

# PERENCANAAN SISTEM ALUR PERAKITAN *VERTICAL MACHINING CENTRE (VMC) CNC MACHINE* PADA *SMALL TEACHING FACTORY* JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR

Putra Imam Arisfadillah, A.Md.<sup>1</sup>, Otto Purnawarman, ST., MT.<sup>1</sup>, Addonis Candra, ST.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung  
Jl. Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung – 40135, Phone/Fax: (022) 2500241/2502649  
Email: putraimam.a@gmail.com

## Abstrak

Suatu perencanaan sistem perakitan dilakukan untuk mendapatkan alur perakitan yang optimum dan mengetahui waktu keseluruhan proses dari suatu benda yang akan dirakit, dalam hal ini yang akan dirakit adalah *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine* yang dipesan oleh pihak Politeknik Manufaktur Bandung sebagai salah satu kegiatan untuk memenuhi program Revitalisasi yang diperintahkan oleh pemerintah Indonesia. Tujuan perencanaan ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana suatu alur perakitan dan waktu perakitan total dari *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine* yang dipesan tersebut. Di mana metodologi yang dilakukan meliputi *time study*, observasi lapangan, kajian literatur dan lain sebagainya. Hasil yang diharapkan berupa berapa jumlah stasiun kerja yang akan dibutuhkan untuk melakukan perakitan *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine*, bagaimana tata letak sektor yang telah ditentukan, berapa jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan perakitan *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine*, serta mengetahui waktu-waktu yang diperlukan pada setiap sektor, sehingga dapat mengetahui total waktu keseluruhan untuk perakitan *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine* tersebut. Sehingga tata letak dan total waktu perakitan *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine* tersebut dapat diimplementasikan serta dapat dikaji ulang untuk mendapatkan sistem perakitan yang lebih optimum. Dari hasil penelitian yang dilakukan, tata letak detail telah didapatkan sesuai pada alternatif terpilih dengan stasiun kerja sebanyak 3 buah stasiun kerja dengan total operator yaitu 8 orang mahasiswa serta dengan lama waktu perakitannya yaitu selama 314,36 menit.

**Kata kunci:** *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine*, sistem perakitan, tata letak sektor

## 1. Pendahuluan

Politeknik Manufaktur Bandung terpilih dalam Program Revitalisasi yang dilakukan oleh pemerintah Indonesia, salah satunya yang dilakukan yaitu dengan membuat laboratorium baru pada Jurusan Teknik Manufaktur yaitu *Small Teaching Factory*, yang dikhususkan sebagai laboratorium perakitan untuk *Small CNC Machine (VMC CNC Machine dan Small Lathe CNC)*.

Selanjutnya mesin tersebut akan dibongkar ulang, dipelajari, digambar serta dirancang ulang dan akan dibuat ulang sebagai produksi terbatas (*small batch*) yang akan dipergunakan sebagai alat pembelajaran untuk sekolah-sekolah maupun perguruan tinggi di Indonesia. *Small Teaching Factory* tersebut dibuat bertujuan salah satunya sebagai penunjang proses perakitan *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine* jika telah direkayasa ulang.

Bahwa belum didapatkannya sebuah alur perakitan *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine* tersebut, sehingga permasalahannya yaitu belum diketahui yaitu berapa jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan, penempatan tiap-tiap stasiun kerja perakitan, peralatan yang dibutuhkan di setiap stasiun kerjanya, serta penempatan area penyimpanan peralatan dan komponen-komponennya yang dibutuhkan pada sistem alur perakitan *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine* tersebut.

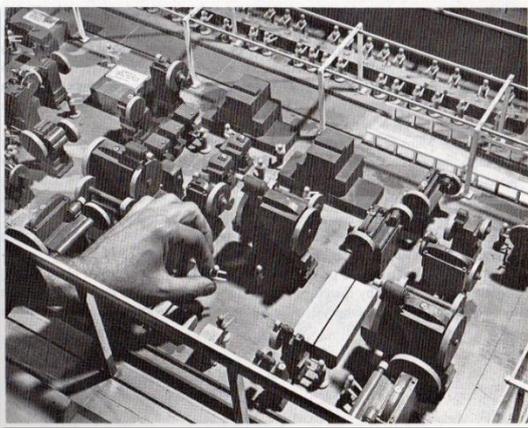
Maka dari itu, perencanaan ini akan difokuskan pada proses perencanaan sistem perakitan *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine* sehingga didapatkannya rencana jumlah stasiun kerja serta tata letaknya yang optimum, peralatan yang dibutuhkan di setiap stasiun kerjanya, penempatan area penyimpanan peralatan dan komponen pada sistem alur perakitan *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine* tersebut.

Setelah didapatkannya rencana yang disebutkan di atas, maka selanjutnya rencana tersebut akan diimplementasikan sistem alur perakitan pada laboratorium perakitan *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine*, baik itu sebagai praktik mahasiswa ataupun sebagai bagian produksi Politeknik Manufaktur Bandung.

## 2. Tinjauan Literatur

### 2.1 Alur perakitan

Alur perakitan (*assembly line*) adalah proses manufaktur di mana *bill-of-material* setiap bagian dan komponen terpasang satu per satu hingga menjadi sebuah unit dalam jalur yang bertahap dilakukan oleh sejumlah operator untuk membuat produk akhir. (Thomopoulos, 2014)



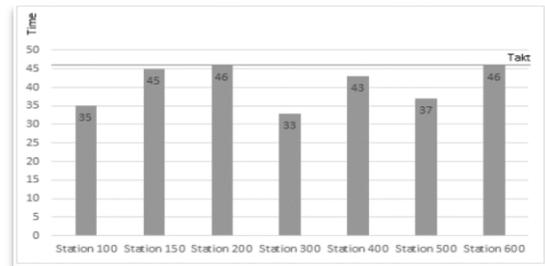
**Gambar 1** Model miniatur berskala pada perencanaan sistem alur pada *Ford Motor Company*  
Sumber: (Barnes, 1980)

Salah satu metode yang dilakukan Hendry Ford adalah dengan mempertimbangkan secara matang tata letak stasiun kerja dengan menggunakan model miniatur berskala sebelum diaplikasikan seperti pada Gambar 1 di atas.

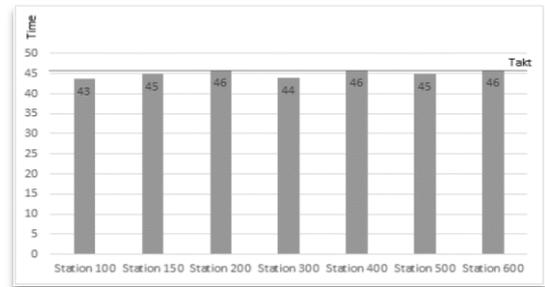
### 2.2 Line balancing

*Line balancing* adalah suatu proses pemberian tugas untuk stasiun kerja sehingga setiap stasiun kerja pada alur produksi memiliki waktu siklus yang sama secara pendekatan (*approximation*). (Stevenson, 2018)

Pada Gambar 2, dapat dilihat bagaimana setiap stasiun kerja memiliki waktu siklus yang tidak seimbang (*imbalance*), sehingga dapat terjadi penumpukan produk pada salah satu stasiun kerja karena menunggu produk pada stasiun kerja selanjutnya selesai dan waktu tunggu pada setiap stasiun kerja tidak tersebar merata.



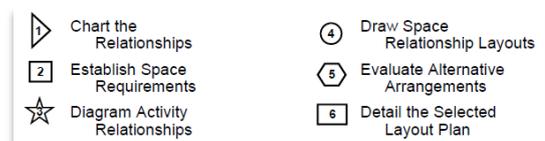
**Gambar 2** Contoh sebelum dilakukan proses *line balancing*  
Sumber: (Raja, 2015)



**Gambar 3** Contoh setelah dilakukan proses *line balancing*  
Sumber: (Raja, 2015)

Pada Gambar 3 dapat dilihat bagaimana setiap stasiun kerja setelah dilakukan proses penyeimbangan (*balancing*), setiap stasiun kerja memiliki waktu yang tersebar merata sehingga setiap operator pada masing-masing stasiun kerja tidak saling menunggu atau menghambat antara satu sama lainnya.

### 2.3 Systematic layout planning



**Gambar 4** Enam tahapan pembuatan tata letak menurut *systematic layout planning*  
Sumber: (Muther & Hales, 2015)

Pada Gambar 4 di atas adalah enam prosedur yang diikuti dalam pembuatan tata letak menurut *systematic layout planning*, yang dijabarkan sebagai berikut:

#### 1. Buat *relationship diagram*

Untuk menentukan aktivitas mana yang harus diletakan berdekatan satu sama lainnya, dengan relatif kedekatan yang harus diukur dan kemudian dicatat, dengan menggunakan *Muther Grid*. Yaitu menampilkan keterkaitan antar area yang ada, dalam menunjang aktivitas selama produk dibuat.

2. Tentukan *space* yang dibutuhkan

Penentuan ruang area yang dibutuhkan sesuai dengan aktivitas pada langkah pertama dan kemudian dicatat menggunakan formulir. Terdapat tiga hal yang dapat dijadikan dasar untuk menentukan luas ruang yang dibutuhkan, yaitu tingkat produksi, peralatan yang dibutuhkan untuk proses dan karyawan yang diperlukan.

3. Buat *activity relationship* diagram

Pengembangan dari *relationship* diagram. Yaitu penggambaran diagram dengan hubungan garis yang menunjukkan besarnya tingkat hubungan antara kegiatan yang satu dengan kegiatan lainnya.

4. Gambarkan *space relationship layout*

Dalam proses penggambaran tersebut yang perlu diperhatikan adalah mengevaluasi luas ruang yang dibutuhkan untuk semua aktivitas perusahaan dan ruang yang tersedia. Kemudian dibuat alternatif sebagai pembandingan.

5. Evaluasi masing-masing alternatif

Ada beberapa kriteria atau teknik-teknik yang dapat digunakan untuk mengevaluasi alternatif tata letak, yaitu perbandingan sebagai hal utamanya pertimbangan adalah untung rugi, peringkat, analisis faktor dan perbandingan biaya.

6. Pendetailan tata letak rencana terpilih

Berdasarkan pertimbangan sebelumnya, didapatkan tata letak yang terpilih sehingga dilakukan pendetailan yang kemudian diimplementasikan ke lokasi. (Muther & Hales, 2015)

3. Metodologi Perencanaan

3.1 Metodologi pengerjaan

Berikut ini adalah diagram alir dari tahapan-tahapan yang dilakukan dalam proses perencanaan:

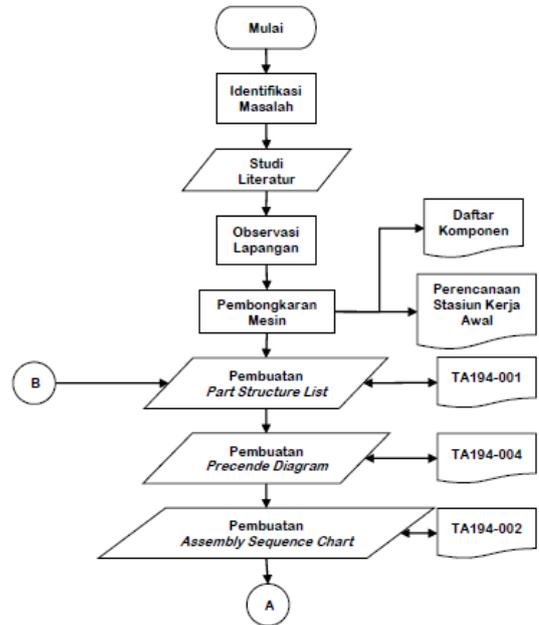


Diagram 1 Diagram alir perencanaan sistem alur perakitan

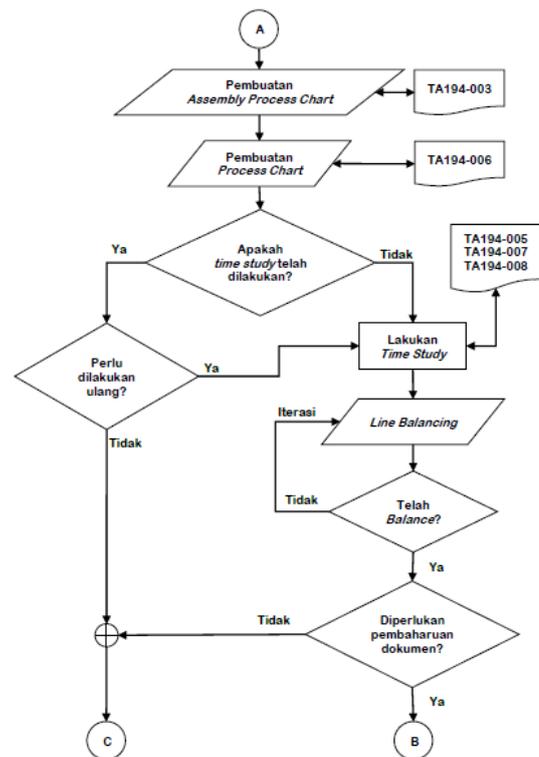


Diagram 2 Diagram alir perencanaan sistem alur perakitan (lanj.)

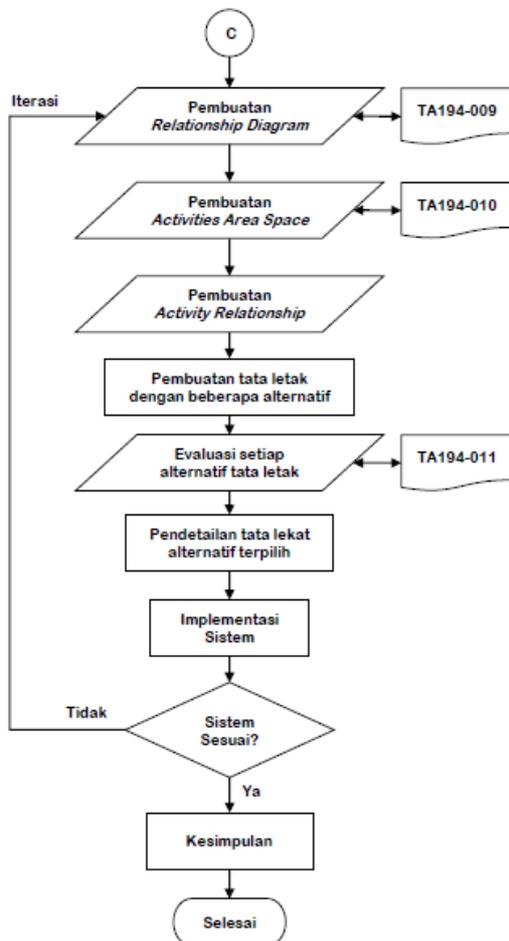
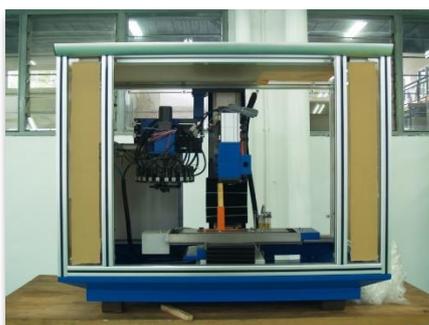


Diagram 3 Diagram alir perencanaan sistem alur perakitan (lanj.)

### 3.2 Lokasi penelitian dan benda penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Politeknik Manufaktur Bandung, tepatnya pada laboratorium perakitan Jurusan Teknik Manufaktur, penelitian tersebut dilakukan selama semester 8 dimulai pada tanggal 28 Januari 2019 hingga 03 September 2019.

Benda yang dilakukan penelitian untuk akan direncanakan sistem perakitannya adalah *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine* yang terdapat pada laboratorium perakitan Jurusan Teknik Manufaktur.



Gambar 5 *Vertical Machining Centre (VMC) CNC Machine*

### 3.3 Asumsi awal

Pada saat dilakukannya proses perencanaan alur perakitan, dibutuhkannya asumsi data awal sebagai bantuan pada saat dilakukannya proses perencanaan. Berikut merupakan asumsi data awal yang didapatkan:

1. Total mesin yang akan dirakit:  
6 unit / tahun
2. Total operator yang diberikan:  
8 mahasiswa
3. Stasiun kerja awal:  
Jumlah modul yang berhasil dibongkar  
(6 buah)

Asumsi data awal tersebut didapatkan dari hasil diskusi baik kepada pembimbing dan kepada instruktur ataupun pengajar yang bersangkutan pada mesin tersebut.

## 4. Hasil dan Analisis

### 4.1 Hasil *time study*

Berikut ringkasan dari waktu perakitan setiap modulnya:

Tabel 1 Ringkasan waktu perakitan setiap modul

Modul	Waktu Standar (menit)
<i>VMC CNC Mach.</i>	135,23
<i>Y – Base</i>	8,61
<i>Table</i>	15,06
<i>Z – Coulomb</i>	22,71
<i>Spindle</i>	34,27
<i>Tool Changer</i>	98,48
<b>Total</b>	<b>314,36</b>

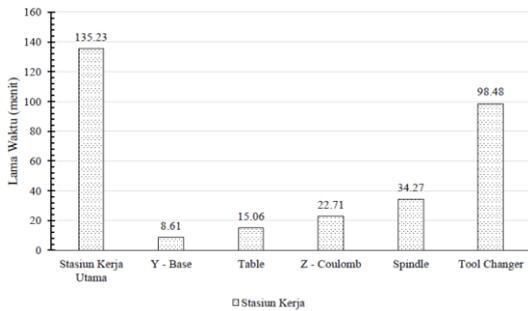
### 4.2 *Line balancing*

Pada sub-bab 3.3 sebelumnya, telah di perlihatkan data asumsi awal dalam proses perakitannya yaitu sebagai berikut:

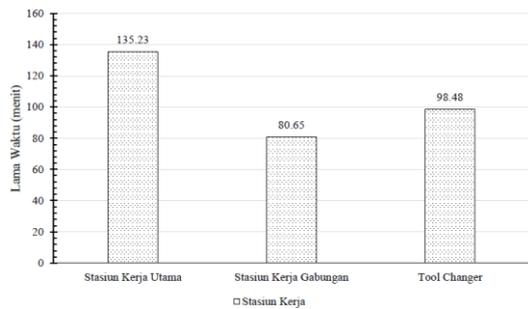
- Total waktu mesin : 6 unit per tahun yang dirakit
- Jumlah waktu per : 40 minggu praktik tahun per tahun<sup>1</sup>  
200 hari kerja per tahun<sup>1</sup>  
1250 jam kerja per tahun<sup>1,2</sup>
- Total waktu : 314,36 menit<sup>3</sup> perakitan

Ket.:  
1. Dengan menganggap setiap hari masuk (tanpa hari libur)  
2. Tanpa diperhitungkan waktu istirahat  
3. Asumsi total waktu dihitung dengan menjumlahkan semua waktu pada stasiun kerja awal dan perakitan total dilakukan setelah sub-rakitan telah dirakit semua

Di mana data tersebut dapat dipaparkan seperti pada grafik berikut ini:



**Gambar 6** Grafik lama waktu perakitan sebelum *line balancing*

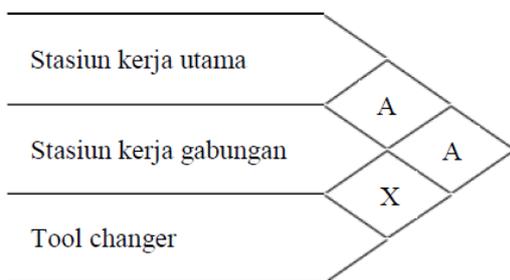


**Gambar 7** Grafik lama waktu perakitan setelah *line balancing*

Pada Gambar 6 dan Gambar 7 di atas dapat dilihat perbedaan waktu antara sebelum dilakukannya proses *balancing* dan setelah dilakukannya proses *balancing*.

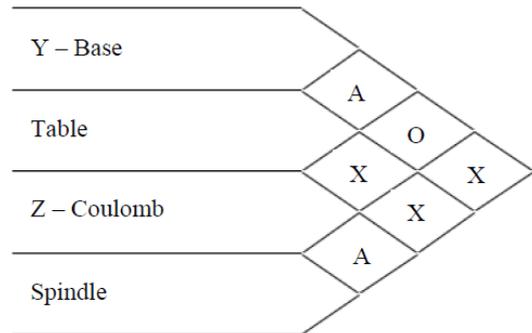
### 4.3 Relationship diagram

Dengan menggunakan metode *relationship diagram* untuk menentukan hubungan antara tiap stasiun dengan penjelasan berikut:



**Gambar 8** Relationship diagram pada perakitan VMC CNC Machine

Pada Gambar 8 di atas, dapat dilihat hubungan antara stasiun kerja utama terhadap stasiun kerja gabungan dan *tool changer* harus diletak berdekatan, tetapi stasiun kerja gabungan dengan *tool changer* harus terletak berjauhan.



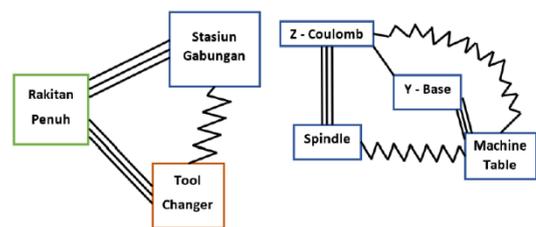
**Gambar 9** Relationship diagram pada stasiun gabungan

Pada Gambar 9 di atas dapat diketahui hubungannya yaitu, stasiun kerja *Y - Base* dengan stasiun kerja *Table* harus diletak berdekatan karena modul *Table* akan dirakit terhadap *Y - Base* begitu juga stasiun kerja *Z - Coulomb* dengan stasiun kerja *Spindle* harus diletak berdekatan karena modul *Spindle* akan dirakit terhadap *Z - Coulomb*.

Kemudian stasiun kerja *Y - Base* dengan stasiun kerja *Z - Coulomb* dianjurkan untuk diletakkan, hal ini dikarenakan modul *Z - Coulomb* akan dirakit terhadap *Y - Base*. Akan tetapi, dengan alasan kemudahan dalam perakitan total, maka kedua modul tersebut harus dirakit pada stasiun kerja utamanya dengan stasiun kerjanya tetap berdekatan.

### 4.4 Activity relationship

Dalam metode *activity relationship*, pada *relationship diagram* dipecahkan dan dibuat bagaimana aliran material yang terjadi. Seperti pada gambar berikut ini:



**Gambar 10** Activity relationship (kiri) stasiun kerja utama dan (kanan) stasiun kerja gabungan

### 4.5 Alternatif tata letak

Dari sub-bab sebelumnya telah ditentukan area yang dibutuhkan dan bagaimana hubungan antar tiap stasiun kerjanya. Selanjutnya dibuatlah alternatif-alternatif tata letak, yaitu ditentukannya dua buah alternatif tata letak utama dan tiga buah alternatif stasiun gabungan.

#### 4.6 Evaluasi alternatif tata letak

Dari alternatif yang telah dibuat pada sub-bab sebelumnya, maka dilakukan evaluasi pada setiap alternatifnya seperti pada gambar berikut ini:

FACTOR / CONSIDERATION	WT.	RATINGS AND WEIGHTED RATINGS				
		A	B	C	D	E
1 Mudah terhadap lalu lintas hoist	8	40	40	40	40	24
2 Akses terhadap bagian manufaktur	5	25	15	-	-	-
3 Jarak rakitan penuh terhadap showroom	2	10	6	-	-	-
4 Kemudahan jika dilakukan ekspansi	3	12	9	-	-	-
5 Aksesibilitas terhadap sekeliling	2	8	8	8	8	6
6 Lalu lintas proses re-stock komponen	2	6	8	6	6	8
7 Akses ke bagian rakitan penuh (A)	3	-	-	12	9	6
8 Akses ke bagian rakitan penuh (B)	3	-	-	9	12	6
9 END						
Totals		101	86	75	75	50

Gambar 11 Evaluasi setiap alternatif

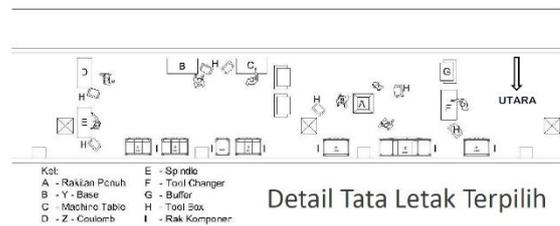
Penjelasan dari faktor tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mudah terhadap lalu lintas *hoist*  
Pada Lampiran A diperlihatkan area lalu lintas *hoist* yaitu stasiun kerja yang membutuhkan perangkat *hoist* yaitu: Rakitan penuh, *Y - Base* dan *Z - Coulomb*. Dikarenakan beban untuk mengangkat dengan operator sangat tidak memungkinkan maka ketiga stasiun kerja tersebut harus berada pada area lalu lintas *hoist*.
2. Akses terhadap bagian manufaktur  
Akses pada bagian manufaktur yaitu yang terdekat terhadap pintu timur bagian manufaktur, hal ini mempertimbangkan lalu lintas aliran komponen terbanyak dan juga jarak terdekat terhadap pintu timur tersebut.
3. Jarak rakitan penuh terhadap *showroom*  
Ditentukan dari jarak terdekat terhadap area *showroom*.
4. Kemudahan jika dilakukan ekspansi  
Kemudahan dalam memindahkan stasiun kerja jika dilakukan ekspansi, yaitu pada alternatif B, jika dilakukan ekspansi maka stasiun kerja *tool changer* digeser mendekati area *showroom* dari pada alternatif A, stasiun gabungan yang harus digeser mendekati area *showroom*.
5. Aksesibilitas terhadap sekeliling  
Faktor ini ditentukan dengan mempertimbangkan area sekeliling, yaitu area perakitan bubut CNC, area elektrikal ataupun area *showroom*.

6. Lalu lintas proses *re-stock* komponen  
Mempertimbangkan lalu lintas jika dilakukan proses *re-stock* yaitu bagaimana proses dilakukannya *re-stock* dari pintu timur bagian manufaktur apakah dapat mengganggu lalu lintas lainnya.
7. Akses ke bagian rakitan penuh (Alternatif A)  
Faktor ini digunakan jika alternatif A yang terpilih, yaitu dengan mempertimbangkan kedekatan jarak *buffer* terhadap rakitan penuh.
8. Akses ke bagian rakitan penuh (Alternatif B)  
Faktor ini digunakan jika alternatif B yang terpilih, yaitu dengan mempertimbangkan kedekatan jarak *buffer* terhadap rakitan penuh.

#### 4.7 Pendetailan alternatif terpilih

Dari alternatif yang dipilih seperti pada sub-bab sebelumnya maka didapatkannya alternatif seperti berikut:



Gambar 12 Detail alternatif tata letak terpilih

#### 5. Kesimpulan

Dari pelaksanaan tugas akhir didapatkan kesimpulan yang berdasarkan dari rumusan masalah dan dilaksanakan pada bab-bab sebelumnya yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Proses perencanaan sistem alur perakitan yang dilakukan yaitu menggunakan metode *systematic layout planning* yang dikembangkan oleh Richard Muller di mana dalam penentuan stasiun kerjanya yaitu menggunakan proses *line balancing* untuk mengetahui jumlah stasiun kerja yang kemudian dilakukan analisa *relationship chart* yang menghasilkan beberapa alternatif yang selanjutnya dilakukan evaluasi untuk menentukan alternatif terpilih yang kemudian dilakukan proses pendetailan.
2. Jumlah stasiun kerja yang seimbang dari hasil perhitungan yaitu sebanyak 1 unit stasiun kerja dan dengan mempertimbangkan area yang diberikan, maka stasiun kerja yang ditentukan yaitu sebanyak 3 unit stasiun kerja yang terbagi

menjadi: stasiun kerja utama; stasiun kerja gabungan dan stasiun kerja *tool changer*. Serta untuk stasiun kerja gabungan terbagi menjadi: stasiun kerja *y – base, table, z coulomb* dan *spindle*.

Dengan total operator yaitu 8 mahasiswa yang terbagi menjadi 3 orang pada stasiun kerja utama, 4 orang pada stasiun kerja gabungan dan 1 orang pada stasiun kerja *tool changer*.

Dengan lama waktu dalam proses perakitannya yaitu selama 314,36 menit yang terbagi menjadi 135,23 menit pada stasiun kerja utama, 80,65 menit pada stasiun kerja gabungan dan 98,28 menit pada stasiun kerja *tool changer*.

3. Tata letak stasiun kerja telah ditentukan dari alternatif yang terpilih dengan bobot penilaiannya tersebut, yaitu alternatif A yang memiliki bobot penilaian sebesar 101 dengan stasiun kerja gabungan alternatif C yang memiliki bobot penilaian sebesar 75

Di mana hal tersebut didapatkan dengan menggunakan analisa *relationship chart* yang kemudian dievaluasi dengan mempertimbangkan hal-hal berikut:

- a. Mudah terhadap lalu lintas *hoist*
- b. Akses terhadap bagian manufaktur
- c. Jarak rakitan penuh terhadap *showroom*
- d. Kemudahan jika dilakukan ekspansi
- e. Aksesibilitas terhadap sekeliling
- f. Lalu lintas proses *re-stock* komponen
- g. Akses ke bagian rakitan penuh

## 6. Daftar Pustaka

- Adithan, M. (2007). *Process Planning and Cost Estimation*. New Age International (P) Limited.
- Barnes, R. M. (1980). *Motion and Time Study - Design and Measurement of Work, 7th Ed.* Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Brahim, R., & Alain, D. (2006). *Assembly Line Design: The Balancing of Mixed-Model Hybrid Assembly Lines with Genetic Algorithms*. Springer.
- Carlo, F. D., Arleo, M. A., Borgia, O., & Tucci, M. (2013). Layout Design for a Low Capacity Manufacturing Line: A Case Study. *International Journal of Engineering Business Management Vol.5*, 1-10.
- Crowson, R., & Walker, J. (2006). *Assembly Processes: Finishing, Packaging, and Automation*. New York: Taylor & Francis Group.
- Eversheim, W. (1989). *Organisation in der Produktionstechnik Band 4 (Fertigung und Montage), 2nd Auflage*. Dusseldorf: VDI-Verlag.
- Eversheim, W. (1990). *Organisation in der Produktionstechnik Band 2 (Konstruktion), 2nd Auflage*. Dusseldorf: VDI-Verlag.
- Eversheim, W. (1996). *Organisation in der Produktionstechnik Band 1 (Grundlagen), 3rd Auflage*. Dusseldorf: VDI-Verlag.
- Grzechca, W. (2011). *Assembly Line - Theory and Practice*.
- Iqbal, M., & Hasmi, M. (2001). Design and Analysis of a Virtual Factory Layout. *Journal of Materials Processing Technology 118(1-3)*, 403-410.
- Kumar, A., & Suresh, N. (2008). *Production and Operations Management (With Skill Development, Caselets, and Cases), 2nd Ed.* New Delhi: New Age International (p) Limited.
- Lotter, B. (1989). *Manufacturing Assembly Handbook*. Butterworths.
- Muhammadali, A., Bakhtiar, S., & Nanda, R. (2015). Usulan Perbaikan Tata Letak Pabrik dengan Menggunakan Systematic

- Layout Planning (SLP) di CV Arasco Bireuen. *Malikussaleh Industrial Engineering Journal Vol.4 No.2*, 4-10.
- Muther, R., & Hales, L. (2015). *Systematic Layout Planning, 4th Ed.* Marietta: Management & Industrial Research Publications.
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line.* CRC Press.
- Raja, R. (2015). *Assembly Line Design and Balancing - Designing and Balancing the Audi B9 Mirror Assembly Line at SMR Automotive Mirrors Technology.* Mosonszolnok: Chalmers University of Technology, Hungary, Master's Thesis.
- REFA. (1985). *Methodenlehre der Planung und Steuerung, Teil 1: Grundbegriffe.* Muchen: Hanser-Verlag.
- Reyneke, M. (2010). *Assembly Line Layout and Process Optimization at Powertech Transformers.* Pretoria: University of Pretoria, Bachelor's Report.
- Stevenson, W. J. (2018). *Operations Management, 13th Ed.* New York: McGraw-Hill Education.
- Thomopoulos, N. T. (2014). *Assembly Line Planning and Control.* Chicago: Springer.
- Wilson, F. W. (1963). *Manufacturing Planning and Estimating Handbook.* McGraw-Hill.