

Analisis *Design for Assembly* pada Mesin *Roll Sheeter* Karet

Sigit Yoewono, Darma Yuda, Dicky Yusuf

Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara-ITB
Jl. Ganesa 10, Bandung, 40132
E-mail: sigit@ftmd.itb.ac.id, darma_yuda_91@yahoo.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara dengan hutan karet terluas di dunia dan negara penghasil karet terbesar kedua di dunia. Namun demikian, angka produktivitas karet di Indonesia masih rendah. Hal ini disebabkan karena ketersediaan peralatan pengolah karet yaitu mesin *roll sheeter* karet yang kurang dan masih harus impor dari luar negeri terutama dari Malaysia. Seharusnya, Indonesia dapat memproduksi mesin *roll sheeter* karet sendiri.

Langkah awal yang dapat dilakukan untuk memproduksi mesin *roll sheeter* karet adalah memanfaatkan mesin yang diimpor dari Malaysia dan mesin *roll sheeter* karet hasil modifikasi untuk diamati dan dianalisis. Analisis dimulai dari desain mesin *roll sheeter* karet. Desain mesin *roll sheeter* karet akan dianalisis dari segi perakitan dengan menggunakan metode *Design for Manufacture and Assembly* (DFMA) menurut Boothroyd dan Dewhurst. Tujuan dari analisis perakitan/*Design For Assembly* (DFA) adalah untuk meminimalkan jumlah komponen yang membangun mesin *roll sheeter* karet dan memperoleh suatu parameter berupa nilai efisiensi perakitan.

Dari analisis DFA diperoleh nilai efisiensi perakitan untuk masing-masing desain mesin *roll sheeter* karet dan desain terbaik adalah desain mesin *roll sheeter* karet modifikasi setelah dilakukan perbaikan. Nilai efisiensi perakitan dari desain tersebut adalah 60%. Nilai ini paling tinggi dibandingkan beberapa desain lainnya. Selain itu, jumlah komponen dapat dikurangi 160 buah komponen dari 435 buah menjadi 275 buah komponen. Perbaikan yang dilakukan pada desain tersebut adalah perancangan ulang komponen poros pemegang dan handel, *bearing*, lubang baut dudukan, penyatuan poros *idler* dengan dudukan poros dan pengurangan jumlah ring penahan.

Keywords: mesin *roll sheeter* karet, DFMA, Boothroyd dan Dewhurst, efisiensi perakitan

Pendahuluan

Dahulu, Indonesia dikenal sebagai negara agraris. Hal ini dikarenakan sebagian besar penduduk Indonesia bermatapencaharian sebagai petani. Namun, pada masa kini, kehidupan petani sangatlah sulit. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal, seperti lahan pertanian yang semakin sempit akibat pembangunan kota serta rendahnya daya saing komoditas pertanian lokal terhadap komoditas pertanian impor. Keadaan inilah yang membuat para petani berhenti dan beralih profesi dari sektor pertanian ke bidang yang lain.

Ketidakmampuan untuk bersaing dengan komoditas pertanian impor merupakan alasan utama kemunduran sektor pertanian Indonesia. Ada beberapa faktor yang menyebabkan komoditas pertanian lokal Indonesia tidak mampu bersaing dengan komoditas pertanian impor, salah satunya adalah faktor teknologi. Tingkat teknologi yang rendah menyebabkan komoditas pertanian lokal tidak dapat bersaing, baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Pengolahan lebih lanjut juga tidak dapat

dilakukan akibat keterbatasan teknologi yang dimiliki oleh sektor pertanian di Indonesia saat ini.

Untuk menanggulangi hal tersebut, pemerintah mengupayakan beberapa hal seperti pengadaan mesin-mesin pertanian dan perkebunan dari luar negeri. Hal tersebut juga dilakukan oleh salah satu perusahaan perkebunan yang beroperasi dibidang perkebunan karet. Untuk mengolah getah pohon karet yang telah disadap, dibutuhkan suatu mesin *roll sheeter* yang bisa membentuk getah-getah tersebut menjadi lembaran-lembaran agar mudah diproses lebih lanjut. Perusahaan tersebut mengadakan mesin *roll sheeter* dari Malaysia. Namun, pengadaan barang dari luar negeri memakan biaya yang sangat besar. Selain itu, kondisi mesin yang kurang cocok baik dari cuaca dan iklim tempat mesin itu berasal dengan keadaan di Indonesia.

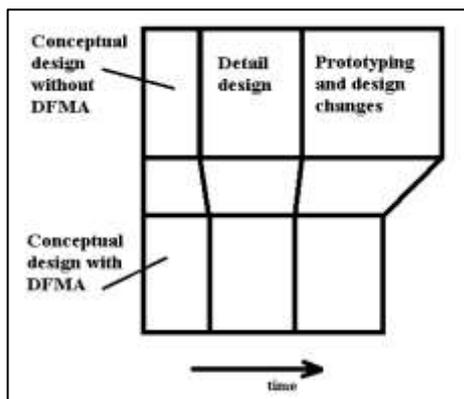
Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, mesin-mesin yang diimpor dari Malaysia tersebut sangat sederhana. Oleh karena itu, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung bekerja sama dengan Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara Institut Teknologi Bandung ingin merancang ulang dan membuat mesin *roll sheeter* karet yang lebih sesuai dengan

keadaan Indonesia dan lebih ekonomis dibandingkan dengan mesin yang diimpor dari Malaysia tersebut. Dengan demikian, proyek ini juga diharapkan dapat menjadi langkah awal yang dapat ditempuh untuk memajukan sektor pertanian Indonesia dan menjadi lebih mandiri.

Design for Manufacture and Assembly (DFMA)

Konsep *Design for Manufacture and Assembly* (DFMA) terdiri dari dua konsep, yaitu konsep DFM (*Design for Manufacture*) dan DFA (*Design for Assembly*). Konsep DFMA diaplikasikan dalam tahap perancangan awal. Prinsip konsep ini adalah perancangan produk tahap awal dan analisis DFMA dilakukan secara bersamaan. Salah satu keuntungan penerapan konsep DFMA pada perancangan suatu produk adalah mempersingkat waktu perancangan. Hal ini dapat dilihat pada **gambar 1** yang memperlihatkan perbandingan suatu perancangan produk dengan dan tanpa penerapan konsep DFMA. Secara keseluruhan, keuntungan diterapkannya konsep DFMA pada tahap perancangan awal adalah:

- 1) Meningkatkan kualitas produk selama masa pengembangan, termasuk perancangan, teknologi, manufaktur, pelayanan, dll.
- 2) Menurunkan biaya, meliputi biaya perancangan, teknologi, manufaktur, *delivery*, *technical support*, *discarding*, dll.
- 3) Memperpendek *cycle time*, meliputi waktu perancangan, persiapan manufaktur, dan perhitungan yang berulang.



Gambar 1. Perbandingan perancangan dengan dan tanpa DFMA (Boothroyd, Dewhurst, & Knight 1994).

Pada **gambar 1** dapat dilihat perancangan suatu produk dengan penerapan konsep DFMA memerlukan waktu yang lebih lama pada bagian perancangan konseptual. Hal ini dikarenakan adanya analisis untuk perakitan dan keterbuatan dalam proses perancangan konseptual. Namun, pada

proses-proses selanjutnya, perancangan dengan penerapan konsep DFMA akan memerlukan waktu yang lebih singkat dibandingkan tanpa DFMA.

DFA atau perancangan untuk perakitan adalah sebuah metodologi untuk mengevaluasi konstruksi suatu komponen yang membentuk produk. Analisis DFA yang dilakukan pada tahap perancangan lebih ditekankan pada penyederhanaan konstruksi dengan cara pengurangan jumlah komponen untuk mengurangi waktu proses perakitan (<http://www.dfma.com/software/index.html>). Oleh karena itu, konstruksi yang memiliki komponen penyusun paling sedikit dan biaya perakitan paling rendah adalah konstruksi terbaik (Bralla 1999). Analisis DFA yang dilakukan pada tahap perancangan lebih ditekankan pada penyederhanaan konstruksi dengan cara pengurangan jumlah komponen untuk mengurangi waktu proses perakitan. Pengurangan jumlah komponen bisa dilakukan dengan cara penggabungan dua komponen atau lebih. Penggabungan dapat dilakukan bila syarat-syarat berikut ini dipenuhi (Setiawan 2013):

- Komponen yang akan digabungkan harus dibuat dari bahan yang sama.
- Komponen yang akan digabungkan tidak bisa bergerak satu terhadap lainnya.
- Komponen yang akan digabungkan tidak perlu dibongkar sewaktu proses produksi atau proses perawatan.

Dengan penyederhanaan konstruksi suatu produk, akan dihasilkan fungsi dan karakteristik produk akhir sesuai spesifikasi yang diinginkan dengan waktu yang paling singkat. Waktu yang singkat ini tentu akan mempengaruhi biaya produksi dari produk tersebut (Porter 2012).

Proses perakitan terdiri dari dua macam, yakni perakitan otomatis dan perakitan manual. Perakitan secara otomatis digunakan pada produk massal dan melibatkan lini produksi tertentu. Sebaliknya, perakitan manual diaplikasikan pada produk non-massal.

Perakitan Manual

Perakitan manual adalah proses perakitan dengan menggunakan penanganan manual serta peralatan yang biasa digunakan secara manual. Proses perakitan secara manual terbagi menjadi dua bagian besar, yaitu *handling* (menggenggam, memindahkan, dan mengarahkan) serta *insertion* dan *fastening*.

Manual handling

Komponen suatu produk sangat beragam, baik dari sisi bentuk maupun ukuran. Faktor berat dan kerumitan menjadi penentu waktu yang dibutuhkan untuk penanganan komponen yang akan dirakit. Aspek lain yang harus diperhatikan pada saat memilih komponen yang akan digunakan dalam perakitan adalah sebagai berikut:

1. Apakah komponen bisa diambil dengan:
 - Satu tangan.
 - Satu tangan dengan bantuan alat.
 - Dua tangan.
 - Dua tangan dengan bantuan orang lain.
2. *Orienting (Part Symmetry)*
Orienting merupakan ukuran berapa derajat komponen dapat diputar tegak lurus garis sumbu putar atau segaris sumbu putar untuk reorientasinya.
3. Kemudahan komponen untuk diambil dan dimanipulasi.
4. Ketebalan produk.
5. Ukuran komponen.

Manual insertion

Pada bagian ini dijabarkan mengenai waktu yang dibutuhkan untuk menggabungkan komponen satu dengan komponen yang lain pada berbagai keadaan. Faktor yang mempengaruhi waktu yang dibutuhkan pada *manual insertion* adalah bentuk sisipan dan proses pengencangan yang digunakan.

A. Insertion

Pada saat *insertion* harus dihindari hal-hal sebagai berikut:

- Kemiringan pada saat memasukkan komponen ke dalam lubang.
- Adanya udara yang terjebak di dalam lubang.
- Sulit mengepaskan pin ke lubang bertingkat.
- Komponen tersangkut pada lubang bertingkat.
- Memerlukan *holding down*.
- *Alignment*.

B. Fastening

Pada proses *fastening* atau proses pengencangan antar komponen harus dihindari hal-hal sebagai berikut:

- Pengaruh *obstructed access* yaitu terhalangnya komponen *fastening* untuk dipegang oleh operator.
- *Restricted vision* yaitu terhalangnya komponen *fastening* dari pandangan operator.

Berdasarkan percobaan Boothroyd dan Dewhurst (1994), diperoleh tabel matrik *manual insertion* yang

berisikan perkiraan waktu perakitan untuk menggabungkan antar komponen berdasarkan pada hambatan dan kesulitan dalam perakitan.

Manual assembly design efficiency

Berdasarkan total waktu yang diperoleh dari *manual handling* dan *manual insertion*, efisiensi perakitan manual dari masing-masing konstruksi bisa dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$E_{ma} = N_{min} \frac{t_a}{t_{ma}} \quad (1)$$

yangmana:

- E_{ma} : efisiensi perakitan manual
 N_{min} : jumlah komponen minimum teoritis
 t_a : waktu perakitan dasar tiap komponen
 t_{ma} : jumlah waktu perakitan seluruh komponen

Efisiensi perakitan menggambarkan indeks perbandingan antara jumlah komponen penting dengan jumlah komponen secara keseluruhan. Waktu perakitan dasar tiap komponen (t_a) dihitung dengan membagi waktu perakitan seluruh komponen dengan jumlah total komponen penyusun produk tersebut. Komponen penting adalah komponen yang paling berpengaruh terhadap fungsi keseluruhan suatu produk. Menurut Boothroyd dan Dewhurst (1994) komponen penting disebut dengan jumlah komponen minimum teoritis (N_{min}). Indeks komponen penting diberi nilai 1 sedangkan komponen lain yang dirasa masih bisa disederhanakan diberi indeks 0.

Hasil Perancangan Ulang

Poros pemegang

Pada desain awal, komponen poros pemegang dan handel adalah dua komponen yang terpisah. Untuk menggabungkan dua komponen tersebut diperlukan dua buah baut. Jadi, total komponen untuk sebuah poros pemegang adalah 6 buah. Jumlah tersebut dapat dikurangi menjadi sebuah komponen. Hasil perancangan ulang diperlihatkan pada **gambar 2**.

Bearing

Ada dua solusi untuk merancang ulang bagian *bearing*. Solusi yang pertama adalah mengganti *bearing* yang akan digunakan dengan *bearing* keramik. *Bearing* keramik tidak akan berkarat apabila terkena oleh cairan asam semut.



Gambar 2. Hasil perancangan ulang poros pemegang.



Gambar 3. *Bearing cover.*



Gambar 4. Lubang baut dudukan.

Namun, kendala terbesar yang dimiliki *bearing* tersebut adalah harganya mahal. Solusi kedua yang ditawarkan adalah mengganti *bearing* tersebut dengan *bearing* jenis sama yang memiliki penutup dari karet (**gambar 3**).

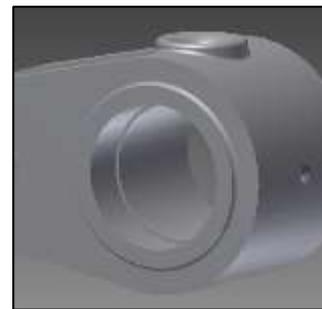
Lubang baut dudukan

Dua pasang baut dan mur pada masing-masing bagian depan dan belakang dudukan digunakan untuk menahan momen yang diakibatkan oleh gaya pengerolan. Bila penyederhanaan berupa pengurangan jumlah baut dilakukan, diperlukan suatu perubahan agar momen yang terjadi tetap dapat ditahan. Solusi dari penyederhanaan ini adalah pengubahan letak pemasangan baut pada rangka utama. Pada desain awal, keempat buah baut dipasang dari bagian atas dudukan poros. Untuk

menyederhanakan sistem tersebut, empat pasang baut dan mur tersebut diganti dengan dua pasang baut dan mur yang dipasang pada bagian samping dudukan poros seperti yang dapat dilihat pada **gambar 4**.



Gambar 5. Dudukan poros.



Gambar 6. Step penahan *bearing* pada komponen *arm*.

Penyatuan poros *idler* dengan dudukan poros

Penyederhanaan ini akan mengurangi jumlah komponen, dari dua buah komponen yang berbeda menjadi satu komponen. Selain itu, penggunaan sistem pengunci berupa mur pengunci (*lock nut*) juga dapat dikurangi. Penyatuan komponen-komponen tersebut dilakukan dengan proses las TIG. Konstruksi hasil perancangan ulang dapat dilihat pada **gambar 5**.

Pengurangan jumlah ring penahan

Modifikasi terakhir yang dilakukan untuk mengurangi jumlah komponen penyusun dudukan poros pada mesin *roll sheeter* karet ini adalah memberikan step untuk menggantikan fungsi ring penahan. Step tersebut diberikan pada komponen *arm* dan dudukan poros. Step diberikan untuk menahan *bearing* dalam arah aksial. Hasil modifikasi yang telah dilakukan untuk mengurangi jumlah pemakaian ring pada komponen *arm* dapat dilihat pada **gambar 6**.



Gambar 7. Step penahan *bearing* pada komponen dudukan poros.

Pada komponen *arm*, pemakaian sebuah ring untuk setiap *arm* dapat dikurangi dengan modifikasi penambahan step tersebut. Sedangkan pada komponen dudukan poros, pemakaian dua buah ring dapat dikurangi untuk setiap dudukan poros dengan penambahan step yang dilakukan. Hasil modifikasi pemberian step pada komponen dudukan poros dapat dilihat pada **gambar 7**.

Perbandingan Desain Awal dengan Hasil Modifikasi

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan di atas, hasil modifikasi memberikan efek yang cukup signifikan pada proses perakitan. Hal ini dapat dilihat dari sisi jumlah komponen, waktu perakitan, dan efisiensi perakitan. Secara umum, perbandingan antara desain awal dengan hasil modifikasi (Kresnandi 2013) yang telah dilakukan dapat dirangkum dalam **tabel 1**. Pada **tabel 1** dapat dilihat bahwa jumlah komponen berhasil dikurangi dari 435 buah komponen menjadi 275 buah komponen. Selisih sebanyak 160 komponen berhasil dikurangi dalam perancangan ulang bagian dudukan poros. Pengurangan jumlah komponen tersebut mengakibatkan waktu perakitan yang dibutuhkan menjadi lebih singkat. Waktu perakitan bagian dudukan poros yang telah dirancang ulang berkurang dari 2.888,15 detik menjadi 1.767,97 detik.

Tabel 1. Perbandingan rancangan awal dan modifikasi mesin *roll sheeter* karet.

	Desain Awal	Modifikasi
Mesin roll sheeter karet		
Jumlah komponen teoretik minimum	165	165
Jumlah komponen	435	275
Waktu perakitan (s)	3.591,25	2.471,07
Efisiensi perakitan (%)	37,9	60
Dudukan poros		
Jumlah komponen teoretik minimum	116	116
Jumlah komponen	361	201
Waktu perakitan (s)	2.888,15	1.767,97
Efisiensi perakitan (%)	32,1	57,2

Waktu perakitan mesin *roll sheeter* karet secara keseluruhan juga berhasil dikurangi dari 3.591,25 detik menjadi 2.471,07 detik. Waktu perakitan mesin *roll sheeter* karet berhasil dikurangi 1120,18 detik setelah perancangan ulang dilakukan. Setelah dilakukan perancangan ulang, efisiensi perakitan bagian dudukan poros berhasil ditingkatkan sebesar 25,1 % dari 32,1 % menjadi 57,2 %. Efisiensi perakitan mesin *roll sheeter* karet sudah jauh meningkat sebesar 22,1 % dari desain awal sebesar 37,9 % menjadi 60 %.

Kesimpulan

Untuk meningkatkan efisiensi perakitan mesin *roll sheeter* karet, telah dilakukan modifikasi pada bagian dudukan poros. Modifikasi-modifikasi tersebut antara lain: perancangan ulang komponen poros pemegang dan handel, *bearing*, lubang baut dudukan, penyatuan poros *idler* dengan dudukan poros dan pengurangan jumlah ring penahan. Komponen-komponen tersebut dapat disederhanakan dan dirancang ulang agar menjadi lebih sederhana. Dengan merancang ulang bagian dudukan poros, jumlah komponen dapat dikurangi 160 buah komponen dari 435 buah menjadi 275 buah komponen. Pengurangan jumlah komponen tersebut mengakibatkan waktu perakitan yang dibutuhkan menjadi lebih singkat. Pengurangan waktu perakitan yang ditimbulkan oleh perancangan ulang komponen dudukan poros adalah 1.120,18 detik. Hasil perancangan ulang yang telah dilakukan, efisiensi perakitan bagian dudukan poros berhasil

ditingkatkan dari 32,1 % menjadi 57,2 %. Efisiensi perakitan mesin *roll sheeter* karet sudah jauh meningkat dari desain awal sebesar 37,9 % menjadi 60 %.

Referensi

Boothroyd, G. Dewhurst, P. & Knight, W. Product Design for Manufacture and Assembly. Marcel Dekker Inc. USA (1994)

Bralla, J.G. Design for Manufacturability Handbook. McGraw-Hill Companies Inc. USA (1999)

<http://www.dfma.com/software/index.html> diakses pada tanggal 12 Juli 2013

Kresnandi, W. Modifikasi Mesin *Roll Sheeter* untuk Memperbaiki Kinerja Mesin Pengolah Getah Karet. Tesis Magister. Program Studi Teknik Mesin FTMD-ITB (2013)

Porter, D.K. Overview of Design for Manufacturing and Assembly (DFMA). California Polytechnic State University (2012)

Setiawan, H. Penerapan Metode Perancangan untuk Manufaktur dan Perakitan pada Perencanaan Proses Pembuatan Turbin Uap Radial. Tesis Magister. Program Studi Teknik Mesin FTMD-ITB (2013)