

## BAB II. LANDASAN TEORI

Bab ini merupakan penjelasan dari dasar teori serta penelitian sebelumnya yang dijadikan sebagai dasar dan acuan dalam menyusun penelitian ini.

### 2.1 Landasan Teori

Merupakan teori-teori yang menjadi dasar acuan dalam melakukan penelitian ini meliputi definisi proyek konstruksi, teori penjadwalan pekerjaan, model matematika dalam penelitian ini.

#### 2.1.1 Proyek Konstruksi

Proyek merupakan suatu rangkaian aktivitas yang dilaksanakan secara terencana dan berurutan serta menggunakan banyak jenis sumber daya dan dibatasi oleh biaya, mutu dan waktu. Proyek juga merupakan aktivitas yang bersifat sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang tujuannya telah ditentukan secara jelas (Ervianto, 2002).

Selain dalam jangka waktu pelaksanaannya, proyek konstruksi memiliki kemiripan dengan industri manufaktur dalam setiap jenis pekerjaannya. Sistem produksi yang dilakukan dalam menghasilkan produk dapat bervariasi sesuai dengan jenis proyek yang dilakukan. Adapun sistem produksi dapat dibagi ke dalam beberapa jenis bentuk produksi sebagai berikut:

##### 1. *Flow Shop*

Sistem produksi *flowshop* menyusun stasiun-stasiun kerja dalam urutan-urutan operasi pembuatan sehingga sering juga disebut *product flow*. Hal tersebut dikarenakan produk yang mengalir mengikuti langkah-langkah sekuensial yang sama dalam proses produksi. Sistem produksi ini dibagi menjadi beberapa tipe sebagai berikut:

##### a. *Continuous flow shop*

Sistem produksi ini biasanya digunakan untuk memproduksi maupun memproses material cair, bahan kimia cair ataupun pengilangan minyak.

b. *Dedicated repetitive flow*

Sistem produksi ini memproduksi satu jenis produk tertentu secara terus menerus. Namun masih mengizinkan adanya variasi produk seperti melakukan variasi warna yang tidak memerlukan penundaan waktu *set-up* dibagian *assembly* atau proses keseluruhan produksi.

c. *Mixed model repetitive flow*

Sistem produksi ini digunakan untuk memproduksi dua atau beberapa model produk sekaligus. Namun dengan demikian waktu *set-up* yang diperlukan untuk mengubah satu produk ke produk yang lain hampir tidak ada. Hal tersebut terjadi karena untuk beberapa proses produk sekaligus, maka peralatan yang digunakan mempunyai fungsi yang relatif umum dan pekerja yang digunakan mampu mengerjakan beberapa jenis pekerjaan.

d. *Batch flow*

Sistem produksi ini pada dasarnya sama dengan model *continuous repetitive flow*, hanya saja pada sistem produksi ini dua atau lebih produk diproses sekaligus, *set-up* mempunyai pengaruh yang cukup besar untuk perubahan dari satu produk ke produk yang lainnya sehingga perlu ditentukan ukuran batch produksi yang menghasilkan waktu proses per unit yang minimum.

2. *Job Shop*

Sistem produksi jenis ini memiliki urutan proses yang dialami setiap produk disetiap stasiun kerja berbeda-beda. Oleh karena itu, peralatan yang digunakan mempunyai fungsi yang umum. Peralatan disusun berdasarkan proses produksi yang dilakukan sehingga proses produksi ini sering dikenal mempunyai tata letak berdasarkan proses (*process layout*).

3. *Fixed Site*

Sistem produksi ini mempunyai karakteristik membawa material, peralatan-peralatan dan personal ke lokasi tempat produk akan diproduksi karena ukuran produk yang dihasilkan sangat besar (Fogarty, 1991).

### 2.1.2 Pengelasan

Pekerjaan pengelasan merupakan pekerjaan yang memiliki peran yang penting dalam bidang konstruksi. Pengelasan suatu teknik penyambungan logam melalui penggunaan energi panas. Pengelasan dilakukan dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah untuk menghasilkan sambungan yang kontinu (Nero, 2023). Pada pengelasan pipa, pengelasan diawali dengan proses *fit up* atau *tack weld*. *Tack weld* merupakan proses yang digunakan untuk memperbaiki pengaturan las dan mencegah pipa atau bagian yang dilas bergerak pada posisi yang tidak memadai yang dapat menyebabkan penurunan kualitas pengelasan. Proses *tack weld* mempengaruhi distorsi struktur yang akan dilas karena pengaruhnya terhadap kekakuan struktur pengelasan. Pengelasan *tack* dilakukan dengan membuat titik-titik pengelasan kecil untuk menahan bagian-bagian komponen yang akan dilas secara merata sebelum pengelasan penuh untuk menjaga stabilitas dan keselarasan hasil pengelasan (Pamungkas, 2023). Berdasarkan pada metode nya, terdapat dua metode pengelasan yang sering digunakan dalam bidang konstruksi sebagai berikut:

1. SMAW (*Shield Metal Arc Welding*)

Merupakan proses las busur manual dimana panas pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda terumpan berpelindung *fluks* dengan benda kerja. Elektroda yang digunakan dalam pengelasan ini memiliki selaput pelindung yang ikut terbakar selama pengelasan dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda kawat las terhadap udara luar. Cairan selaput elektroda yang membeku akan menutupi permukaan las yang juga berfungsi sebagai pelindung dari pengaruh luar.

2. GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*)

Merupakan proses pengelasan dengan memakai busur nyala api yang menghasilkan elektroda tetap yang terbuat dari *tungsten (wolfram)*, sedangkan bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari *torch*, untuk mencegah oksidasi dipakai gas pelindung yang keluar dari *torch* yang biasanya berupa gas argon 99% (Umartono, 2018).

Pekerjaan pengelasan memanfaatkan panas sebagai metode untuk menyambungkan logam. Terdapat tiga bagian yang terpengaruh dalam proses pengelasan logam, yakni sebagai berikut:

1. *Base Metal*

Merupakan bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur maupun sifat pada logam tersebut.

2. *Heat Affected Zone (HAZ)*

Merupakan logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las.

3. *Weld Metal*

Merupakan bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku, komposisi logam las terdiri dari komponen induk dan bahan tambah dari elektroda (Khiyaarul, 2018).

### 2.1.3 Penjadwalan Pekerjaan

Penjadwalan pekerjaan dapat diartikan sebagai suatu aktivitas untuk mengalokasikan sumber daya yang dimiliki oleh perusahaan dengan tetap melihat keterbatasan yang dimiliki oleh sebuah perusahaan (Muharni, 2018). Penjadwalan pekerjaan dilakukan untuk meminimalisir kegagalan pekerjaan yang mungkin terjadi (Kulsum, 2018). Penjadwalan pekerjaan juga diperlukan untuk mengoptimalkan sumber daya yang tersedia diperusahaan agar berfungsi secara maksimal (Sutiawan, 2018). Penjadwalan juga dapat didefinisikan sebagai proses

pengorganisasian, pemilihan dan penentuan waktu penggunaan sumber daya yang ada untuk menghasilkan *output* seperti yang diharapkan dalam waktu yang telah ditentukan (Morton, 2001).

Dalam proses penjadwalan pekerjaan, parameter utama yang perlu diperhatikan adalah waktu baku pekerjaan. Waktu baku merupakan waktu yang diperlukan seseorang yang memiliki kemampuan penyelesaian rata-rata untuk menyelesaikan pekerjaan yang biasanya digunakan sebagai standar untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (Sari, 2020). Penetapan waktu baku diperlukan perusahaan untuk mengetahui jumlah tenaga kerja optimal yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proses pekerjaan (Beauty, 2018). Penetapan waktu baku dapat dilakukan dengan melakukan beberapa tahap seperti pengukuran data, uji keseragaman data, lalu menguji kecukupan data. Selanjutnya dapat dihitung waktu siklus, waktu normal untuk dapat mengetahui waktu baku dari sebuah proses pekerjaan.

Dalam penjadwalan proses pekerjaan, terdapat tiga elemen penting yang menentukan proses berjalannya sebuah penjadwalan. Elemen pertama merupakan elemen *job* atau pekerjaan. *Job* merupakan suatu pekerjaan yang harus diselesaikan untuk mendapatkan suatu produk. Elemen selanjutnya adalah operasi, merupakan elemen proses yang berisikan informasi mengenai urutan pengerjaan dan jenis mesin yang digunakan dalam proses produksi. Elemen ketiga adalah mesin. Mesin merupakan sumber daya yang diperlukan untuk mengerjakan proses penyelesaian sebuah *job*. Mesin setidaknya memiliki tiga kondisi yaitu *routing* setiap *job* yang diikuti, setiap mesin hanya bisa memproses satu *job* untuk satu waktu dengan proses yang tidak di interupsi. Dan yang ketiga adalah waktu proses produksi setiap mesin telah ditentukan (Hartini, 2010). Dalam prosesnya dalam melakukan pekerjaan, kinerja mesin juga dipengaruhi oleh keberadaan manusia sebagai pengguna mesin. Dalam beberapa jenis pekerjaan, kombinasi yang baik antara manusia dan mesin diperlukan untuk memperoleh hasil produksi yang optimum. Dalam pekerjaan konstruksi, parameter mesin juga dapat disebut sebagai tim. Dimana tim terdiri dari beberapa manusia dengan berbagai peralatan yang digunakannya, termasuk mesin.

Proses penjadwalan pekerjaan dalam dunia industri memiliki beberapa variabel yang perlu diperhatikan. Berikut beberapa istilah-istilah yang ada dalam proses penjadwalan (Sidabutar, 2019) antara lain sebagai berikut:

1. *Processing time*

Merupakan waktu proses yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan ke-*i*. Adapun pada umumnya di simbolkan dengan *T<sub>i</sub>*.

2. *Makespan*

Merupakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan keseluruhan pekerjaan. *Makespan* pada umumnya diperlukan untuk mengetahui durasi keseluruhan pekerjaan

3. *Starting time*

Merupakan waktu dimana sebuah pekerjaan dimulai, dapat disimbolkan dengan *S<sub>ijk</sub>*.

4. *Completion time*

Merupakan rentang waktu antara awal pekerjaan pada tugas pertama disaat  $t = 0$  dan waktu ketika tugas *i* diselesaikan. *Completion time* dapat disimbolkan dengan *C<sub>ijk</sub>*.

5. *Due date*

Merupakan batas akhir dari suatu pekerjaan yang harus diselesaikan. Kelebihan waktu dari waktu yang telah ditentukan merupakan suatu keterlambatan.

6. *Lateness*

Merupakan penyimpangan *completion time* dan *due date* pada sebuah pekerjaan.

7. *Tardiness*

Merupakan nilai keterlambatan sebuah pekerjaan. Akan bernilai positif jika sebuah pekerjaan terlambat dan akan bernilai negatif jika sebuah pekerjaan dinyatakan *early*.

8. *Early*

Merupakan suatu nilai keterlambatan yang menyatakan bahwa pekerjaan diselesaikan sebelum *due date* nya.

9. *Flow time*

Merupakan rentang waktu antara titik dimana sebuah pekerjaan siap dikerjakan dan titik saat selesainya. Merupakan hasil penjumlahan waktu proses dengan waktu tunggu sebelum pekerjaan dikerjakan.

10. *Slack time*

Merupakan sisa waktu antara *due date* dan waktu proses dari sebuah pekerjaan. *Slack time* menggambarkan kelonggaran yang dimiliki oleh pekerjaan yang bersangkutan.

Tahapan penjadwalan yang baik dapat menghasilkan proses produksi yang baik. Dalam hal ini, tahapan penjadwalan harus memberntuk aktivitas-aktivitas sebagai berikut (Wildan *et al.*, 2010):

1. *Pembebanan (Loading)*

Pembebanan dilakukan dengan melibatkan kapasitas terhadap pekerjaan yang ada. Pembebanan dilakukan dengan menugaskan pekerjaan kepada tim, mesin atau fasilitas tertentu.

2. *Pengurutan (Sequencing)*

Pengurutan ini merupakan penugasan pekerjaan mana yang dilakukan terlebih dahulu bila suatu tim memiliki banyak pekerjaan.

3. *Prioritas Pekerjaan (Dispatching)*

Dispatching merupakan prioritas kerja terhadap pekerjaan-pekerjaan yang mana telah diseleksi untuk di selesaikan terlebih dahulu.

4. *Pengendalian kinerja penjadwalan*

Pengendalian kinerja penjadwalan dapat dilakukan dengan meninjau kembali pekerjaan-pekerjaan yang telah dijadwalkan dengan sistem tertentu. Penijauan ini dapat berupa pengaturan kembali urutan suatu pekerjaan karena sebab tertentu.

5. *Updating jadwal*

Tahap ini dapat dilakukan sebagai cerminan kondisi operasi yang terjadi dengan merevisi prioritas-prioritas pekerjaan yang telah ditetapkan.

Dalam proses penjadwalan, urutan pekerjaan merupakan bagian kritis dalam mendapatkan durasi yang optimum sesuai dengan kebutuhan. Berdasarkan penelitian Narashiman *et al.*, (1995), terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menentukan urutan prioritas pekerjaan antara lain sebagai berikut:

1. *Short Processing Time (SPT)*

Metode ini bertujuan untuk meminimalkan rata-rata waktu proses dan rata-rata waktu keterlambatan dengan mengerjakan terlebih dahulu pekerjaan dengan waktu proses terpendek.

2. *First Come First Service (FCFS)*

Metode ini mengerjakan pekerjaan yang datang lebih awal untuk dikerjakan terlebih dahulu. Pada umumnya digunakan pada *flow process* dengan durasi pekerjaan yang relatif sama.

3. *Earliest Due Date (EDD)*

Metode ini akan mengerjakan pekerjaan dengan *due date* paling awal sebagai pekerjaan yang dikerjakan lebih dulu. Metode ini bersifat meminimumkan *maximum lateness* dan *maximum tardiness* pada sebuah tim namun tidak menjadim pekerjaan tersebut selesai tepat waktu.

4. *Longest Processing Time (LPT)*

Metode ini akan mengutamakan pekerjaan dengan waktu yang terpanjang untuk dikerjakan terlebih dahulu.

5. *Least Slack Time (LST)*

Metode ini bertujuan untuk mengurangi *tardiness* pada mesin paralel. Bila *slack time* suatu pekerjaan diartikan sebagai waktu yang tersisa antara waktu proses sebuah pekerjaan dengan *due date* nya dengan penjadwalan dimulai pada saat  $t = 0,0$  serta *due date* nya dinyatakan dalam unit waktu, maka *slack time* adalah *due date* dikurangi dengan waktu proses

6. *Random Selection (RS)*

Metode ini memilih pekerjaan secara acak untuk dikerjakan terlebih dahulu.

#### 2.1.4 Klasifikasi Penjadwalan Produksi

Menurut Pinedo (2012), Penjadwalan produksi dapat di klasifikasikan sebagai berikut:

1. Penjadwalan mesin tunggal (*single machine*)  
Merupakan penjadwalan yang hanya dilakukan pada satu mesin yang tersedia untuk memproses setiap pekerjaan.
2. Penjadwalan Mesin Jamak (*parallel machine*)  
Merupakan penjadwalan yang dilakukan pada lebih dari satu mesin yang tersedia untuk memproses pekerjaan yang ada. Penjadwalan ini dapat dibagi menjadi beberapa kategori sebagai berikut:
  - a. Penjadwalan  $n$  pekerjaan pada mesin paralel identik  
Memiliki prinsip untuk menjadwalkan penjadwalan dengan mengalokasikan beban pekerjaan pada mesin yang kosong/*idle* terlebih dahulu.
  - b. Penjadwalan  $n$  pekerjaan pada mesin paralel non identik  
Memiliki kondisi dimana mesin memiliki fungsi yang sama namun waktu prosesnya berbeda. Dimana *flowtime* tidak dapat di evaluasi langsung dari waktu proses. Pada penjadwalan ini, waktu terpendek tidak selalu menjadi keputusan alokasi mesin.
  - c. Penjadwalan  $n$  pekerjaan pada mesin paralel *unrelated*  
Merupakan perluasan dari penjadwalan paralel non identik dimana terdapat  $m$  mesin paralel dengan mesin  $i$  memproses pekerjaan  $j$  maka kecepatan mesin dapat diartikan sebagai  $V_{ij}$
3. Penjadwalan *flowshop*  
Merupakan penjadwalan pada beberapa mesin dimana setiap pekerjaan harus melewati setiap mesin secara berurutan dengan rute yang selalu sama. Setelah pekerjaan selesai pada satu mesin, maka pekerjaan tersebut akan dilanjutkan mesin selanjutnya.
4. Penjadwalan *job shop*

Merupakan penjadwalan pada beberapa mesin dimana setiap pekerjaan memiliki rute urutan proses yang berbeda-beda dan tidak tetap. Setiap pekerjaan dapat diproses lebih dari satu kali pada mesin yang sama.

#### 5. Penjadwalan *open shop*

Merupakan penjadwalan pada beberapa mesin dimana setiap pekerjaan memiliki urutan proses yang berbeda dan tidak ada batasan urutan produksi pada setiap pekerjaan. Beberapa pekerjaan memiliki urutan tersendiri dan yang lainnya tidak memiliki urutan.

### 2.1.5 *Integer Linear Programming*

Proses optimasi sebuah permasalahan dapat diselesaikan melalui pendekatan matematis dengan cara mengidentifikasi penyelesaian terbaik dari sebuah fungsi tujuan yang diarahkan dari titik maksimum ataupun minimum untuk membantu proses pengambilan keputusan. Namun terkadang dalam proses mencari solusi dari sebuah masalah diperlukan formulasi model matematika yang kompleks sehingga memerlukan proses yang panjang dan tidak praktis. *Linear Programming* (LP) menjadi pilihan yang tepat untuk menyederhanakan proses yang panjang tersebut. *Linear Programming* merupakan metode deterministik, sehingga dapat diketahui bahwa semua parameter model diasumsikan diketahui dengan pasti. Permasalahan yang dihadapi manusia pada umumnya memiliki tingkat ketidakpastian yang tinggi. Hal tersebut menjadi kelebihan *linear programming* untuk memberikan analisis pasca-optimum dan analisis parameter yang sistematis yang memungkinkan untuk proses pengambilan keputusan yang bersangkutan. *Linear programming* dapat mengubah sebuah permasalahan pada dunia nyata menjadi sebuah model matematis yang memiliki beberapa pembatas dan memiliki sebuah fungsi tujuan (Taha, 2007).

Menurut Hilier & Lieberman (1997), terdapat tiga komponen utama yang ada dalam model *integer programming* yakni sebagai berikut:

#### 1. Fungsi Tujuan (*Objective function*)

Fungsi tujuan merupakan fungsi yang menggambarkan sasaran dari dalam permasalahan *integer linear programming* yang berkaitan dengan

pengaturan secara optimal setiap sumber daya agar diperoleh hasil yang optimal.

2. Fungsi Pembatas (*Constraint Function*)

Fungsi pembatas merupakan bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan yang tersedia dalam permasalahan dan akan dialokasikan ke dalam sumber daya untuk memperoleh hasil yang optimal.

3. Variabel Keputusan (*Decision Variables*)

Variabel keputusan merupakan aspek model yang dapat dikendalikan. Nilai dari variabel keputusan merupakan alternatif-alternatif yang mungkin dipilih dari fungsi linier.

Dalam penyelesaian permasalahan dengan *linear programming*, dapat dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan variabel keputusan
2. Membuat fungsi tujuan
3. Memformulasikan kendala atau batasan dalam sebuah model matematis
4. Menggambarkan dalam bentuk grafik
5. Menentukan daerah kemungkinan/*feasible*
6. Menemukan solusi optimum

Berdasarkan jumlah permasalahan yang dapat diselesaikan, terdapat tiga jenis permasalahan yang terdapat dalam *linear programming* (Winston, 2003). Jenis permasalahan tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Integer Linear Programming* (ILP)

Merupakan permasalahan dimana semua variabel harus bernilai integer.

2. *Mixed-Integer Linear Programming* (MILP)

Merupakan permasalahan yang terjadi apabila hanya ada beberapa variabel yang bernilai integer dengan variabel lainnya bisa berupa bilangan biner.

3. *Binary Linear Programming* (BLP)

Merupakan permasalahan dimana semua variabel bernilai satu atau nol (biner).

### 2.1.6 *Branch and Bound*

Metode *Branch and Bound* merupakan metode yang sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi. Metode ini menghasilkan solusi yang optimum dengan konsep yang berupa *divide* (memisahkan) dan *conquer* (menyelesaikan). Permasalahan yang sangat luas dan terlalu sulit untuk diselesaikan secara langsung, selanjutnya dipermudah dengan metode ini dengan membagi permasalahan tersebut menjadi sub masalah yang jauh lebih sederhana sampai sub masalah terkecil yang bisa diselesaikan. Penyelesaian dilakukan secara bertahap dengan membatasi (*bounding*) seberapa bagus solusi yang mungkin ada dalam subset tersebut dan kemudian membuang subset tersebut apabila ternyata batas subset mengindikasikan bahwa subset tersebut tidak mungkin berisi solusi optimum untuk permasalahan asli. Secara umum, langkah-langkah penyelesaian permasalahan dalam metode *branch and bound* adalah sebagai berikut:

#### 1. *Branching*

Tahap ini membagi permasalahan asli menjadi submasalah. *Branching* dilakukan dengan mencabangkan nilai salah satu variabel data sub masalah pada nilai 1 dan 0.

#### 2. *Bounding*

Tahap ini akan menerapkan batasan pada masing-masing sub masalah yang ada sesuai nilai batasannya dengan metode *simplex* pada *LP relaxation*-nya

#### 3. *Fathoming*

Pada tahap ini, suatu sub masalah bisa diselesaikan kemudian dihilangkan atau tidak lagi dibahas pada tahapan selanjutnya. Suatu sub masalah bisa dieliminasi dari tahapan penyelesaian selanjutnya jika memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. Solusi dari sub masalah tersebut (dengan *LP relaxation*) berupa solusi unik (sudah dalam bentuk integer) yang berarti bahwa solusi tersebut adalah solusi optimal dari sub masalah tersebut.

- b. Jika sub masalah tersebut setelah diselesaikan ternyata tidak memiliki solusi yang memungkinkan (*feasible*), sehingga sub masalah tersebut dapat diabaikan.
- c. Bila nilai solusi ( $x$ ) dari suatu sub masalah tersebut lebih kecil atau sama dengan nilai solusi ( $x$ ) yang telah diperoleh pada sub masalah sebelumnya (Winston, 2003).

### 2.1.7 Metode Pemodelan Matematika

Metode pemodelan matematika merupakan metode yang digunakan dengan proses perhitungan matematis dengan berbagai acuan dasar perhitungan seperti *linear interger programming*, *ant colony algorithm* ataupun algoritma *annealing*. Pengembangan metode matematika dapat disesuaikan dengan kondisi pekerjaan yang dilakukan. Hal tersebut membuat pemodelan matematika menjadi lebih sesuai untuk memperoleh nilai optimal dari sebuah proses produksi.

Model matematika merupakan hal yang diperlukan untuk mengurangi durasi waktu pekerjaan serta melakukan pemerataan beban kerja sehingga dapat diperoleh solusi yang optimal. Model matematika yang akan dilakukan memiliki formulasi dalam bentuk *integer linear programming* dengan asumsi kondisi sebagai berikut:

1. Material sudah siap secara keseluruhan dan siap untuk difabrikasi
2. Area kerja yang luas dan memenuhi kapasitas yang diperlukan untuk seluruh proses fabrikasi.
3. Seluruh tim yang bekerja tidak memiliki kendala dan selalu tersedia selama proses fabrikasi berlangsung.

Dengan tersedianya material, area kerja serta jumlah tim yang cukup, proses perencanaan penjadwalan dapat dilakukan dengan baik. Berdasarkan Damodaran (2011), terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan model matematika ini adalah sebagai berikut:

### 2.1.8 Parameter Model

Parameter model yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada penjelasan sebagai berikut:

1. indeks ( $i$ ) : merupakan jumlah job yang ada di proyek ini (1,2,3,...,18)
2. indeks ( $j$ ) : merupakan urutan pekerjaan tiap tim yang tersedia (1,2,3,4,5)
3. indeks ( $k$ ) : merupakan jumlah tim yang tersedia (1,2,3,4)
4. indeks ( $T_i$ ): merupakan lama durasi yang terdapat pada setiap job
5. indeks ( $X_{jki}$ ): merupakan job  $i$  yang dikerjakan oleh tim  $k$  dimana akan bernilai 1 jika dikerjakan dan bernilai 0 jika tidak dikerjakan tim  $k$ .
6. indeks ( $S_{jki}$ ): merupakan waktu dimulainya job  $i$  oleh tim  $k$  pada urutan  $j$ .
7. indeks ( $C_{jki}$ ): merupakan waktu selesainya job  $i$  oleh tim  $k$  pada urutan  $j$ .

### 2.1.9 Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dari model ini adalah untuk meminimasi *makespan* atau *total flowtime*. Adapun formula yang diperlukan untuk fungsi tujuan ini adalah sebagai berikut:

$$\text{Min } Z = \sum_i C_{jki} \quad (2.1)$$

Dimana:

$$C_{jki} = \text{total completion time}$$

### 2.1.10 Fungsi Pembatas

Dalam proses optimasi model matematika, pembatas harus ditambahkan dengan mempertimbangkan kendala yang terjadi pada proses fabrikasi. Batasan ini selanjutnya akan menjadi acuan dalam proses formulasi yang dilakukan oleh model matematika. Adapun batasan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembatas 1: memastikan bahwa setiap urutan dan tim, hanya dijadwalkan satu kali pada keseluruhan pekerjaan

$$\sum_i X_{jki} = 1 \quad \forall j, k \quad (2.2)$$

2. Pembatas 2: memastikan bahwa setiap job wajib dijadwalkan satu kali pada keseluruhan urutan dan tim.

$$\sum_i X_{jki} = 1 \quad \forall i \quad (2.3)$$

3. Pembatas 3: memastikan bahwa setiap pekerjaan pada urutan pertama dari setiap tim, waktu mulai nya selalu bernilai nol.

$$S_{(j=1)ki} = 0 \quad \forall (j = 1), k, i \quad (2.4)$$

4. Pembatas 4: memastikan bahwa waktu selesai pekerjaan merupakan waktu mulai ditambah dengan waktu proses.

$$C_{jki} = S_{jki} + T_i \quad \forall j, k, i \quad (2.5)$$

5. Pembatas 5: memastikan bahwa setiap pekerjaan pada urutan yang lebih besar dari satu, nilai waktu mulai pekerjaan harus lebih besar dari nilai waktu selesai urutan sebelumnya.

$$\sum_i S_{(j+1)ki} X_{jki} = \sum_i C_{(j-1)ki} \quad \forall j, k \quad (2.6)$$

6. Pembatas 6: memastikan total durasi tidak melebihi 31 hari sesuai dengan durasi total proyek.

$$\sum_i C_{jki} \leq 31 \quad \forall j, k, i \quad (2.7)$$

7. Pembatas 7: memastikan total durasi kerja setiap tim harus lebih dari 27 hari karena durasi total 109 hari dan total tim adalah 4, maka rata-rata durasi tiap tim minimal 27,25 hari atau lebih dari sama dengan 27 hari

$$\sum_i X_{jki} \times T_i \geq 27 \quad \forall j, k, i \quad (2.8)$$

8. Pembatas 8: memastikan bahwa  $S_{jki}$  bernilai positif

$$S_{jki} > 0 \quad \forall j, k, i \quad (2.9)$$

9. Pembatas 9: memastikan bahwa  $C_{jki}$  bernilai positif

$$C_{jki} > 0 \quad \forall j, k, i \quad (2.10)$$

10. Pembatas 10: memastikan bahwa  $X_{jki}$  merupakan bilangan biner

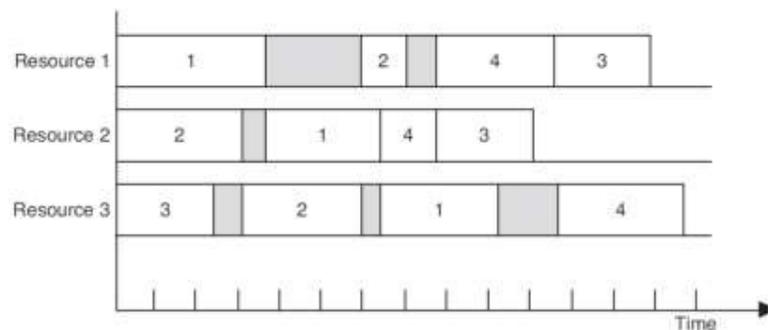
$$X_{jki} \in \{1,0\} \quad (2.11)$$

#### 2.1.11 *Software Lingo*

*Software Lingo* merupakan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan matematika berupa pemrograman linier, non linier, maupun yang berbentuk integer. Penerapan model matematika dalam bentuk komputasi dapat dilakukan dengan *software Lingo* untuk menerapkan berbagai permasalahan yang dihadapi perusahaan seperti perencanaan produksi, perencanaan keuangan maupun pengaturan transportasi dan lain sebagainya. Pada umumnya penggunaan *software Lingo* diperlukan untuk memperoleh solusi optimum dari model matematika dengan proses komputasi yang lebih sederhana. Sehingga banyak permasalahan yang dapat diselesaikan dengan lebih mudah dan cepat dengan penggunaan *software Lingo* (Warman, 2018).

### 2.1.12. Gantt Chart

*Gantt chart* merupakan salah satu metode visualisasi data yang dapat digunakan dalam proses penjadwalan produksi. Kemudahan dalam analisis dapat diperoleh bila data atau jadwal yang dihasilkan dapat divisualisasikan dengan lebih sederhana. *Gantt chart* pertama kali dipopulerkan penggunaannya oleh *Henry Gantt* pada tahun 1990. *Gantt chart* secara umum terdiri dari garis vertikal dengan sumbu y dan garis horizontal dengan sumbu x. Sumbu y menunjukkan sumber daya tertentu dengan sumbu x menunjukkan skala waktu tertentu (Baker, 2009). *Gantt chart* dapat menunjukkan kapan suatu pekerjaan akan dimulai hingga pekerjaan tersebut selesai serta menunjukkan perkiraan waktu *idle* dari setiap sumber daya yang digunakan. Penggunaan *gant chart* dapat mempermudah untuk mengetahui informasi mengenai jadwal dengan memberikan analisis hubungan geometris. Pengaturan ulang pekerjaan juga dapat dilakukan dengan *gant chart* untuk memperoleh solusi alternatif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *gant chart* berfungsi untuk membantu mengukur kinerja dan membandingkan jadwal dengan memvisualisasikan masalah secara lebih dini.



Gambar 2.1 Contoh *Gantt Chart*

### 2.1.13. Earned Value Management

*Earned value management* merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kemajuan progres suatu proyek lebih besar atau lebih kecil dari anggaran yang telah ditentukan atau lebih cepat atau lambat dari jadwal yang telah ditentukan. Metode EVM memiliki tiga komponen utama sebagai acuan dalam penggunaannya yaitu rencana penyerapan biaya atau *budget cost*, biaya aktual yang

telah dikeluarkan atau *actual cost* serta suatu nilai yang diperoleh dari biaya yang sudah dikeluarkan tersebut (Sari, 2023). Adapun penjelasan mengenai ketiga parameter tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Budget Cost of Work Schedule* (BCWS)

Merupakan anggaran suatu pekerjaan yang disusun dan dikaitkan dengan jadwal pelaksanaan pekerjaan. Sehingga terjadi hubungan antara biaya, jadwal serta ruang lingkup pekerjaan dimana setiap bagian pekerjaan telah diberi alokasi waktu dan biaya yang menjadi tolak ukur dalam proses pelaksanaan pekerjaan. Adapun perhitungan BCWS dapat dilihat dalam persamaan sebagai berikut:

$$BCWS = \% \text{ Bobot rencana} \times \text{Total anggaran rencana} \quad (2.11)$$

2. *Budget Cost of Work Performance* (BCWP)

Merupakan biaya yang seharusnya dikeluarkan untuk pekerjaan yang telah dilaksanakan selama kurun waktu tertentu menurut perencanaan. Adapun perhitungan BCWP dapat dilihat dalam persamaan sebagai berikut:

$$BCWP = \% \text{ Bobot realisasi} \times \text{Total anggaran rencana} \quad (2.12)$$

3. *Actual Cost of Work Performance* (ACWP)

Merupakan jumlah aktual dari pengeluaran atau dana yang digunakan untuk melaksanakan pekerjaan dalam kurun waktu tertentu. Biaya ini diperoleh dari data data keuangan proyek pada tanggal pelaporan yang sesuai. Adapun perhitungan ACWP dapat dilihat dalam persamaan sebagai berikut:

$$ACWP = \% \text{ penyelesaian (realisasi)} \quad (2.13)$$

Berdasarkan pada 3 parameter tersebut, dapat diketahui beberapa faktor yang menjadi acuan dalam mengukur kemajuan proyek yakni sebagai berikut:

1. *Cost Variance* (CV)

Merupakan selisih antara nilai yang diperoleh setelah menyelesaikan paket-paket pekerjaan dengan biaya aktual yang terjadi selama pelaksanaan proyek. Adapun persamaan untuk menghitung nilai CV dapat dilihat sebagai berikut:

$$CV = BCWP - ACWP \quad (2.14)$$

2. *Schedule Variance (SV)*

Merupakan selisih antara nilai yang diperoleh setelah menyelesaikan paket-paket pekerjaan dengan nilai biaya anggaran untuk suatu paket pekerjaan. Adapun persamaan untuk menghitung nilai SV dapat dilihat sebagai berikut:

$$SV = BCWP - BCWS \quad (2.15)$$

3. *Cost Performance Index (CPI)*

Merupakan perbandingan antara nilai hasil yang diperoleh dari penyelesaian pekerjaan dengan biaya aktual yang telah dikeluarkan. CPI yang bernilai positif menunjukkan biaya aktual yang dikeluarkan berada dibawah nilai anggaran yang direncanakan, bernilai nol bila biaya yang dikeluarkan sesuai dengan anggaran serta bernilai negatif bila biaya yang dikeluarkan lebih tinggi dari anggaran yang direncanakan. Adapun perhitungan CPI dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} \quad (2.16)$$

4. *Schedule Performance Index (SPI)*

Merupakan perbandingan antara nilai hasil yang diperoleh setelah menyelesaikan pekerjaan dengan biaya yang direncanakan. SPI bernilai positif menunjukkan pekerjaan terlaksana lebih cepat dari jadwal, bernilai nol bila pekerjaan terlaksana secara tepat waktu serta bernilai negatif bila pekerjaan terlaksana secara lebih lambat dari yang direncanakan. Adapun perhitungan nilai SPI dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS} \quad (2.17)$$

Penggunaan metode EVM merupakan hal yang perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh penerapan model matematika terhadap waktu serta biaya yang dikeluarkan dalam setiap penyelesaian proyek. Sehingga dapat dilakukan pengamatan yang lebih detil untuk kelayakan model matematika untuk diterapkan dalam sudut pandang waktu serta biaya.

## **2.2 Penelitian Terdahulu**

Penelitian-penelitian terdahulu yang sudah dilakukan dan akan menjadi acuan dalam melaksanakan penelitian ini dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

| No | Nama Artikel   | Peneliti  | Jurnal  | Temuan  |
|----|--|---|---|---|
| 1  | <i>integer linear programming model for profit maximization using branch and bound algorithm in retail companies</i>                                       | Castillo., J.D.C.,<br>Yucra., W.N.P.,<br>Soto., M.n.,<br>Ynfantes., S.C           | <i>Science direct</i>                                   | Penyelesaian permasalahan penjadwalan dilakukan menggunakan metode <i>integer linear programming – branch and bound</i> untuk memperoleh jumlah optimal produk yang akan dibeli untuk sebuah toko retail dalam periode tertentu untuk meminimasi inventori dan memaksimalkan profit.  |
| 2  | <i>Optimizing project scheduling using linear programming approach: a case study of heating ventilation &amp; air conditioning mechanical installation</i> | Paraz., A.H.,<br>Gacuan.,E.G.R.,<br>Halim.,E.,<br>Redi.,A.A.N.P.,<br>German.,J.D. | <i>Science direct<br/>procidia computer<br/>science</i> | Penyelesaian permasalahan penjadwalan dilakukan dengan menggunakan metode <i>Critical Patch Method</i> dan <i>Integer linear programming</i> untuk meminimasi durasi total proyek. Terjadi peningkatan biaya sebesar 23% dari biaya awal namun masih masuk dalam kriteria yang sesuai karena durasi proyek akan selesai lebih cepat dari jadwal aslinya.  |
| 3  | <i>Non-identical parallel machines batch processing problem to minimize the makespan: Models and algorithms</i>  | Beldar, P.,<br>Battara, M.,<br>Laporte,G.   | <i>Science direct<br/>procidia computer<br/>science</i> | Penyelesaian permasalahan penjadwalan dilakukan dengan metode <i>mix-integer linear programming (MILP)</i> dan metode <i>metaheuristic</i> dengan tujuan untuk meminimasi <i>makespan</i> . Penelitian menghasilkan penjadwalan dimana job dapat dijadwalkan dalam <i>batch, batch</i> dapan dijadwalkan dalam mesin yang bersifat heterogen. Pengembangan metode metaheuristic berupa <i>Variabel Neighborhood Search</i> juga dilakukan dalam penelitian ini untuk kemampuan matematika untuk menjadwalkan sampai dengan 200 job. |

|   |   |  |  |   |
|---|---|--|--|---|
| 4 | <i>MILP model to minimize makespan in additive manufacturing machine scheduling problems</i>                                  | Kucukkoc, I.                                   | <i>Science direct<br/>Computer and<br/>Operation research</i>                | Penyelesaian permasalahan penjadwalan dilakukan dengan metode <i>mix integer linear programming (MILP)</i> untuk proses minimasi <i>makespan</i> dengan variasi <i>single machine, parallel machine</i> dan <i>pararel non identical machine</i> untuk mengatur 3 job, 2 mesin, 12 part. Penelitian menghasilkan Solusi optimum untuk setiap variasi mesin dengan meminimalkan <i>makespan</i> .  |
| 5 | <i>Model optimasi penjadwalan pallet &amp; dunnage untuk meminimasi makespan</i>  | Herlina,L.<br>Ilhami,M.A.,<br>Irman,A., Ansori | Jurnal Industrial<br>Service Untirta   | Penyelesaian permasalahan penjadwalan dilakukan dengan metode <i>mix integer linear programming (MILP)</i> untuk meminimasi <i>makespan</i> sebuah proses produksi dengan 10 job, 10 urutan dan 3 mesin yang bersifat <i>flow shop</i> . Penelitian menghasilkan minimasi <i>makespan</i> menjadi 273,73 jam sebagai solusi optimum untuk minimasi <i>makespan</i> .  |
| 6 | <i>Penjadwalan Job Shop pada Empat Mesin Identik dengan menggunakan metode shortest processing time dan genetic algorithm</i> | Setiawan,A.,<br>Susan.,<br>Asih,E.K.           | Jurnal Telematika<br>Institut teknologi<br>harapan bangsa                    | Penyelesaian permasalahan penjadwalan dilakukan dengan metode <i>shortest processing time</i> dan <i>genetic algorithm</i> untuk menjadwalkan 15 jenis pekerjaan dalam 4 paralel mesin yang identik. Penelitian ini menghasilkan bahwa metode SPT memiliki <i>makespan</i> yang lebih rendah meski secara teoritis metode GA dapat menghasilkan metode yang lebih baik. Hal tersebut karena keterbatasan jumlah iterasi yang dilakukan dalam penelitian ini |
| 7 | <i>Penjadwalan pada mesin paralel identik untuk meminimasi makespan dengan menggunakan pendekatan MILP</i>                    | Wildan,W.R.,<br>Setyanto,N.W.,<br>Rahman,A.    | Jurnal rekayasa dan<br>manajemen sistem<br>industri Universitas<br>Brawijaya | Penyelesaian permasalahan penjadwalan dilakukan dengan metode <i>mix integer linear programming</i> untuk 2 mesin paralel identik pada penjadwalan 15 job. Penelitian ini menghasilkan urutan optimum pekerjaan dengan 7 pekerjaan di mesin 1 dan 5 pekerjaan di mesin 2 dengan menghasilkan <i>makespan</i> optimum 453,5  |

|    |   |  |  |  |
|----|---|--|--|--|
|    |   |  |  | jam dan persentasi utilitas mesin sebesar 91,39% dari <i>makespan</i> awal sebesar 496 jam.  |
| 8  | <i>Pemodelan integer linear programming pada penjadwalan produksi tipe flowshop dan program optimasi waktu dengan metode branch and bound</i> | Khotimah,I.,<br>Wijayanti,H.,<br>Setyaningsih,S.               | Jurnal matematika dan terapan universitas pakuan bogor                               | Penyelesaian permasalahan penjadwalan dilakukan dengan metode <i>integer linear programming – branch and bound</i> terhadap 7 pekerjaan pada 6 mesin dengan bentuk <i>flowshop</i> . Penelitian ini menghasilkan nilai <i>makespan</i> 17290,73 dari <i>makespan</i> awal 19278,13 menit. Berbeda 1978,4 menit lebih cepat dengan nilai efisiensi sebesar 10,31%   |
| 9  | <i>Sistem penjadwalan produksi menggunakan metode fuzzy support vector machines dan algoritma evolusi fuzzy</i>                               | Manuaba,I.B.   | <i>Prosiding conference on smart green technology, universitas udayana</i>           | Penyelesaian permasalahan penjadwalan dilakukan dengan metode <i>fuzzy support vector machines</i> dan algoritma evolusi <i>fuzzy</i> untuk 9 job dan 5 mesin yang bersifat <i>job shop</i> . Penelitian ini menghasilkan proses penjadwalan yang optimum dengan mengurangi keterlambatan dan <i>idle time</i> pada mesin dengan meminimasi <i>tardiness</i> .   |
| 10 | <i>Analisis Proyek Pembangunan Jembatan Pelabuhan Patimban Menggunakan Metode Eardned Value</i>   | Anjani, A.,<br>Nugroho, M.W.,<br>Sundari, T.,<br>Rahadhani, R. | <i>Journal Sipil Sains Volume 13 No 3 Universitas Hasyim Asy'ari. ISSN:2088-2076</i> | Penelitian ini menggunakan metode <i>earned value management</i> untuk menentukan estimasi biaya serta waktu pelaksanaan proyek. Hasil yang diperoleh dari perhitungan BCWS, BCWP, ACWP digunakan untuk menghitung nilai CV ( <i>Cost Variance</i> ) dan SV ( <i>Schedule Variance</i> ) sehingga diperoleh CPI ( <i>Cost Performance Index</i> ) serta SPI ( <i>Schedule Performance Index</i> ) yang menunjukkan bahwa proyek mengalami penambahan biaya serta keterlambatan waktu jadwal yang direncanakan. |

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode *integer linear programming* dan turunannya dapat menyelesaikan permasalahan penjadwalan dengan berbagai parameter variabel pembeda dari setiap penelitiannya. Pada Tabel 2.2 disajikan parameter-parameter yang berbeda dari setiap penelitian dan perbedaannya dengan penelitian ini.

Tabel 2.2 Peta Penelitian

| Peneliti                 | Parameter Penelitian |          |              |               |                |                 |        |      |                |     |     |    |       |           |       |       |
|--------------------------|----------------------|----------|--------------|---------------|----------------|-----------------|--------|------|----------------|-----|-----|----|-------|-----------|-------|-------|
|                          | Type                 |          | Base         |               | Machine        |                 | Method |      |                |     |     |    |       |           | Tools |       |
|                          | Flow shop            | Job shop | Manufactured | Project based | Single Machine | Paralel Machine | ILP    | MILP | Branch & Bound | CPM | SPT | GA | Fuzzy | Heuristic | EVM   | Lingo |
| (Castillo, et al., 2024) |                      | ✓        | ✓            |               | ✓              |                 | ✓      |      | ✓              |     |     |    |       |           |       | ✓     |
| (Paraz, et al., 2024)    |                      | ✓        |              | ✓             |                | ✓               | ✓      |      |                | ✓   |     |    |       |           |       | ✓     |
| (Beldar, et al., 2024)   |                      | ✓        | ✓            |               |                | ✓               |        | ✓    |                |     |     |    |       | ✓         |       |       |
| (Kucukko c, l., 2019)    | ✓                    |          | ✓            |               | ✓              | ✓               |        | ✓    |                |     |     |    |       |           |       |       |
| (Herlina, et al., 2021)  | ✓                    |          | ✓            |               |                | ✓               |        | ✓    | ✓              |     |     |    |       |           |       | ✓     |
| (Setiawan, et al., 2021) |                      | ✓        | ✓            |               |                | ✓               |        |      |                |     | ✓   | ✓  |       |           |       |       |
| (Wildan, et al., 2010)   | ✓                    |          | ✓            |               |                | ✓               |        | ✓    |                |     |     |    |       |           |       | ✓     |
| (Khotimah, et al., 2021) | ✓                    |          | ✓            |               |                | ✓               |        | ✓    | ✓              |     |     |    |       |           |       | ✓     |
| (Manuaba, 2013)          |                      | ✓        | ✓            |               |                | ✓               |        |      |                |     |     |    | ✓     |           |       |       |
| (Anjami, dkk., 2023)     |                      |          |              |               |                |                 |        |      |                |     |     |    |       |           | ✓     |       |
| Penelitian ini           |                      | ✓        |              | ✓             |                | ✓               |        | ✓    | ✓              |     |     |    |       |           | ✓     | ✓     |

### 2.3 Kerangka Berfikir

Permasalahan yang timbul dari pelaksanaan proyek menjadi ide dasar dalam penelitian ini. Perencanaan penjadwalan yang baik dinilai perlu dilakukan agar sumberdaya yang ada dapat dimaksimalkan sehingga kerugian perusahaan dapat dihindari dan keuntungan yang lebih baik dapat diperoleh secara optimal. Penjadwalan pekerjaan menjadi fokus utama penelitian dimana terdapat tiga

variabel data yang berperan penting dalam menentukan proses penjadwalan yang baik berupa jumlah pekerjaan, target produktivitas harian serta durasi kontrak pekerjaan. Dalam hal ini, berdasarkan studi literatur yang dilakukan serta pengamatan terhadap kondisi eksisting penggunaan metode FCFS dinilai kurang optimal dalam pelaksanaan pekerjaan. Oleh karenanya diperlukan alternatif lain untuk memperoleh hasil yang lebih optimal.

Penelitian dapat diawali dengan proses identifikasi variabel data berupa jumlah pekerjaan, target produktivitas harian serta durasi kontrak pekerjaan diperlukan untuk memperhitungkan durasi tiap pekerjaan dan kebutuhan jumlah tim untuk keseluruhan pekerjaan dalam proyek. Jumlah pekerjaan dapat diperoleh dengan memperhatikan data total pekerjaan yang diberikan oleh konsumen. Secara umum jumlah pekerjaan dapat diperhitungkan dalam bentuk satuan *diainchi* dengan secara lebih sederhana dibuat jumlah total pekerjaan berdasarkan jumlah *spool* yang dapat dikerjakan dari total *diainch* yang diberikan oleh klien. Jumlah sumber daya yang diperlukan untuk mengerjakan seluruh pekerjaan dapat diperoleh dengan memperhatikan target produktivitas harian yang telah ditentukan dalam perjanjian kerja dengan klien. Target produktivitas ini selalu dicantumkan oleh klien untuk memastikan bahwa pekerjaan memiliki standar minimal dalam target pencapaian harian. Selanjutnya durasi pekerjaan dapat ditentukan dengan perhitungan waktu kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap pekerjaan dengan memperhatikan target produktivitas harian yang telah ditentukan. Setiap pekerjaan atau setiap *spool* yang akan difabrikasi dapat dihitung durasi waktunya dengan memperhatikan ukuran pipa serta jumlah sambungan pengelasan yang ada dalam setiap *spool*. Sehingga dapat diketahui durasi pekerjaan setiap *spool* sebagai durasi pekerjaan.

Tahapan selanjutnya adalah melakukan pengamatan terhadap metode eksisting yang digunakan perusahaan. Dalam kondisi eksisting, urutan pekerjaan diperoleh dengan memperhatikan pekerjaan yang datang terlebih dahulu yang pertama diselesaikan. Oleh karena itu, prioritas pekerjaan diperoleh dari urutan pekerjaan yang datang terlebih dahulu. Hal tersebut dinilai kurang sesuai dengan tujuan

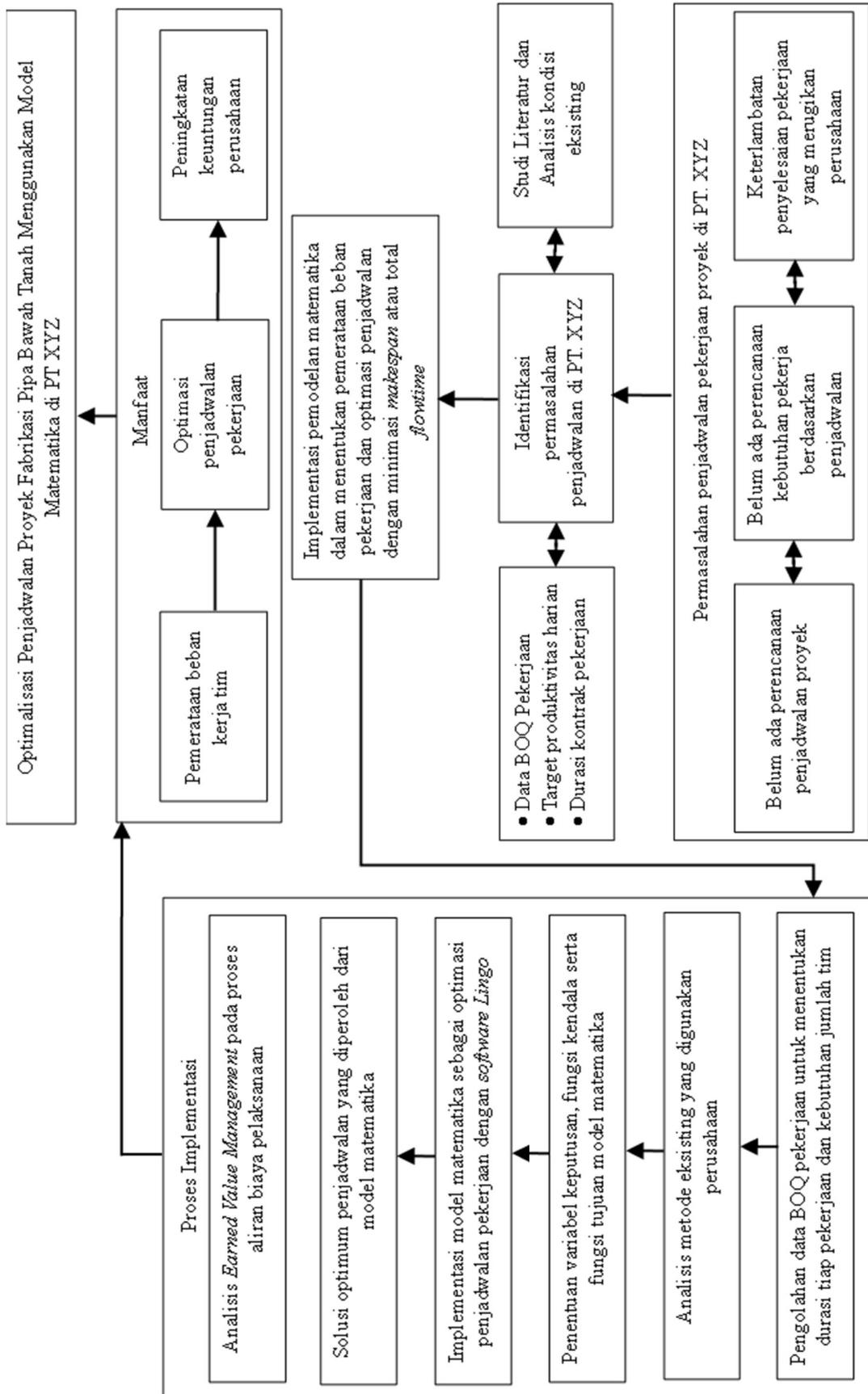
perusahaan karena tidak memperhatikan durasi waktu, pemerataan beban kerja serta peluang keuntungan yang mungkin bisa diperoleh oleh perusahaan.

Tahapan selanjutnya akan berfokus untuk membenahi urutan pekerjaan sehingga dapat diperoleh prioritas pekerjaan yang didasarkan pada pola urutan yang paling optimal melalui penentuan variabel keputusan, fungsi kendala atau batasan serta fungsi tujuan yang akan digunakan dalam pemodelan matematika. Dalam memperoleh urutan yang paling optimal, dilakukan analisa dengan model matematika untuk memperoleh akar permasalahan serta penyelesaiannya. Secara umum, akan dicari sub permasalahan yang dapat menjadi batasan dari setiap proses pekerjaan, baik dari jumlah pekerjaan yang tersedia, jumlah tim yang dibutuhkan, durasi setiap pekerjaan, durasi kontrak pekerjaan maupun peraturan-peraturan yang mungkin membatasi pelaksanaan pekerjaan. Setelah keseluruhan batasan ditemukan, selanjutnya akan diarahkan pada fungsi tujuan dari penelitian. Secara umum tujuan dari penelitian ini dapat berupa minimasi waktu pekerjaan dengan mempertimbangan keseimbangan beban kerja, sehingga minimasi biaya dapat diperoleh oleh perusahaan.

Proses berikutnya adalah proses implementasi model dalam *Software Lingo 21.0*. Komputasi model dengan *software* dilakukan untuk memperoleh hasil yang optimal dengan proses yang lebih cepat dan sederhana. Variabel keputusan, fungsi kendala atau batasan serta fungsi tujuan yang telah ditentukan selanjutnya dirubah dalam bahasa kode pemrograman *Lingo 21.0* untuk diproses dalam *software*. Proses komputasi akan *running* dalam *software* dan pesan *error* akan muncul bila terdapat ketidaksesuaian yang ada pada formula yang diproses. Pembetulan akan terus dilakukan hingga pesan *error* tidak muncul serta kode pemrograman dapat *running* dengan baik dalam *Software Lingo 21.0*. Selanjutnya *software* akan menghasilkan solusi optimum yang dapat di ekstrak dalam bentuk file *excel* sebagai urutan proses penjadwalan.

Penyelesaian pekerjaan secara lebih cepat pada dasarnya akan menguntungkan perusahaan. Namun harus tetap memperhatikan pemerataan beban kerja dari setiap tim yang bekerja, sehingga diperlukan penjadwalan yang optimal

yang menyeimbangkan hal-hal tersebut. Selain itu, analisis dengan menggunakan metode *earned value management* dinilai juga diperlukan untuk mengetahui pengaruh penerapan model terhadap biaya yang diperlukan dalam proses pelaksanaan pekerjaan. Berdasarkan pada hal tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan pemerataan beban kerja dengan proses optimasi penjadwalan serta dapat meningkatkan keuntungan perusahaan. Adapun visualisasi kerangka berfikir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Kerangka berfikir