah selesai dikerjakan. Pada pekerjaan yang memerlukan pemakaian mesin khusus sering terjadi antrian pekerjaan. Hal ini disebabkan karena harus menunggu proses pekerjaan yang mendahuluinya. Suatu pekerjaan *overlap* apabila pekerjaan dilaksanakan sebelum pekerjaan lainnya selesai dikerjakan. Penjadwalan seperti ini dibutuhkan apabila pesanan yang datang harus selesai dalam waktu yang cepat, sehingga dibutuhkan waktu seminimum mungkin untuk melaksanakan tugas-tugas tersebut secara bersama-sama.

b) Penjadwalan Mesin (*Machine Scheduling*)

Penjadwalan mesin adalah pengaturan jadwal proses sebuah mesin atau lebih, yang dapat disebabkan oleh terlalu banyaknya pesanan sehingga mengakibatkan kelebihan beban pada mesin.

Baker (2009) mengklasifikasikan model penjadwalan berdasarkan lingkungan yang dihadapi oleh sistem produksi yang bersangkutan. Model penjadwalan dapat dikelompokkan berdasarkan kondisi-kondisi berikut:

1 Proses dengan mesin tunggal atau dengan mesin jamak.

Sejumlah mesin dapat dibedakan atas mesin tunggal dan mesin jamak. Penjadwalan mesin tunggal, merupakan salah satu model pengurutan pekerjaan dimana pekerjaan yang hendak diurutkan sedang menunggu untuk diproses pada sebuah mesin tunggal. Sedangkan penjadwalan mesin jamak merupakan pengurutan serangkaian pekerjaan yang hendak diproses pada beberapa mesin baik seri, paralel, maupun kombinasinya.

2 Pola aliran proses yang identik atau sembarang.

Pola aliran dapat dibedakan atas flowshop dan jobshop. Setiap pekerjaan dalam jobshop mempunyai aliran yang berbeda, sedangkan dalam flowshop hanya dijumpai pola aliran yang identik dari satu mesin ke mesin yang lain.

3 Pola kedatangan sejumlah pekerjaan.

Pola kedatangan pekerjaan dapat dibedakan atas pola kedatangan statis dan dinamis. Pada pola statis, tugas datang secara bersamaan dan siap dikerjakan pada mesin-mesin yang tidak bekerja. Disisi lain, pola dinamis

mempunyai sifat kedatangan tugas yang tidak tentu, jadi dijumpai adanya variabel waktu.

Penjadwalan produksi juga dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa faktor (Pinedo, 2009). Berdasarkan ketersediaan sumber daya penjadwalan dapat dibedakan, sebagai berikut:

1. Masalah penjadwalan mesin tunggal

Masalah penjadwalan mesin tunggal yang paling sederhana dicirikan oleh karakteristik sebagai berikut:

- a. Terdapat sejumlah pekerjaan operasi tunggal yang independen yang akan diproses.
- b. Waktu penyetelan untuk pekerjaan-pekerjaan tersebut independen terhadap urutan pekerjaan dan dapat dimasukkan kedalam waktu proses.
- c. Deskripsi pekerjaan telah diketahui.
- d. Tersedia satu buah mesin, dan tidak dibiarkan *idle* jika ada pekerjaan yang menunggu.

2. Masalah penjadwalan mesin jamak

Suatu masalah penjadwalan dikategorikan permasalahan mesin jamak jika paling tidak terdapat dua mesin yang tersedia untuk memproses pekerjaan yang ada. Pada permasalahan penjadwalan mesin tunggal, alokasi sumber daya (mesin) tersebut hanya dengan mengurutkan (*sequencing*) pekerjaan yang tersedia, sedangkan pada

penjadwalan mesin jamak masalah yang harus dipecahkan terdiri dari dua bagian, yaitu:

- a. Sumber daya (mesin) mana yang akan dialokasikan untuk mengerjakan tiap pekerjaan.
- b. Kapan waktunya setiap pekerjaan akan dikerjakan.

Berdasarkan aliran proses yang dilaluinya, penjadwalan dibedakan sebagai berikut:

1. Penjadwalan *flowshop*

Dalam penjadwalan jenis ini akan dijumpai pola aliran yang identik dari satu mesin ke mesin yang lainnya. Secara garis besar, penjadwalan *flowshop* terbagi menjadi dua jenis yaitu *pure flowshop* dan *general flowshop*.

2. Penjadwalan *job shop*

Penjadwalan *job shop* adalah proses pengurutan pekerjaan untuk lintas produk yang tidak beraturan (tata letak berdasar proses). Dalam pola ini setiap *job* mempunyai pola aturan atau *route* pada tiap mesin yang spesifik, dan sangat mungkin berbeda untuk setiap *job*.

2.3 Penjadwalan *Job Shop*

Persoalan penjadwalan timbul jika terdapat keterbatasan sumber daya yang dimiliki sehingga diperlukan adanya pengaturan sumber-sumber daya tersebut secara efisien. Menurut Baker (2009), permasalahan penjadwalan *job shop* merupakan permasalahan penjadwalan produksi yang mempunyai karakteristik sebagai berikut:

1. Terdapat beberapa tipe produksi (mesin), masing-masing tipe terdiri dari satu unit.
2. Terdapat beberapa pekerjaan yang akan dijadwalkan, masing-masing terdiri dari beberapa operasi yang berurutan secara serial.
3. Urutan operasi pada suatu pekerjaan tidak harus sama dengan urutan operasi pada pekerjaan yang lain.
4. Satu operasi dikerjakan oleh satu mesin dengan waktu pemrosesan tertentu.

Menurut Fogarty *et.al* (1991), sebuah jadwal dikatakan layak jika memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Urutan pekerjaan operasi dalam suatu job tidak dilanggar.
2. Tidak terjadi pengerjaan operasi yang bersamaan.
3. Dalam penjadwalan *job shop*, jika terdapat sejumlah pekerjaan yang akan diproses dalam sejumlah mesin. Ketidakpraktisan pendekatan optimal pada permasalahan ini mengarahkan banyak penelitian pada penggunaan pendekatan-pendekatan heuristik.

2.4 Metode Asas Prioritas

Menurut Heizer dan Render (2014), beberapa asas prioritas yang umum antara lain adalah sebagai berikut:

1. *First-Come-First-Served* (FCFS)

FCFS memprioritaskan pengerjaan *job* yang datang lebih awal untuk dikerjakan terlebih dahulu. Keunggulan FCFS adalah dinilai adil bagi konsumen terutama bagi penyedia jasa.

2. *Earliest Due Dates* (EDD)

EDD yaitu prioritas yang diberikan kepada *job* yang mempunyai tanggal batas waktu penyerahan (*due date*) paling awal.

3. *Shortest Processing Time* (SPT)

SPT yaitu *job* dengan waktu proses terpendek akan diproses lebih dahulu, demikian berlanjut untuk *job* yang waktu proses terpendek kedua. Aturan SPT ini tidak memperdulikan *due date* maupun kedatangan *order* baru.

4. *Longest Processing Time* (LPT)

LPT yaitu *job* dengan waktu proses terbesar akan diproses terlebih dahulu, demikian berlanjut untuk *job* yang waktu proses terbesar kedua. Aturan LPT ini tidak mempedulikan *due date* maupun kedatangan *order* baru.

2.4.1 Kriteria Efektifitas

Menurut Heizer dan Render (2015) terdapat empat kriteria untuk mengevaluasi efektifitas asas prioritas:

1. Rata-rata waktu penyelesaian pekerjaan digunakan untuk menentukan rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan.
2. Utilisasi untuk menghitung persentase dari fasilitas yang digunakan.
3. Rata-rata jumlah pekerjaan dalam sistem untuk menghitung rata-rata jumlah pekerjaan dan barang dalam proses.
4. Rata-rata keterlambatan.

Chase dan Aquilano (1995) mengungkapkan standar pengukuran kinerja penjadwalan yang digunakan untuk mengevaluasi asas prioritas:

1. Rata-rata waktu penyelesaian yang terendah.

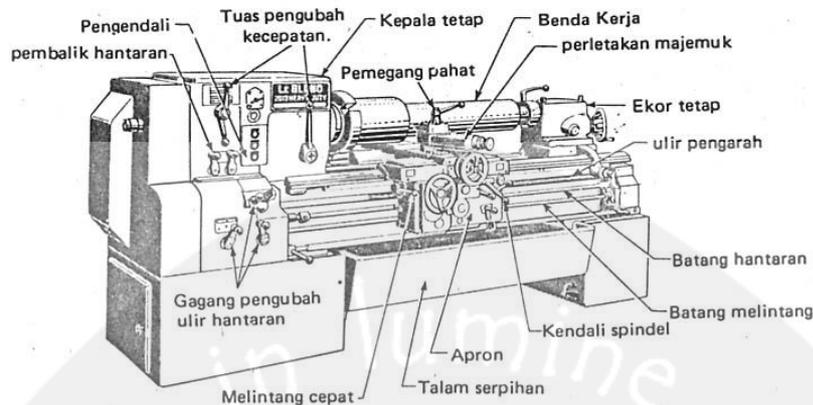
2. Nilai utilisasi maksimal.
3. Rata-rata jumlah pekerjaan dalam sistem yang terendah.
4. Rata-rata keterlambatan terendah

2.5 Penjadwalan Mesin-Tunggal

Penjadwalan mesin-tunggal (*Single-Machine Sequencing*) menurut Baker (2009) merupakan salah satu model pengurutan pekerjaan dimana pekerjaan yang hendak diurutkan sedang menunggu untuk diproses pada sebuah mesin tunggal. Terdapat dua jenis ruang lingkup permasalahan dalam ruang lingkup mesin tunggal dengan pekerjaan-pekerjaan yang saling bebas, yaitu permasalahan mesin tunggal dengan tenggat waktu dan tanpa tenggat waktu. Dalam ruang lingkup permasalahan mesin tunggal tanpa tenggat waktu biasa ditemukan masalah mengenai waktu alir dan persediaan. Pada permasalahan mesin tunggal dengan tenggat waktu biasa dijumpai permasalahan menyangkut keterlambatan, minimasi jumlah pekerjaan-pekerjaan yang terlambat, dan meminimasi rata-rata keterlambatan.

2.6 Mesin Bubut

Syamsudin (1999) mendefinisikan mesin bubut adalah suatu mesin yang umumnya terbuat dari logam, gunanya membentuk benda kerja dengan cara menyayat, dengan gerakan utamanya berputar. Proses bubut adalah proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja.



Gambar 2.1
Ilustrasi Mesin Bubut

Cara kerja mesin bubut adalah benda diikat atau dipegang dengan suatu alat pemegang atau pengikat yang disebut cekam atau *chuck*. Cekam ditempatkan atau dipasang pada ujung poros utama mesin bubut dengan sambungan pasak atau sambungan ulir, sehingga benda kerja pada cekam ikut berputar pada saat mesin dijalankan. Pahat yang dipasang pada pengikat pahat disebut juga *tool-post*.

Tool-post dapat bergerak sejajar dengan garis hati benda kerja atau membujur. Alat ini dipasang diatas asutan/eretan kecil yang diletakan diatas yang disebut pula *support*. Karena pahat beserta *tool-post* nya diletakan diatas asutan melintang, maka pahat dapat bergerak melintang dan membujur sehingga tebal muka sayatan pahat dapat ditambah.

2.8 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu tentang penjadwalan produksi yang dapat menjadi acuan dalam penelitian ini yakni: penelitian yang dilakukan oleh X. Wang dan L. Tang dengan judul “*Scheduling a Single Machine with Multiple Job Processing Ability to Minimize Makespan*” penelitian ini

menginvestigasi sebuah permasalahan baru yakni penjadwalan mesin tunggal dengan kemampuan untuk mengolah beberapa pekerjaan. Dalam permasalahan ini, tidak terdapat *batch* dan pekerjaan memasuki dan meninggalkan mesin satu persatu dan terus menerus, yang berbeda dari permasalahan sekumpulan pekerjaan pada penjadwalan mesin tunggal dimana sekumpulan pekerjaan datang dan mulai bersamaan.

Tujuan dari penelitian yang dilakukan pada industri besi dan baja ini adalah untuk meminimalisasi *makespan* yang terjadi dengan mengembangkan masalah ini dengan model *mixed integer linear programming* dan mengusulkan algoritma optimasi kumpulan partikel (*particle swarm optimization*). Peneliti menggunakan program CPLEX untuk menguji kinerja algoritma PSO dan membandingkannya dengan model MILP. Percobaan pada contoh acak dengan stuktur yang berbeda menunjukkan bahwa model MILP benar dan algoritma PSO yang diusulkan melebihi CPLEX.

Penelitian yang dilakukan oleh Umar Al-Turki dan Khalid Al-Shareef yang berjudul “*Machine Scheduling with Uncertain Processing Times*” mempertimbangkan sebuah permasalahan penjadwalan sejumlah pekerjaan pada satu mesin. Masalah ini adalah masalah yang paling umum yang dihadapi dalam teori penjadwalan karena merupakan sebuah dasar untuk penjadwalan yang lebih rumit.

Ketidakpastian merupakan hal yang umum terjadi dalam masalah penjadwalan di berbagai industri. Tingkat persediaan, pemanfaatan fasilitas, dan kecepatan pengiriman semuanya berhubungan dengan waktu

penyelesaian pekerjaan. Karakterisasi solusi yang optimal untuk mengurangi batas atas rata-rata waktu penyelesaian tugas adalah dengan memasukkan pekerjaan yang memiliki waktu proses lebih sedikit sebelum pekerjaan yang memiliki waktu proses yang lebih panjang sehingga akan menghasilkan penjadwalan yang optimal untuk pekerjaan yang tidak pasti.

Penelitian yang dilakukan oleh PH. Mauguere, J.-C. Billaut, dan J.-L. Bouquard dengan judul "*New Single Machine and Job-Shop Scheduling Problems with Availability Constraints*". Penelitian ini membahas berbagai kasus klasik dari permasalahan yang tidak tersedia di dalam masalah penjadwalan. Terdapat dua pendekatan utama yang biasa ditemukan, yakni kegiatan operasional dapat terganggu karena jangka waktu yang tidak tersedia, yang kedua adalah kegiatan operasional tidak dapat terganggu. Semua kombinasi kemungkinan kasus yang terjadi dipelajari setelah diulas menggunakan algoritma *state-of-the-art* dan algoritma *branch-and-bound* untuk menyelesaikan permasalahan kemudian dilakukan pembahasan dan percobaan komputasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Velery Gordon, Vitaly Strusevich, Alexandre Dolgui yang berjudul "*Scheduling with Due Date Assignment Under Special Conditions on Job Processing*" ini mengulas hasil dari penjadwalan dengan penugasan berdasarkan tenggat waktu (*due date*) dalam kondisi ketika berlangsung proses pengerjaan diberikan berbagai kendala seperti kegiatan pemeliharaan mesin atau berbagai skenario waktu proses berubah. Masalah penugasan tenggat waktu dan penjadwalan timbul dalam

perencanaan produksi ketika manajemen dihadapkan pada pemberian tenggat waktu yang realistis untuk sejumlah pekerjaan. Dalam penjadwalan dengan kerusakan, penundaan waktu mulai sebuah pekerjaan, akan semakin lama proses, sementara dengan mempelajari penjadwalan waktu proses aktual dari pekerjaan akan semakin singkat, asalkan pekerjaan dijadwalkan terlebih dahulu. Dipertimbangkan juga model penjadwalan dengan opsi aktivitas pemeliharaan. Dalam proses manufaktur, penjadwalan dengan perencanaan pencegahan pemeliharaan adalah salah satu metode yang paling signifikan mencegah mesin dari kegagalan.

Hasil dari penelitian ini menyimpulkan bahwa kemampuan untuk mengendalikan tenggat waktu dan kondisi proses dianggap sebagai factor utama dalam peningkatan kinerja sistem. Peneliti telah mempertimbangkan sebuah kondisi saat memproses pekerjaan sebagai kendala yang di dahulukan atau sekenario perubahan waktu proses. Situasi ini telah dianalisis dimana durasi sebenarnya dari pekerjaan dapat berubah sebagai akibat dari pengalokasian sumber daya tambahan untuk pekerjaan atau tergantung dari posisi atau waktu mulai pekerjaan yang telah dijadwalkan. Juga mempertimbangkan penjadwalan dengan mengubah kinerja mesin karena aktivitas pemeliharaan

Penelitian yang dilakukan oleh Christophe Rapine, Nadia Brauner, Gerd Finke, dan Vassilissa dengan judul “*Single Machine Scheduling with Small Operator-Non-Availability Periods*” ini membahas di dalam industri bahan kimia, masalah yang dihadapi adalah perencanaan eksperimen dimana

intervensi manusia dari seorang ahli kimia menangani setiap eksperimen dari awal sampai penghentian. Hal ini memberikan permasalahan baru dalam penjadwalan yaitu masalah menemukan jadwal dimana tugas tidak dapat dimulai ataupun diakhiri, jangka waktu yang pendek sedangkan durasi dari setiap periode lebih singkat dari seluruh waktu proses. asumsi ini sesuai dengan percobaan kimia selama beberapa hari dimana ketika jangka waktu operator tidak tersedia biasanya saat akhir pekan. masalah ini dianalisis melalui penjadwalan mesin tunggal dengan makespan sebagai kriteria. Jangka waktu tidak tersedianya operator ini dapat dijawab dalam waktu polinomial.

Penelitian yang dilakukan oleh Guilherme E. Vieira, Jeffrey W. Hermann, Edward Lin dengan Judul "*Rescheduling Manufacturing System: a Framework of Strategies, Policies, and Methods*" ini membahas setiap perusahaan manufaktur pasti memiliki jadwal produksi untuk membantu manager dalam mengawasi aktivitas produksi. Untuk mengatasi keterlambatan produksi akibat kerusakan mesin maupun hal lainnya, maka dibutuhkan penjadwalan ulang. Penelitian ini membahas definisi yang sesuai dengan penerapan penjadwalan ulang dalam sistem manufaktur dan mendeskripsikan sebuah kerangka kerja untuk mengetahui strategi, kebijakan, dan metode penjadwalan ulang.

Penjadwalan ulang merupakan proses memperbarui sebuah penjadwalan produksi untuk mengatasi gangguan dan berbagai perubahannya. Rescheduling dapat dipertimbangkan dari sisi sistem manufaktur (sistem mesin tunggal, sistem mesin parallel, *flowshop*, *jobshop*, dan sistem

manufaktur yang fleksibel) dan dari sisi gangguan yang berasal (kerusakan mesin, pekerjaan yang mendesak, pekerjaan yang dibatalkan, tenggat waktu yang berubah, keterlambatan kedatangan bahan baku, perubahan prioritas pekerjaan, masalah kualitas, kelebihan atau kekurangan waktu proses, dan absennya operator.

Penelitian yang dilakukan oleh Yiwei Cai, Erhan Kutanoglu, John Hasenbein, Joe Qin dengan judul “*Single-Machine Scheduling with Advanced Process Control Constraints*” ini membahas tentang pengendalian proses lanjutan (*Advanced Process Control*) yang digunakan di dalam industri manufaktur yang menerapkan teknologi yang tinggi. Penelitian ini mempelajari interaksi antara penjadwalan dan APC. Permasalahan *makespan* Mesin tunggal dan berbagai tipe pekerjaan dengan paksaan APC dibuktikan dengan NP-hard.

No	Peneliti	Judul	Metode	Variabel	Kesimpulan
1	X. Wang dan L. Tang (2011)	<i>Scheduling a Single Machine with Multiple Job Processing Ability to Minimize Makespan</i>	Model <i>Mixed Interger Linear Programming</i> (MILP) dan mengusulkan algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO) dengan alat analisis CPLEX	Meminimasi Makespan.	Hasil analisis menggunakan CPLEX adalah pada Model MILP hasilnya benar, dan algoritma yang diusulkan peneliti (PSO) memiliki hasil melebihi CPLEX
2	Umar Al-Turki dan Khalid Al-Shareef (2013)	<i>Single Machine Scheduling with Uncertain Processing Time</i>	Distribusi probabilitas, distribusi kemungkinan, pembatasan ketidakpastian	Meminimasi total waktu penyelesaian (<i>Total Completion Time</i>)	Solusi optimal akan mengurangi batas atas rata-rata waktu penyelesaian dengan mengurutkan pekerjaan yang memiliki waktu proses yang lebih singkat untuk dikerjakan terlebih dahulu
3	PH. Mauguiere, J.-C. Billaut, dan J.-L. Bouquard (2005)	<i>New Single Machine and Job-Shop Scheduling Problems with Availability Constraints</i>	Algoritma <i>state-of-the-art</i> dan algoritma <i>branch and bound</i>	Permasalahan penjadwalan mesin tunggal dan permasalahan penjadwalan <i>job-shop</i>	Setelah dilakukan uji komputasi untuk membandingkan kedua algoritma, hasilnya adalah algoritma <i>branch and bound</i> dapat di ketahui hasilnya sementara algoritma <i>state-of-the-art</i> tidak diketahui hasilnya
4	Velery Gordon, Vitaly Strusevich, Alexandre Dolgui (2011)	<i>Scheduling with Due Date Assignment Under Special Conditions on Job Processing</i>	Mengulas berbagai penelitian mengenai penugasan tenggat waktu dibawah kondisi spesial	Kendala yang diutamakan, waktu proses yang dapat diawasi,	Kemampuan untuk mengawasi tenggat waktu dan kondisi proses adalah faktor utama untuk meningkatkan kinerja sistem.

			dalam proses pengerjaan	kemunduran dan efek pembelajaran, dan aktivitas pemeliharaan	
5	Christophe Rapine, Nadia Brauner, Gerd Finke, dan Vassilissa (2012)	<i>Single Machine Scheduling with Small Operator-Non-Availability Periods</i>	Fully Polynomial Time Approximation Schemes (FPTAS)	Ketidakterediaan operator	Berhasil mengembangkan sebuah algoritma polinomial baru yang lebih efektif untuk mengatasi masalah ketidakterediaan operator
6	Guilherme E. Vieira, Jeffrey W. Hermann, Edward Lin	<i>Rescheduling Manufacturing System: a Framework of Strategies, Policies, and Methods</i>	Strategi penjadwalan ulang dengan pengukuran berupa waktu	Sistem manufaktur dan berbagai gangguan	Hasil dari penelitian ini adalah strategi penjadwalan ulang <i>dynamic scheduling, predictive reactive scheduling</i>
7	Yiwei Cai, Erhan Kutanoglu, John Hasenbein, Joe Qin	<i>Single-Machine Scheduling with Advanced Process Control Constraints</i>	Metode NP-hard dan algoritma heuristik	Penjadwalan mesin tunggal dengan berbagai tipe permasalahan <i>makespan</i> dan <i>Advanced Process Control (APC)</i>	Algoritma heuristik dapat menemukan solusi yang sangat bagus dan cepat untuk menangani masalah penjadwalan APC pada mesin tunggal