

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

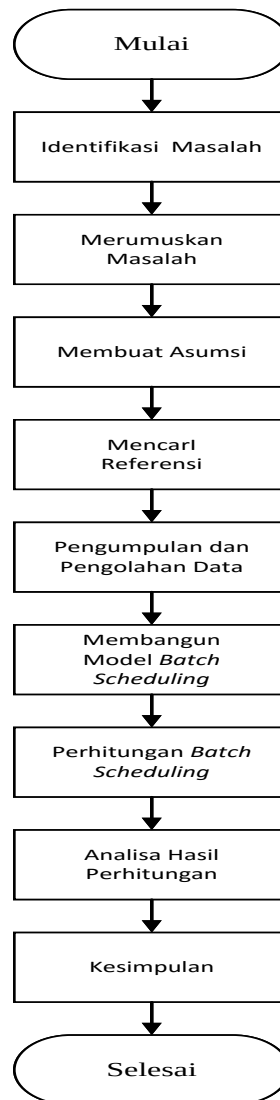
Penelitian ini dilakukan disebuah perusahaan berskala ukm, yang bergerak dibidang konveksi. Nama dari ukm tersebut adalah Unlogic Projeck yang berada di daerah Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY).

3.2. Objek Penelitian

Objek yang menjadi fokus penelitian ini adalah mesin-mesin produksi yang digunakan selama proses produksi kaos sablon, karena hal yang diteliti merupakan penjadwalan produksi pada mesin-mesin tersebut.

3.3. Alur Penelitian

Pada penelitian ini, mekanisme penyelesaiannya dilakukan dalam beberapa langkah secara bertahap dari awal hingga akhir. Langkah-langkah tersebut dapat digambarkan kedalam sebuah *flow chart* (diagram alur) seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

3.4. Identifikasi Masalah

Langkah pertama yang perlu dilakukan untuk memulai penelitian ini adalah menentukan lokasi penelitian, dimana lokasi atau tempat penelitian tersebut memiliki permasalahan yang perlu untuk diselesaikan. Lokasi yang dipilih untuk penelitian adalah sebuah ukm bernama Unlogic Projeck yang bergerak dibidang konveksi, khususnya memproduksi kaos sablon dan pollo di daerah Sleman, DIY. Di ukm ini terdapat sebuah permasalahan pada rantai produksinya yang termasuk kedalam alur *flowshop*, yaitu belum teraturnya penjadwalan terhadap mesin-mesin produksi yang digunakan. Padahal dalam proses produksi, penjadwalan merupakan elemen penting yang perlu diperhatikan. Oleh sebab

itu, metode penjadwalan ini dilakukan supaya membantu menyelesaikan permasalahan yang ada.

3.5. Merumuskan Masalah

Setelah mengidentifikasi masalah yang ada, langkah selanjutnya adalah merumuskan masalah tersebut dengan cara memfokuskan permasalahan yang akan diteliti dan menjadikannya tujuan dari penelitian ini.

3.6. Membuat Asumsi

Membuat beberapa asumsi dilakukan agar dalam menyelesaikan penelitian dapat lebih mudah. Hal ini dikarenakan beberapa hal tidak dapat atau sulit diterapkan secara langsung kedalam teori yang digunakan, sehingga perlu dilakukan beberapa penyesuaian.

3.7. Mencari Referensi

Setelah memahami permasalahan yang akan dihadapi, langkah selanjutnya adalah mencari referensi-referensi yang mendukung penelitian. Referensi yang digunakan terdiri dari dua macam yaitu berupa kajian induktif (yang merupakan *review* dari penelitian-penelitian terdahulu yang bersangkutan) dan kajian deduktif (yang merupakan ilmu-ilmu atau teori yang bersangkutan).

Menurut beberapa referensi yang telah didapatkan, terdapat suatu metode yang cocok jika digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan. Metode tersebut berupa *batch scheduling*, yang perhitungannya digunakan untuk mencari ukuran *batch* yang optimal sehingga dapat meminimasi *makespan*.

3.8. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan cara langsung dari pihak perusahaan yaitu dengan wawancara ataupun observasi. Sedangkan data sekunder akan didapatkan dengan mencari data atau informasi dari sumber lain seperti buku, jurnal, maupun internet. Data

yang telah didapat kemudian diolah menjadi data yang dapat dimasukan kedalam perhitungan.

3.9. Membangun Model *Batch Scheduling*

Dalam membangun model *batch scheduling* yang merupakan perhitungan matematis, akan digunakan beberapa ilustrasi yang dapat menggambarkan rumus yang dibuat sehingga dapat dengan mudah untuk dipahami. Model ini akan dibagi menjadi beberapa *stage*, yang sesuai dengan model aslinya. Berikut ini adalah model *batch scheduling* per-*stage* nya :

3.9.1. *Makespan* dari semua *stage*

Langkah awal sebelum membentuk model *batch scheduling* ini adalah membuat objektif atau fungsi tujuan dari model yang akan dibuat. Dimana objektif tersebut adalah yang menjadi tujuan awal dari penelitian ini yaitu mengetahui nilai *makespan* paling minimal. Sehingga fungsi tujuan dari model *batch scheduling* dapat dibuat seperti pada Persamaan (3.1).

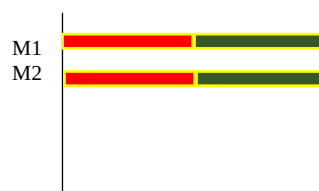
$$Z = x_{[i]} \quad i = 1, \dots, n \quad (3.1)$$

Keterangan, Z = fungsi objektif.

$x_{[i]}$ = waktu penyelesaian proses terakhir.

3.9.2. *Stage-1*

Dalam stage ini akan digambarkan rumus matematis yang akan digunakan untuk memodelkan dua proses dalam dua mesin sejenis, seperti yang digambarkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Chart stage-1

Untuk menentukan waktu penyelesaian dari permasalahan pada *stage* ini, yang mana dimaksudkan agar pemrosesan kedua proses tersebut tidak dilakukan bersamaan. Maka akan digunakan rumus seperti pada persamaan (3.2) dan (3.3).

$$x_{ij} \geq \begin{cases} t_{ij} \cdot n_{ij} & \text{untuk semua mesin } j \text{ untuk proses } i \\ 0 & \end{cases} \quad (3.2)$$

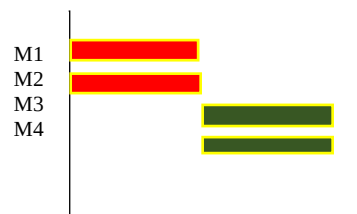
$$x_{ij} = x_{hj} + (t_{ij} \cdot n_{ij}) \quad \text{untuk semua proses } [i,h] \in I \quad (3.3)$$

Keterangan, x_{ij} = total waktu penyelesaian seluruh proses i di mesin j
 t_{ij} = waktu proses mesin j untuk menyelesaikan satu proses i
 I = sepasang proses $[i,h]$ dimana proses h mendahului proses i .

Persamaan (3.2) digunakan untuk menggambarkan total waktu penyelesaian sebuah proses tanpa *precedence* dan *nonnegativity*. Persamaan (3.3) digunakan untuk menggambarkan total waktu penyelesaian proses yang dilakukan setelah mesin memproses proses sebelumnya, serta menggambarkan satu mesin hanya melakukan satu proses dalam satu waktu.

3.9.3. Stage-2

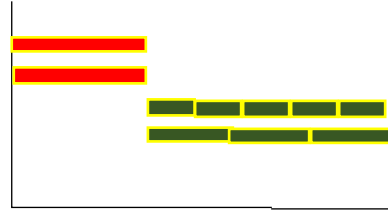
Stage ini akan memodelkan suatu proses yang dikerjakan dalam dua mesin yang didahului dengan suatu proses dari dua mesin yang berbeda, seperti yang digambarkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Chart stage-2

Sebelum membuat rumus matematis untuk menentukan total waktu penyelesaian pada proses ini, perlu dilakukan pembentukan rumus matematis untuk menghitung jumlah *subbatch* yang optimal di setiap mesin yaitu $M3$ dan $M4$ seperti ilustrasi Gambar

3.3. Sebagai contoh bila mesin yang memiliki waktu proses lebih kecil akan memproses lebih banyak item, yang dapat diilustrasikan dengan Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Ilustrasi optimasi *batch*

Rumus matematis yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang mungkin terjadi sesuai dengan ilustrasi Gambar 3.4 tersebut, dapat dilihat pada Persamaan (3.4) hingga (3.6).

$$P_{ij} = \frac{(\sum_j t_{ij}) - t_{ij}}{(\sum_j t_{ij})} \quad \text{untuk semua mesin } j \text{ untuk proses } i \quad (3.4)$$

$$n_{ij} = \begin{cases} \text{round} \left(\frac{P_{ij}}{(\sum_j P_{ij})} \cdot a \right) & \text{Jika } t_{ij} < t_{ik}, [j,k] \in F \\ \frac{a}{2} & t_{ij} = t_{ik} \end{cases} \quad (3.5)$$

$$n_{ik} = a - n_{ij} \quad (3.6)$$

Keterangan, P_{ij} = nilai proporsional untuk proses i pada mesin j .

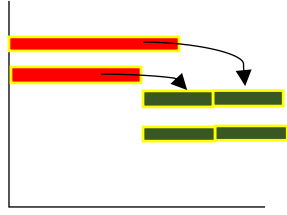
n_{ij} = *subbatch* untuk proses i pada mesin j .

a = *batch* untuk proses i . (bernilai konstan)

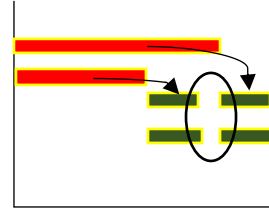
F = satu set mesin $[j,k]$ untuk melakukan proses i .

Persamaan (3.4) untuk menentukan nilai proporsional untuk kedua mesin yang akan memproses i . Persamaan (3.5) untuk menentukan jumlah *subbatch* yang optimal di mesin j (yang memiliki waktu proses tercepat) berdasarkan nilai proporsionalnya. Persamaan (3.6) untuk menentukan jumlah *batch* yang akan dikerjakan di mesin k (selain mesin j) untuk memproses i .

Selanjutnya adalah merumuskan model matematis untuk menentukan waktu penyelesaian prosesnya. Namun terdapat beberapa kemungkinan yang dapat terjadi pada proses perhitungan ini, yang diilustrasikan pada Gambar 3.5 dan 3.6.



Gambar 3.5 Tidak ada waktu tunggu



Gambar 3.6 Terdapat waktu tunggu

Gambar 3.5 dan 3.6 menjelaskan sebuah kemungkinan dimana adanya waktu tunggu ketika *subbatch* pertama telah selesai diproses sedangkan *batch* dari peroses sebelumnya yang akan menjadi *subbatch* selanjutnya belum selesai diproses. Rumus matematis yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dapat dilihat pada Persamaan (3.7) hingga (3.13)

$$y_{ijq} = \text{roundup} \left(\frac{n_{hu}}{2} \right)$$

$$y_{ikq} = n_{hu} - y_{ijq}$$

$$y_{ijr} = n_{ij} - y_{ijq}$$

$$y_{ikr} = n_{ik} - y_{ikq}$$

$$x_{ijq} = x_{hu} + (y_{ijq} \cdot t_{ij})$$

$$x_{ijr} = \max\{x_{ijq}, x_{hv}\} + (y_{ijr} \cdot t_{ij})$$

$$x_{ij} = x_{ijr}$$

$$\text{jika } t_{ij} \leq t_{ik} \text{ dan } x_{hu} \leq x_{hv}, \quad (3.7)$$

$$[u,v] \in E$$

$$[i,h] \in I$$

$$\text{jika } t_{ij} \leq t_{ik} \text{ dan } x_{hu} \leq x_{hv} \quad (3.8)$$

$$[j,k] \in F$$

$$\text{jika } t_{ij} \leq t_{ik} \quad (3.9)$$

$$[q,r] \in Q$$

$$\text{jika } t_{ij} \leq t_{ik} \quad (3.10)$$

$$\text{untuk semua mesin } j \text{ pada} \quad (3.11)$$

$$\text{proses } i,$$

$$\text{jika } x_{hu} \leq x_{hv}$$

$$\text{untuk semua mesin } j \text{ pada} \quad (3.12)$$

$$\text{proses } i,$$

$$\text{jika } x_{hu} \leq x_{hv}$$

$$\text{untuk semua mesin } j \text{ pada} \quad (3.13)$$

$$\text{proses } i$$

Keterangan, y_{ijq} = *sub-subbatch* q untuk proses i di mesin j

x_{ijq} = waktu untuk menyelesaikan *sub-subbatch* q untuk proses i di mesin j

E = satu set mesin $[u,v]$ untuk melakukan proses h

Q = satu set *sub-subbatch* $[q,r]$ untuk proses i di mesin j

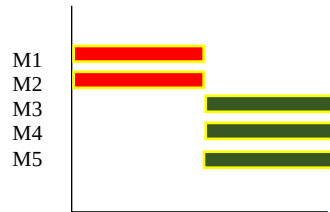
Persamaan (3.7) hingga (3.10) digunakan untuk membagi *subbatch* di semua mesin j yang memproses i menjadi *sub-subbatch* q dan r , berdasarkan asal datang *subbatch* dari

proses sebelumnya h yaitu dari mesin u dan v . Ketika mesin u selesai memproses *subbatch* pada proses h lebih cepat dari mesin v , maka *subbatch* pada mesin u akan dibagi menjadi *sub-subbatch* q untuk semua mesin j pada proses i . Kemudian *subbatch* dari mesin v akan dibagi menjadi *sub-subbatch* r (yaitu sisa *sub-subbatch* yang diperlukan untuk melengkapi nilai *subbatch*) untuk semua mesin j pada proses i .

Persamaan (3.11) dan (3.12) digunakan untuk menggambarkan waktu penyelesaian *sub-subbatch* q dan r untuk dilakukan proses i pada semua mesin j , untuk menjamin tidak adanya tabrakan waktu proses. Persamaan (3.13) untuk menggambarkan total waktu penyelesaian seluruh *subbatch* untuk proses i di semua mesin j .

3.9.4. Stage-3

Stage ini akan memodelkan sebuah proses yang dikerjakan dalam tiga mesin yang didahului dengan proses dari dua mesin yang berbeda, seperti yang digambarkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.7 Chart stage-3

Sebelum membuat rumus matematis untuk menentukan total waktu penyelesaian pada proses ini, sama seperti yang diilustrasikan dengan Gambar 3.4 perlu dibuat rumus matematis untuk mengoptimalkan jumlah *subbatch* namun pada stage ini akan digunakan untuk tiga mesin seperti pada ilustrasi Gambar 3.7 yaitu $M3$, $M4$, dan $M5$. Rumus matematis tersebut dapat dilihat pada Persamaan (3.14) hingga (3.19).

$$P_{ij} = \frac{(\sum_j t_{ij}) - t_{ij}}{(\sum_j t_{ij})} \quad \text{untuk semua mesin } j \text{ di proses } i \quad (3.14)$$

$$n_{ij} = \text{roundup} \left(\frac{P_{ij}}{(\sum_j P_{ij})} \cdot a \right) \quad \begin{array}{l} \text{jika } t_{ij} \leq t_{ik} \leq t_{il} \\ \text{untuk semua proses } [j,k,l] \in G \end{array} \quad (3.15)$$

$$b = a - n_{ij} \quad (3.16)$$

$$P_{ik} = \frac{(\sum_k tik) - tik}{(\sum_k tik)} \quad \text{untuk semua mesin } k \neq j \text{ di proses } i \quad (3.17)$$

$$n_{ik} = \begin{cases} \text{roundup} \left(\frac{P_{ik}}{(\sum_j P_{ik})} \cdot b \right) & \text{jika } t_{ik} \leq t_{il}, [k,l] \in H \end{cases} \quad (3.18)$$

$$\begin{aligned} & \frac{b}{2} \\ n_{il} &= b - n_{ik} \end{aligned} \quad t_{ik} = t_{il} \quad (3.19)$$

Keterangan, G = satu set mesin $[j,k,l]$ untuk melakukan proses i

H = satu set mesin $[k,l]$ selain mesin j untuk melakukan proses i

Persamaan (3.14) untuk menentukan nilai proporsional untuk tiga mesin yang akan memproses i . Persamaan (3.15) untuk menentukan jumlah *subbatch* untuk mesin j (yaitu mesin dengan waktu proses tercepat). Persamaan (3.16) untuk menjelaskan sisa *batch* yang akan diproses pada proses i yang belum mendapatkan mesin untuk memprosesnya.

Persamaan (3.17) untuk menentukan nilai proporsional untuk dua mesin (selain mesin j) yang akan memproses i . Persamaan (3.18) untuk menentukan jumlah *subbatch* untuk mesin k dengan waktu proses tercepat setelah mesin j . Persamaan (3.19) untuk menentukan jumlah *subbatch* yang akan dikerjakan di mesin l (selain mesin j dan k) untuk memproses i .

Setelah itu dibentuklah rumus matematis yang dapat digunakan untuk menghitung waktu penyelesaian proses, dimana terdapat kemungkinan terjadinya permasalahan yang ilustrasi pada Gambar 3.5 dan 3.6. Namun untuk kasus seperti *stage-3* ini, rumus matematis yang digunakan dapat dilihat pada Persamaan (3.20) hingga (3.28).

$$y_{ijq} = \text{roundup} \left(\frac{nhu}{3} \right) \quad \text{jika } x_{hu} \leq x_{hv}, \text{ dan } t_{ij} \leq t_{ik} \leq t_{il}, \quad [u,v] \in E, \quad [i,h] \in I \quad (3.20)$$

$$y_{ijr} = n_{ij} - y_{ijq} \quad \text{jika } t_{ij} \leq t_{ik} \leq t_{il} \quad [q,r] \in Q, \quad (3.21)$$

$$y_{ikq} = \text{roundup} \left(\frac{nhu - y_{ijq}}{2} \right) \quad \text{jika } x_{hu} \leq x_{hv}, \text{ dan } t_{ij} \leq t_{ik} \leq t_{il} \quad (3.22)$$

$$y_{ikr} = n_{ik} - y_{ikq} \quad \text{jika } t_{ij} \leq t_{ik} \leq t_{il} \quad (3.23)$$

$$y_{ilq} = n_{hu} - (y_{ijq} + y_{ikq}) \quad \text{jika } x_{hu} \leq x_{hv}, \text{ dan } t_{ij} \leq t_{ik} \leq t_{il} \quad (3.24)$$

$$y_{ilr} = n_{il} - y_{ilq} \quad \text{jika } t_{ij} \leq t_{ik} \leq t_{il} \quad (3.25)$$

$$x_{ijq} = x_{hu} + (y_{ijq} \cdot t_{ij}) \quad \text{untuk semua mesin } j \text{ pada proses } i, \quad (3.26)$$

$$x_{ijr} = \max\{x_{ijq}, x_{hv}\} + (y_{ijr} \cdot t_{ij}) \quad \text{jika } x_{hu} \leq x_{hv} \quad (3.27)$$

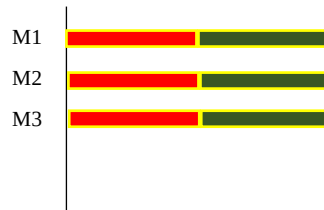
$$x_{ij} = x_{ijr} \quad \text{untuk semua mesin } j \text{ pada proses } i \quad (3.28)$$

Persamaan (3.20) hingga (3.25) digunakan untuk membagi *subbatch* di semua mesin j yang memproses i menjadi *sub-subbatch* q dan r , berdasarkan asal datang *batch* dari proses sebelumnya h yaitu dari mesin u dan v . Ketika mesin u selesai memproses *subbatch* pada proses h lebih cepat dari mesin v , maka *subbatch* pada mesin u akan dibagi menjadi *sub-subbatch* q untuk semua mesin j pada proses i . Kemudian *subbatch* dari mesin v akan dibagi menjadi *sub-subbatch* r (yaitu sisa *sub-subbatch* yang diperlukan untuk melengkapi nilai *subbatch*) untuk semua mesin j pada proses i .

Persamaan (3.26) dan (3.27) digunakan untuk menggambarkan waktu penyelesaian *sub-subbatch* q dan r untuk dilakukan proses i pada semua mesin j , untuk menjamin tidak adanya tabrakan waktu proses. Persamaan (3.28) untuk menggambarkan total waktu penyelesaian *subbatch* untuk proses i di mesin j .

3.9.5. Stage-4

Dalam stage ini akan digambarkan rumus matematis yang akan digunakan untuk memodelkan dua proses dalam tiga mesin yang sama, seperti yang digambarkan pada Gambar 3.8.



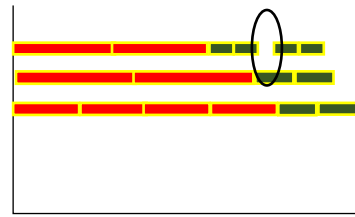
Gambar 3.8 Chart Stage-4

Sebelum membuat rumus matematis untuk menentukan total waktu penyelesaian pada proses ini, sama seperti yang diilustrasikan dengan Gambar 3.4 perlu dibuat rumus matematis untuk mengoptimalkan jumlah *subbatch* pada tiga mesin pada proses *i*. Rumus matematis tersebut dapat dilihat pada Persamaan (3.11) hingga (3.16).

Kemudian dalam membuat rumus matematis untuk menghitung waktu penyelesaian pada proses ini, perlu memperhatikan adanya kemungkinan terjadinya kejadian seperti pada ilustrasi yang ditunjukkan pada Gambar 3.9 dan 3.10.



Gambar 3.9 Tidak ada waktu tunggu



Gambar 3.10 Terdapat waktu tunggu

Persamaan (3.29) hingga (3.36) berikut akan digunakan untuk menghitung waktu penyelesaian pada proses ini.

$$n_{ij} = y_{ijq} + y_{ijr} + y_{ijs} \quad [q,r,s] \in R \quad (3.29)$$

untuk semua mesin *j* yang melakukan proses *i*

$$y_{ijq} = \begin{cases} n_{hj} \\ n_{ij} \end{cases} \quad \begin{aligned} &\text{jika } n_{ij} > n_{hj}, [i,h] \in I \\ &\text{untuk semua mesin } j \text{ di proses } i \end{aligned} \quad (3.30)$$

$$\text{jika } n_{ij} \leq n_{hj} \quad (3.31)$$

$$y_{ijr} = \begin{cases} (n_{hk} - n_{ik}) \\ 0 \end{cases} \quad \begin{aligned} &\text{jika } n_{ij} > n_{hj} \text{ dan } (n_{hk} - n_{ik}) > 0 \\ &\text{untuk semua mesin } j \text{ di proses } i \end{aligned} \quad (3.31)$$

$$\text{jika } n_{ij} = y_{ijq}$$

$$y_{ijs} = \begin{cases} (n_{hl} - n_{il}) \\ 0 \end{cases} \quad \begin{aligned} &\text{jika } n_{ij} > n_{hj}, (n_{hl} - n_{il}) > 0 \text{ dan } x_{hk} \leq x_{hl} \\ &\text{untuk semua mesin } j \text{ di proses } i \end{aligned} \quad (3.32)$$

$$[j, k, l] \in G, [k, l] \in H, [k, l] \in H'$$

$$x_{ijq} = x_{hj} + (t_{ij} \cdot y_{ijq}) \quad \begin{aligned} &\text{jika } n_{ij} = y_{ijq} + y_{ijr} \\ &\text{untuk semua mesin } j \text{ pada proses } i, \\ &[i, h] \in I, \end{aligned} \quad (3.33)$$

$$x_{ijr} = \begin{cases} \max\{x_{ijq}, x_{hk}\} + (t_{ij} \cdot y_{ijr}) \\ 0 \end{cases} \quad \begin{aligned} &\text{jika } y_{ijr} > 0, \\ &\text{untuk semua mesin } j \text{ di proses } i \\ &\text{jika } y_{ijr} = 0 \end{aligned} \quad (3.34)$$

$$x_{ijs} = \begin{cases} \max\{x_{ijr}, x_{hl}\} + (t_{ij} \cdot y_{ijs}) \\ 0 \end{cases} \quad \begin{aligned} &\text{jika } y_{ijs} > 0 \\ &\text{untuk semua mesin } j \text{ di proses } i \\ &\text{jika } y_{ijs} = 0 \end{aligned} \quad (3.35)$$

$$x_{ij} = \begin{cases} x_{ijq} & \text{jika } \{x_{ijr}, x_{ijs}\} = 0 \\ x_{ijr} & \text{jika } x_{ijr} > 0 \text{ dan } x_{ijs} = 0 \\ x_{ijs} & \text{jika } x_{ijs} > 0 \end{cases} \quad (3.36)$$

Keterangan, R = satu set *sub-subbatch* $[q,r,s]$ untuk proses i di mesin j .

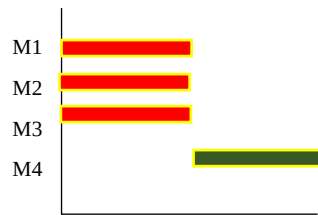
H' = satu set mesin $[k,l]$ selain mesin j untuk melakukan proses h .

$H' = H$, karena mesin yang sama.

Persamaan (3.29) digunakan untuk menggambarkan bahwa di semua mesin j yang digunakan untuk memproses i memiliki beberapa *sub-subbatch* yaitu q , r , dan s yang jumlahnya sama dengan total *subbatch* nya. Persamaan (3.30) hingga (3.32) digunakan untuk membagi *subbatch* di mesin j menjadi *sub-subbatch* q , r , dan s , berdasarkan asal datang *batch* dari mesin k dan l (selain mesin j) yang memproses proses sebelumnya (h). Persamaan (3.33) hingga (3.35) digunakan untuk menggambarkan waktu penyelesaian *sub-subbatch* q , r , dan s pada proses i untuk semua mesin j . Persamaan (3.36) untuk menggambarkan total waktu penyelesaian *subbatch* pada proses i untuk semua mesin j .

3.9.6. Stage-5

Stage ini akan memodelkan sebuah proses yang dikerjakan pada satu mesin yang didahului dengan proses yang dikerjakan pada tiga mesin yang berbeda seperti yang digambarkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Chart Stage-5

Dari penjelasan ilustrasi pada Gambar 3.11, maka diketahui bahwa untuk memulai proses ini harus menyelesaikan proses pendahulunya. Hal ini dapat dirumuskan kedalam rumus matematis seperti pada Persamaan (3.37) hingga (3.40).

$$y_{ijq} = n_{hu} \quad \begin{cases} \text{jika } x_{hu} \leq x_{hv} \leq x_{hw} \\ \text{untuk } [u,v,w] \in K, [i,h] \in I \end{cases} \quad (3.37)$$

$$y_{ijr} = n_{hv} \quad \begin{array}{l} \text{jika } x_{hu} \leq x_{hv} \leq x_{hw} \\ \text{untuk } [u,v,w] \in K, [i,h] \in I \end{array} \quad (3.38)$$

$$y_{ijs} = n_{hw} \quad \begin{array}{l} \text{jika } x_{hu} \leq x_{hv} \leq x_{hw} \\ \text{untuk } [u,v,w] \in K, [i,h] \in I \end{array} \quad (3.39)$$

$$n_{ij} = a_i = y_{ijq} + y_{ijr} + y_{ijs} \quad [q,r,s] \in R \quad (3.40)$$

Keterangan, K = satu set mesin $[u,v,w]$ yang mengerjakan proses h yang mendahului i .

Persamaan (3.37) digunakan untuk mengetahui jumlah *sub-subbatch* q pada proses i di mesin j , yang berasal dari mesin u (mesin dengan waktu penyelesaian tercepat) di proses h . Persamaan (3.38) digunakan untuk mengetahui jumlah *sub-subbatch* r pada proses i di mesin j , yang berasal dari mesin v (mesin dengan waktu penyelesaian tercepat kedua setelah mesin u) di proses h . Persamaan (3.39) digunakan untuk mengetahui jumlah *sub-subbatch* s pada proses i di mesin j , yang berasal dari mesin w (mesin dengan waktu penyelesaian terlambat) di proses h .

Lalu, setelah didapatkan pembagian *sub-subbatch* untuk proses ini, maka dibentuklah rumus matematis untuk menentukan waktu penyelesaian prosesnya, yang dapat dilihat pada Persamaan (3.41) hingga (3.44).

Persamaan (3.40) digunakan untuk menjelaskan bahwa nilai *subbatch* pada proses i di mesin j yang sama dengan nilai *batch* pada proses i yaitu sebesar total dari *sub-subbatch* q , r , dan s .

$$x_{ijq} = x_{hu} + (t_{ij} \cdot y_{ijq}) \quad \text{jika } y_{ijq} = n_{fu} \quad (3.41)$$

$$x_{ijr} = \max\{x_{hv}, x_{ijq}\} + (t_{ij} \cdot y_{ijr}) \quad \text{jika } y_{ijr} = n_{fv} \quad (3.42)$$

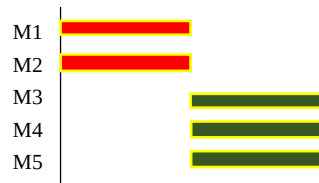
$$x_{ijs} = \max\{x_{hw}, x_{ijr}\} + (t_{ij} \cdot y_{ijs}) \quad \text{jika } y_{ijs} = n_{fw} \quad (3.43)$$

$$x_{ij} = x_{ijs} \quad (3.44)$$

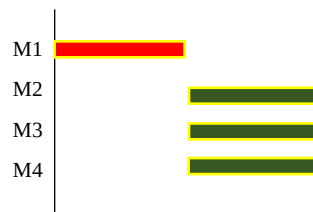
Persamaan (3.41) hingga (3.43) digunakan untuk menggambarkan waktu penyelesaian *sub-subbatch* q , r , dan s pada proses i di mesin j . Persamaan (3.44) untuk menggambarkan total waktu penyelesaian *batch* untuk proses i di mesin j .

3.9.7. Stage-6

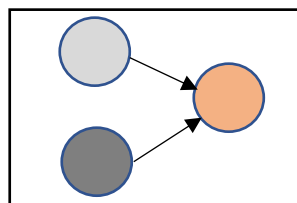
Stage ini akan memodelkan sebuah proses yang dikerjakan pada tiga mesin yang didahului dengan dua proses awalan (*precedences*) yaitu sebuah proses yang dikerjakan pada satu mesin dan sebuah proses yang dikerjakan pada dua mesin, seperti yang digambarkan pada Gambar 3.12 hingga 3.14.



Gambar 3.12 Chart 2-mesin ke 3-mesin



Gambar 3.13 Chart 1-mesin ke 3-mesin



Gambar 3.14 Flowchart 1-job dengan 2-precendeces

Dari penjelasan ilustrasi pada Gambar 3.12 hingga 3.14, maka diketahui bahwa untuk memulai proses ini harus terdapat dua jenis item dari kedua proses pendahulunya dengan jumlah yang sama. Dengan begitu dapat dijelaskan bahwa jika terjadi sebuah kejadian dimana proses dengan dua mesin memiliki waktu selesai lebih lama dari proses dengan satu mesin, maka ilustrasi tersebut dapat digambarkan pada Gambar 3.12, dan *stage* ini akan mengikuti model *stage-3*.

Namun bila sebaliknya (yang dapat diilustrasikan dengan Gambar 3.13), maka akan menggunakan Persamaan (3.14) hingga (3.19) untuk mengoptimalkan jumlah *subbatch*

di ketiga mesin, lalu dilanjutkan rumus untuk waktu penyelesaian proses seperti Persamaan (3.45).

$$x_{ij} = x_{hu} + (t_{ij} \cdot n_{ij}) \quad \begin{array}{l} \text{untuk semua mesin } j \text{ di proses } i. \\ [u] \in T \\ [i,h] \in I \end{array} \quad (3.45)$$

Keterangan, T = satu mesin u yang melakukan proses h yang mendahului proses i .

Persamaan (3.45) menggambarkan total waktu penyelesaian untuk semua mesin j yang digunakan untuk memproses i , ketika mesin u yang memproses h harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum proses i dikerjakan.

3.9.8. Stage-7

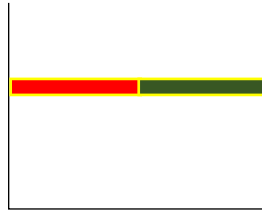
Pada *stage-7* ini, model yang dibangun sama dengan yang ada di *stage-4* karena memiliki struktur yang sama. Struktur yang dimaksud yaitu dua proses yang akan dikerjakan pada tiga unit mesin yang sama, atau seperti yang digambarkan oleh Gambar 3.8. Sehingga rumus matematis atau perhitungan yang akan digunakanpun sama dengan apa yang digunakan pada *stage-4*.

3.9.9. Stage-8

Pada *stage* ini strukturnya sama dengan yang ada pada *stage-5*. yaitu sebuah proses di satu mesin yang didahului dengan sebuah proses di tiga mesin yang berbeda, seperti yang diilustrasikan dengan Gambar 3.11. Sehingga rumus matematis atau perhitungan yang akan digunakanpun sama dengan apa yang digunakan pada *stage-5*.

3.9.10. Stage-9

Stage ini akan memodelkan dua proses yang dikerjakan pada satu mesin yang sama, seperti yang digambarkan pada Gambar 3.15.

Gambar 3.15 *Chart Stage-9*

Pada *stage* ini dapat langsung dibuat rumus matematis untuk waktu penyelesaian proses tanpa ada pembagian *batch*, karena mesin yang tersedia hanya terdapat satu buah. Batasan yang perlu diperhatikan dalam perhitungan *stage* ini yaitu hanya *precedence*. Sehingga Persamaan (3.46) dapat digunakan untuk menyelesaikan perhitungan *stage* ini.

$$x_{ij} = x_{hj} + (t_{ij} \cdot n_{ij}) \quad [i, h] \in I \quad (3.46)$$

Persamaan (3.46) digunakan untuk menggambarkan waktu penyelesaian *subbatch* untuk proses *i* di mesin *j*, setelah menyelesaikan proses *h* yang dikerjakan di mesin *j*.

3.10. Perhitungan *Batch Scheduling*

Langkah yang selanjutnya dilakukan setelah membentuk model *batch scheduling* adalah melakukan perhitungannya, dengan memasukkan data yang telah diperoleh dan diolah kedalam model *batch scheduling* tersebut. Dengan memasukkan data dan menghitungnya, maka akan didapatkan hasil perhitungan yang kemudian akan dianalisa hasil-hasilnya.

3.11. Analisa Hasil Perhitungan.

Pada tahapan ini, hal yang perlu dilakukan adalah menganalisa bagaimana hasil dari perhitungan yang telah dilakukan. Analisa dilakukan dengan melihat dari berbagai aspek, baik yang muncul di perhitungan ataupun yang tidak tertera di perhitungan namun sebenarnya dapat mempengaruhi hasil perhitungan. Hal inilah yang nantinya akan digunakan untuk menjawab rumusan masalah yang ada.

3.12. Kesimpulan

Tahapan akhir dari sebuah penelitian sebelum menyelesaikannya yaitu membuat kesimpulan yang berisikan jawaban dari rumusan masalah yang telah dibuat sebelumnya, jawaban tersebut harus mengacu pada hasil perhitungan serta analisa yang telah dilakukan. Serta memberikan memberikan beberapa saran berdasarkan hasil penelitian yang didapat.