

# **ANALISIS *FLEXIBLE ASSEMBLY LINE* DENGAN MELAKUKAN *VIRTUAL PROTOTYPING***

**The Jaya Suteja, Sunardi Tjandra**

Program Studi Teknik Manufaktur

Universitas Surabaya

Raya Kalirungkut, Surabaya, INDONESIA - 60292

Email: jayasuteja@yahoo.com

## **Abstrak**

Saat ini, sistem perakitan yang fleksibel dan otomatis (*flexible assembly system*) semakin memegang peranan yang penting karena masa pakai produk yang semakin pendek dan banyaknya jenis dari variasi dari produk yang diproduksi. Untuk menyelesaikan masalah-masalah *balancing* yang timbul pada *flexible assembly line* diperlukan analisis. Pada penelitian ini, *flexible assembly line* dimodelkan, disimulasikan, dan dianalisis dengan menggunakan *virtual prototype*. *Flexible assembly line* ini terdiri dari tiga *station* atau mekanisme yang mempunyai fungsi yaitu untuk melakukan aktivitas *grasping*, *feeding*, *moving*, serta *aligning* sebuah komponen yang berbentuk kubus, balok, silinder, atau bola dengan berbagai macam ukuran. Selain keempat aktivitas tersebut, tiga *station* tersebut juga mampu untuk melakukan *joining* dengan cara memutar komponen pada sumbunya. Kasus perakitan yang dibahas pada penelitian ini adalah merakit sebuah pegas ke dalam silinder berlubang dan kemudian menyambung sebuah baut ke silinder berlubang. Pada kasus ini, konfigurasi perakitan yang divariasikan adalah tata letak *station* dan operasi tiap *station*. Sedang tujuan yang ingin dicapai adalah mendapatkan waktu *station* yang sesuai agar tidak diperlukan *buffer*. Jika *cycle time* yang diinginkan adalah 8 detik maka dari hasil analisis didapatkan dua alternatif konfigurasi yang feasible. Model yang dibuat dan disimulasikan dapat memberikan gambaran *flexible assembly line* secara visual yang lebih riil dibandingkan hanya menggunakan simulasi biasa walaupun pemodelannya membutuhkan waktu yang lebih lama. Dengan melakukan simulasi *virtual prototype* dari *flexible assembly line*, kemungkinan kegagalan dari *flexible assembly line* seperti kemungkinan terjadinya tabrakan bisa diantisipasi sebelumnya. Selain itu analisis *flexible assembly line* ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah *balancing* yang mungkin terjadi dan kemudian mendapatkan beberapa alternatif pemecahan masalah tersebut sehingga pembuatan prototip fisik dapat diminimalkan dan mencegah kerugian yang besar baik dari segi waktu maupun dari segi biaya.

***Kata kunci: analisis, flexible assembly lines, virtual prototyping***

## 1. Pendahuluan

Dalam menghasilkan sebuah produk terutama produk yang terdiri dari banyak macam komponen, proses perakitan mempunyai peranan yang sangat penting. Hal ini dikarenakan proses perakitan sangat mempengaruhi waktu dan biaya yang dibutuhkan dalam memproduksi produk tersebut.

Kondisi Indonesia saat ini mendorong industri manufaktur lebih banyak menggunakan proses perakitan secara manual. Hal ini tidak akan lagi membawa keuntungan karena daya saing dari produk yang dihasilkan dengan menggunakan proses perakitan manual akan menjadi semakin rendah seiring dengan meningkatnya upah minimum dari pekerja. Dalam perkembangan ke depan, sistem perakitan yang fleksibel dan otomatis (*flexible assembly system*) akan semakin memegang peranan yang sangat penting dalam proses perakitan. Hal ini dipicu oleh masa pakai produk yang semakin pendek dan banyaknya jenis dari variasi dari produk yang diproduksi.

Untuk menyelesaikan masalah-masalah *balancing* yang timbul pada *flexible assembly system* diperlukan analisis. Jika setiap analisis dilakukan dengan membuat prototip fisik terlebih dahulu maka waktu dan biaya yang harus dikeluarkan akan menjadi sangat besar. Oleh karena itu, pada penelitian ini, *flexible assembly line* yang merupakan salah satu jenis *flexible assembly system* akan dianalisis dengan melakukan *virtual prototyping*. Setelah melalui beberapa iterasi dan setelah hasil analisis telah menunjukkan hasil yang terbaik, maka prototip fisik baru akan dibuat. Selain itu pada penelitian ini juga akan diidentifikasi keuntungan dan kerugian analisis *flexible assembly line* dengan melakukan *virtual prototyping*.

## 2. Studi Pustaka

Menurut Merriam Webster Dictionary, proses perakitan bisa didefinisikan sebagai proses yang digunakan untuk menggabungkan berbagai macam komponen maupun *subassembly* sehingga membentuk produk atau *assembly* yang komplit. Proses yang digunakan bisa proses secara individual maupun menggunakan proses *batch* atau kontinu.

Dalam proses perakitan, ada beberapa aktivitas yang dapat dikerjakan. Tidak semua aktivitas ini harus dikerjakan dalam proses perakitan tapi beberapa aktivitas tersebut pasti harus dikerjakan untuk bisa merakit sebuah komponen ke komponen lain atau ke *subassembly*. Aktivitas yang dilakukan pada proses perakitan yaitu:

1. *Feeding* untuk memposisikan komponen yang akan dirakit dalam sistem perakitan,
2. *Grasping* untuk mengambil komponen yang akan dirakit,
3. *Moving* untuk memindahkan komponen yang akan dirakit dari satu operasi ke operasi yang lain,
4. *Aligning* untuk membawa komponen yang akan dirakit sehingga berada pada tempat yang sesuai dengan posisi komponen yang lain,
5. *Joining* untuk melakukan proses penyambungan komponen yang dirakit dengan komponen yang lain.

Menurut berbagai survey yang telah dilakukan, seperti terlihat pada gambar 1, proses perakitan dari produk manufaktur mengambil porsi waktu yang cukup besar bila dibandingkan dengan proses produksi secara keseluruhan. Untuk bisa mengurangi biaya yang ditimbulkan pada proses perakitan, usaha potensial yang bisa dilakukan adalah memperbaiki sistem dan teknologi perakitan.

Selain menggunakan proses perakitan secara manual, proses perakitan banyak juga menggunakan otomasi. Pada proses perakitan dengan otomasi, ada banyak jenis mekanisme yang tersedia. Mekanisme ini biasanya dikategorikan berdasarkan tingkat otomasinya yaitu semi otomatis atau otomatis.

Mekanisme yang digunakan pada proses perakitan juga bisa dibedakan berdasarkan tingkat fleksibilitasnya yaitu *single purpose mechanism* atau *flexible assembly system* [2]. *Single purpose*

*mechanism* hanya digunakan untuk melakukan proses perakitan satu macam produk yang spesifik. Sedangkan *flexible assembly system* bisa digunakan untuk berbagai macam produk. Untuk masa depan, *flexible assembly system* yang otomatis akan semakin memegang peranan yang sangat penting dalam proses perakitan. Masa pakai produk yang semakin pendek dan banyaknya jenis dari variasi dari produk yang diproduksi akan memaksa digunakannya sistem yang fleksibel dan otomatis dalam melakukan perakitan.

Gambar 1. Distribusi Kebutuhan Waktu dalam Produksi [2 ]

Jika dilihat berdasarkan pengaturannya, mekanisme proses perakitan bisa dikategorikan menjadi *assembly station*, *assembly cell*, atau *assembly line* [2]. *Assembly station* adalah area yang terdiri dari pekerja, mesin, dan peralatan dimana komponen dirakit sehingga menjadi *subassembly* atau produk lengkap. Sedangkan *assembly line* adalah pengaturan beberapa *assembly station* yang diatur secara berurutan dimana komponen dari produk yang akan dirakit dilewatkan secara berurutan dari satu operasi ke operasi berikutnya hingga menjadi produk lengkap. Pada *assembly cell*, pekerja, mesin dan peralatan diatur untuk bisa melakukan operasi dan proses tertentu sehingga produk yang masuk ke *assembly cell* ini hanya akan mengalami satu atau beberapa operasi dan proses tertentu saja.

Keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan *flexible assembly system* yang otomatis adalah [2]:

1. pengurangan biaya produksi,
2. tercapainya kualitas yang baik dan konstan,
3. berkurangnya ketergantungan pada pekerja,
4. terhindarnya kondisi kerja yang buruk.

Agar keuntungan tersebut diatas bisa didapatkan, masalah *balancing* harus diperhitungkan

terlebih dahulu agar tidak terjadi *bottleneck* pada salah satu *assembly station*. Masalah *balancing* yang terjadi terutama pada *flexible assembly system* adalah ketidaksesuaian antara waktu *station* dan waktu siklus (*cycle time*). Permasalahan *balancing* ini dipengaruhi oleh durasi perakitan yang dibutuhkan, batasan tugas perakitan yang harus dikerjakan, jumlah dan jenis *station* yang ada. Jika waktu yang dibutuhkan oleh *station* lebih besar dibanding waktu siklus maka akan terjadi *bottleneck*. Perbedaan antara waktu *station* dengan waktu siklus ini dinamakan waktu idle. Jika pada beberapa *station* terjadi waktu idle maka penjumlahan waktu idle dari semua *station* disebut waktu tunggu. Waktu tunggu ini harus diminimalkan dengan cara mengatur pekerjaan *station* yang ada atau mengatur jenis dan jumlah *station* dalam melakukan tugas perakitan yang direncanakan.

### 3. Studi Kasus

*Flexible assembly line* yang dirancang terdiri dari tiga *station* yang mempunyai fungsi yaitu untuk melakukan aktivitas *grasping*, *feeding*, *moving*, serta *aligning* sebuah komponen yang berbentuk kubus, balok, silinder, atau bola dengan berbagai macam ukuran. Selain keempat aktivitas tersebut, tiga *station* tersebut juga mampu untuk melakukan *joining* dengan cara memutar komponen pada sumbunya.

Sedangkan komponen yang hendak dirakit menggunakan *flexible assembly line* ini dapat dilihat pada gambar 2. Untuk merakit komponen tersebut, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah pertama-tama merakit sebuah pegas ke dalam silinder berlubang dan kemudian menyambung sebuah baut ke silinder berlubang. Dalam hal ini, kedalaman silinder berlubang lebih besar dibandingkan panjang bebas pegas.

Durasi minimum dari masing-masing operasi perakitan yang mampu dikerjakan oleh masing-masing *station* pada *flexible assembly line* ini dapat dilihat pada tabel 1 dengan menganggap durasi perakitan yang diperlukan pada semua operasi perakitan adalah selalu konstan.



Gambar 2. Komponen yang dirakit

Tabel 1. Durasi Perakitan

No	Operasi Perakitan	Durasi
1.	Memposisikan silinder berlubang ke dalam sistem	3 detik

2.	Memposisikan dan memasukkan pegas ke dalam silinder berlubang	4 detik
3.	Memposisikan dan menyambung baut ke dalam silinder berlubang	8 detik
4.	Memindahkan sub-assembly ke dalam penyimpanan	3 detik

Konfigurasi *flexible assembly line* dapat dirancang menjadi beberapa macam tergantung tujuan yang ingin dicapai. Tujuan yang ingin dicapai ada beberapa macam seperti mencapai waktu siklus yang yang terpendek, mencapai waktu *station* yang sesuai agar tidak diperlukan *buffer*, atau tujuan lainnya. Sedang konfigurasi *flexible assembly line* yang bisa divariasikan meliputi jumlah *station* dan tata letaknya, operasi tiap *station*, waktu tiap *station*, kebutuhan peralatan, jumlah operator, kebutuhan ruang, kebutuhan *buffer storage*, kebutuhan penanganan material.

Pada kasus ini, konfigurasi yang divariasikan adalah tata letak *station* dan operasi tiap *station*. Sedang tujuan yang ingin dicapai adalah mendapatkan waktu *station* yang sesuai agar tidak diperlukan *buffer* jika *cycle time* yang diinginkan adalah 8 detik.

Untuk mengetahui masalah *balancing* yang terjadi dalam mencapai tujuan yang ditetapkan diperlukan analisis. Hasil analisis ini kemudian dapat dipakai untuk menentukan konfigurasi *flexible assembly line* yang terbaik untuk memecahkan masalah tersebut.

#### 4. Pemodelan, Simulasi, dan Analisis

Untuk memodelkan, mensimulasikan, dan menganalisis *flexible assembly line* yang dirancang, perangkat lunak yang digunakan adalah RoboWorks dari Chetan Kapoor, Newtonium.

Pemodelan dan simulasi dari *flexible assembly line* ini dapat memberikan gambaran secara visual dari *flexible assembly line* yang dirancang serta memprediksi kegagalan yang mungkin terjadi karena adanya tabrakan. Selain itu analisis *flexible assembly line* ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah *balancing* yang mungkin terjadi dan kemudian mencoba beberapa alternatif pemecahan masalah tersebut.

Dengan menggunakan perangkat lunak ini, tiap *station* dapat dimodelkan dengan mudah walaupun membutuhkan waktu yang cukup lama dalam melakukan pemodelan. Selain itu, gerakan-gerakan komponen-komponen dari *station* dalam melakukan tiap operasi perakitan dapat disimulasikan dengan lebih riil. Rancangan mekanisme dari *station* yang digunakan dalam *flexible assembly line* ini dapat dilihat pada gambar 3.

Dari hasil analisis didapatkan bahwa ada dua macam konfigurasi dari *flexible assembly line* yang *feasible* untuk mencapai tujuan seperti dapat dilihat pada gambar 4a dan 4b. Garis dan panah yang terlihat pada gambar 4 menunjukkan arah perpindahan komponen menuju atau keluar dari *station*. Huruf yang tercantum pada gambar 4 menunjukkan nama dari *station* sedang nomor yang tercantum pada masing-masing *station* menunjukkan operasi perakitan yang dikerjakan oleh masing-masing *station* sesuai nomor pada tabel 1.

Gambar 3. Mekanisme *Flexible Assembly Line*

(a)

(b)

Gambar 4. Konfigurasi *Flexibe Assembly Line*

## 5. Kesimpulan

Pemodelan, simulasi, dan analisis *flexible assembly line* dengan menggunakan *virtual prototype* memberikan beberapa keuntungan walaupun juga akan mengakibatkan beberapa kerugian.

Model yang dibuat dan disimulasikan dapat memberikan gambaran *flexible assembly line* secara visual yang lebih riil dibandingkan hanya menggunakan simulasi biasa walaupun pemodelannya membutuhkan waktu yang lebih lama. Dengan melakukan simulasi *virtual prototype*, kemungkinan kegagalan dari *flexible assembly line* seperti kemungkinan terjadinya tabrakan bisa diantisipasi sebelumnya.

Selain itu analisis *flexible assembly line* ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah *balancing* yang mungkin terjadi dan kemudian mendapatkan beberapa alternatif pemecahan masalah tersebut sehingga pembuatan prototip fisik dapat diminimalkan dan mencegah kerugian yang besar baik dari segi waktu maupun dari segi biaya.

## Referensi/Daftar Pustaka

- [1] Boothroyd, G., et. al., "Product Design for Manufacture and Assembly", (2002), Marcel Dekker, Inc.
- [2] Nof, S. Y., Wilhelm, W. E., Warnecke, H. J., "Industrial Assembly", (1997), Chapman and Hall
- [3] Tempelmeier, H., Kuhn, H., "Flexible Manufacturing Systems", (1993), John Wiley & Sons, Inc.
- [4] van Holland, W., "Assembly Features in Modelling and Planning", (1997), PhD-thesis Delft University of Technology, ISBN 90-9011056-9
- [5] Willemse, M.A., "Interactive Product Design Tools for Automated Assembly", (1997), PhD-thesis Delft University of Technology
- [6] Anonymous, "RoboWorks Manual", (2000), diakses tanggal 13 Oktober 2005, dari <http://www.newtonium.com>

-----  
Baut

Pegas

Silinder Berlubang

C

B

A

C

B

A