

Pemilihan Metode Perakitan dan Desain Produk untuk Meningkatkan Kinerja Perakitan di P.T. Indoniles Electric Parts *

Didik Wahjudi

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Gan Shu San

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Penelitian proses perakitan combination switch yang terdiri dari 164 komponen dalam 16 sub-rakitan ini meliputi pemilihan metode perakitan dan analisa desain produk. Metode yang dipakai dalam penelitian ini ialah metode yang dikembangkan oleh Boothroyd and Dewhurst.

Dari hasil perhitungan didapat metode perakitan yang paling tepat untuk combination switch ini adalah manual assembly. Untuk mengetahui apakah desain yang lama sudah baik atau tidak, maka dicari efisiensi desain lama dari setiap sub-rakitan. Setelah diperoleh efisiensi desain dari masing-masing perakitan, maka dicari efisiensi desain lama total. Kemudian dilakukan desain ulang, dan setelah itu dicari efisiensi desain baru.

Perubahan pada desain produk combination switch menimbulkan peningkatan efisiensi desain serta penurunan biaya operasi, waktu perakitan, dan jumlah komponen pada 11 dari 16 sub-rakitan pada combination switch.

Kata kunci : desain untuk perakitan, efisiensi desain, metode perakitan

Abstract

The research on assembly process of combination switch, which consists of 164 parts in 16 sub assy, covers the selection of assembly method and product design analysis. The method used in this research is a method that is developed by Boothroyd and Dewhurst.

The research result shows that the suitable assembly method for this combination switch is manual assembly. To know whether the old design is good or not, the design efficiency of each sub assy is computed. After design efficiency of each sub assy is computed, the total design efficiency of old design is known. Then, redesign is done to get the new design efficiency.

Design change on combination switch product results in efficiency improvement, with reduction in operation cost, assembly time, and the number of parts of combination switch

Keywords : design for assembly, design efficiency, assembly method

1. Pendahuluan

Proses desain merupakan langkah awal dari proses manufaktur. Sebagian besar (80%) biaya produksi ditentukan pada proses desain. Proses

perakitan biasanya merupakan proses yang paling banyak menghabiskan biaya produksi dan jumlah pekerja. Seringkali proses perakitan membutuhkan biaya yang besar karena desain produk yang kurang tepat serta jumlah komponen yang terlalu banyak. Oleh karena itu perlu dilakukan peninjauan terhadap produk *combination switch* yang mempunyai jumlah komponen total sebanyak 164 komponen.

Adapun masalah yang akan dipecahkan dalam penelitian ini adalah :

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Agustus 1999. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 1 Nomor 2 Oktober 1999.

* Penelitian ini dilakukan bersama Julia, Alumni Jurusan Teknik Industri, UK Petra

1. Metode perakitan apa yang paling tepat untuk produk ini?
2. Bagaimana mendesain produk untuk perakitan yang baik, dengan meninjau sistem perakitan produk, bentuk dan fungsi komponen, serta jumlah komponennya ?

Manfaat yang dapat diperoleh perusahaan dengan adanya desain produk untuk perakitan yang baik adalah :

1. Mengurangi biaya produksi
2. Mengurangi jumlah komponen
3. Mempersingkat waktu perakitan
4. Meningkatkan keandalan produk
5. Mengurangi *lead time*

Perusahaan dapat meningkatkan daya saing pada persaingan pasar karena:

1. Memiliki produk dengan kualitas tinggi
2. Memiliki waktu pengiriman kepada pelanggan yang lebih pendek
3. Memiliki biaya produksi yang lebih rendah

Batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Dasar teori yang digunakan adalah pendekatan Boothroyd-Dewhurst.
2. Jenis produk yang dibahas adalah *combination-switch*.
3. Hanya membahas proses perakitan.
4. Tidak membahas tentang proses pencetakan *casing* plastik.
5. Perubahan desain yang diusulkan hanya meliputi penggabungan komponen, serta perubahan jenis dan bahan komponen.
6. Tidak membahas perubahan bentuk simetri komponen.

2. Pemilihan Metode Perakitan Yang Tepat

Alasan pentingnya pemilihan metode perakitan penting karena desain produk untuk *manual assembly* sangat berbeda dengan *automatic assembly*. Proses yang mudah bagi operator mungkin tidak dapat dikerjakan oleh robot atau *special-purpose workhead*. Demikian pula sebaliknya, proses yang mudah untuk mesin mungkin sulit dilakukan oleh operator. Ada tiga metode pokok yaitu *assembly*, *special purpose machine assembly*, dan *programmable-machine assembly*.

Cara untuk menentukan metode yang tepat adalah menggunakan diagram pemilihan metode perakitan (Tabel 1). Diagram tersebut didasarkan pada analisa model matematika dari bermacam-macam proses perakitan. Dalam menggunakan diagram dibutuhkan 6 data yang harus diketahui :

1. Volume produksi per shift
2. Jumlah komponen pada rakitan

3. Satu atau banyak jenis produk
4. Jumlah komponen yang diperlukan untuk modifikasi produk
5. Jumlah perubahan desain yang diinginkan selama umur produk
6. Kebijakan perusahaan dalam investasi mesin

Data-data yang diperlukan antara lain:

N_a = jumlah komponen pada perakitan tetap
 N_d = jumlah perubahan desain selama 3 tahun pertama yang mengharuskan adanya *feeder* atau *workhead* baru pada mesin *automatic assembly*

N_p = jumlah produk berbeda yang akan dirakit menggunakan dasar sistem perakitan yang sama selama 3 tahun pertama

N_t = jumlah total komponen yang digunakan untuk membentuk style produk yang berbeda

Q_e = jumlah pengeluaran investasi yang diijinkan perusahaan untuk mengganti 1 operator pada 1 shift

S_h = jumlah shift pekerja

W_a = biaya 1 operator perakitan per tahun

R_i = faktor investasi didapat dari rumus:

$$R_i = \frac{Q_e * S}{W_a}$$

V_s = volume produksi per shift per tahun

Pada awal desain produk, penentuan jenis metode perakitan yang sekiranya dapat menghasilkan biaya terendah adalah sangat penting. Keputusan ini berhubungan erat dengan desain karena *manual assembly* sangat berbeda dengan *automatic assembly*. Setiap proses mempunyai keunggulan dan keterbatasan masing-masing.

MA = *Manual assembly* pada *multistation assembly line*. Alat pemindahannya adalah *free-transfer machine* dengan 1 ruang *buffer* antara operator satu dengan operator lainnya.

MM = *Manual assembly* dengan *mechanical assistance*. Sistem ini sama dengan MA, tetapi *feeder* atau alat-alat lainnya telah tersedia. Dengan cara demikian, waktu perakitan per komponen dapat dipersingkat.

AI = *Automatic assembly* yang menggunakan *special-purpose indexing machines*, *workheads*, dan *automatic feeders*. Satu *supervisor* untuk satu mesin bila $N_a < 6$ (*rotary indexing machine*) dan satu *supervisor* bersama dengan satu operator perakitan bila $N_a > 6$ (*in-line indexing machine*)

Tabel 1 Diagram Pemilihan Metode Perakitan

<p>$N_p = 1$ Single product has a market life of three years or more without significant variations in demand; manual fitting of any of the parts is not necessary and the proportion of defective parts is less than 2 %. See notes 1 and 2.</p>													<p>A variety of different but similar products, no manual fitting required and less than 2 % defective parts.</p>	<p>Variety of products, manual fitting of some part necessary, fluctuations in demand or low investment potential.</p>
<p>$N_t < 1.5 N_a$ Number of parts needed to build different product styles less than 1.5 times the number of parts in the assembly (3). AND $N_d < 0.5 N_a$ Fewer than half of the parts will be subjected to major redesign during the product market life (4).</p>				<p>$N_t \geq 1.5 N_a$ More than 50 % extra parts are needed to build the range of different product styles (3). OR $N_d \geq 0.5 N_a$ More than half of the parts are likely to be affected by design changes during the product life (4).</p>										
<p>Company investment $R_i = Sh.Q_e / W_a$ (5)</p>														
$R_i \geq 5$	$5 > R_i > 2$	$2 \geq R_i \geq 1$	$R_i < 1$	$R_i > 5$	$5 > R_i > 2$	$2 \geq R_i \geq 1$	$R_i < 1$							
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
<p>$V_s > 0.65$ Annual production volume per shift greater than 0.65 million assemblies.</p>	<p>$N_a \geq 16$ 16 or more parts in the assembly</p>	0	AF	AF	AF	MM (AF)	AP	AP	AP (MM)	MM	MA (AP)	MA		
	<p>$15 \geq N_a \geq 7$ Between 7 and 15 part in the assembly</p>	1	AF	AF (AI)	AI (AF)	MM (AI)	AP	AP	MM (AP)	MM	MA	MA		
	<p>$N_a \leq 6$ 6 or fewer parts in the assembly</p>	2	AI	AI	AI	AI	AI	AI (AP)	MM	MM	MA	MA		
<p>$0.65 \geq V_s > 0.4$ Annual production volume per shift between 0.4 and 0.65 million assemblies.</p>	<p>$N_a \geq 16$ 16 or more parts in the assembly</p>	3	AP	AP	MM (AP)	MM	AP	AP	AP	MA (MM)	MA	MA		
	<p>$15 \geq N_a \geq 7$ Between 7 and 15 part in the assembly</p>	4	AI	AI	AI	MM	AP	AP	MM (AP)	MA (MM)	MA	MA		
	<p>$N_a \leq 6$ 6 or fewer parts in the assembly</p>	5	AI	AI	MM (AI)	MM	AI (MM)	MM	MM	MA (MM)	MA	MA		
<p>$0.4 \geq V_s > 0.24$ Annual production volume per shift between 0.2 and 0.4 million assemblies.</p>	<p>$N_a \geq 16$ 16 or more parts in the assembly</p>	6	AP	AP	MM	MM	AP	AP	AP	MA	MA	MA		
	<p>$15 \geq N_a \geq 7$ Between 7 and 15 part in the assembly</p>	7	AI (MM)	MM	MM	MM	AP	MM	MA (MM)	MA	MA	MA		
	<p>$N_a \leq 6$ 6 or fewer parts in the assembly</p>	8	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MA (MM)	MA	MA	MA		
<p>$V_s \leq 0.2$ Annual production volume per shift less than or equal to 0.2 million assemblies.</p>		9	MM	MM	MM (MA)	MA	MM	MA	MA	MA	MA	MA		

Sumber : Machine Design, 1983

AF = *Automatic assembly* yang menggunakan *special-purpose free-transfer machines, workheads, dan automatic feeders*. Satu *supervisor* bersama dengan satu operator perakitan pada satu mesin.

AP = *Automatic assembly* yang menggunakan *manually loaded part machines dan free-transfer machine* dengan *workhead* yang dapat diprogram untuk melakukan beberapa tugas perakitan. Satu *supervisor* bersama dengan satu operator perakitan pada satu mesin.

AR = *Automatic assembly* yang menggunakan *manually loaded part machines* dan robot yang mempunyai dua lengan yang pandai dengan *special-purpose gripper* yang dapat menangani semua komponen untuk satu perakitan. Satu *supervisor* untuk satu robot.

3. Desain Produk Untuk Manual Assembly

Bila suatu produk telah ditentukan menggunakan *manual assembly*, maka langkah-langkah yang dilakukan adalah:

1. Mencari seluruh informasi yang berkaitan dengan produk tersebut. Informasi tersebut dapat berupa gambar teknik, gambar tiga dimensi, atau prototipe.
2. Melepas rakitan produk tersebut atau membayangkan bagaimana cara kerjanya.
3. Merakit ulang produk tersebut.

Bila perakitan telah selesai, data pada lembar kerja dijumlah untuk mendapatkan total estimasi waktu dan biaya *manual assembly*, dan juga jumlah minimum komponen pada produk secara teori. Akhirnya, efisiensi desain dari *manual assembly* dicari dari rumus :

$$E_m = \frac{3 * N_m}{T_m}$$

Keterangan:

E_m = efisiensi desain (untuk perakitan)

N_m = jumlah komponen minimum

T_m = total waktu perakitan

Persamaan tersebut membandingkan estimasi waktu perakitan yang memuat jumlah minimum komponen secara teori, yang masing-masing dapat dirakit pada waktu yang ideal yaitu 3 detik. Waktu ideal tersebut didasarkan pada asumsi bahwa setiap komponen mudah ditangani dan dipasang, dan sekitar sepertiga dari jumlah komponen dapat dipasang dengan baik dengan *well-designed snap and fit fastener*.

Sayangnya, tidak ada patokan khusus untuk menentukan efisiensi desain yang baik. Asumsi bahwa semua komponen mudah ditangani dan dipasang adalah tidak mungkin ditemui pada setiap produk. Pada akhirnya, *range* efisiensi desain dari pengalaman pada produk sejenis merupakan satu-satunya cara untuk memutuskan apakah efisiensi desain sudah baik.

Langkah yang paling penting pada analisa desain adalah merakit kembali (*reassembly*), dimana data diolah untuk pendesainan ulang yang mungkin dilakukan. Perakitan kembali dimulai dengan komponen dengan nomor identifikasi tertinggi pada desain lama.

Data-data dimasukkan pada *Design For Manual Assembly Worksheet* (Tabel 5). Lembar kerja tersebut terdiri dari 10 kolom. Kolom pertama berisi nomor identifikasi. Urutan nomor identifikasi dimulai dari komponen yang paling dulu dirakit dengan nomor tertinggi. Kolom kedua berisi tentang berapa jumlah jenis komponen tersebut dipasang pada rakitan.

Kolom ketiga berisi tentang kode dua digit dari proses pemindahan komponen. Kode ini didapat Tabel *Manual Handling Times* (Tabel 6). Dari Tabel tersebut didapatkan waktu pemindahan komponen secara manual yang kemudian akan diisikan pada kolom keempat.

Kolom kelima berisi tentang kode dua digit dari proses pemasangan komponen. Kode ini didapat dari Tabel *Manual Insertion Times* (Tabel 7). Dari Tabel tersebut didapatkan waktu pemasangan komponen secara manual yang kemudian akan diisikan pada kolom keenam. Untuk *tapping screw*, kode pemasangan komponen adalah 49 dan waktu pemasangan komponen adalah 10.5 detik.

Kolom ketujuh berisi tentang waktu perakitan dalam detik. Waktu perakitan ini didapat dari penjumlahan waktu pemindahan komponen (kolom keempat) dan waktu pemasangan komponen (kolom keenam) yang kemudian dikalikan dengan berapa kali setiap jenis komponen dipasang pada rakitan (kolom kedua).

Total biaya operasi dalam *cents* didapat dari perkalian antara kolom ketujuh dengan 0.4 yang hasilnya dimasukkan kolom kedelapan. Nilai 0.4 *cents* per detik merupakan angka yang mewakili banyak perusahaan di Amerika. Standar nilai sangat berguna untuk membandingkan desain dari seberapa perusahaan. Bagaimanapun juga, nilai yang lebih akurat yang diberikan perusahaan dapat dipakai untuk menggantikan 0.4 *cents*.

Pengisian lembar kerja yang paling penting adalah pengisian kolom kesembilan yaitu jumlah minimum komponen secara teori. Tiga kriteria yang dipertimbangkan antara lain:

1. Apakah komponen tersebut harus dipisahkan karena komponen tersebut harus bisa digerakkan terhadap komponen lain yang telah dirakit?
2. Apakah komponen tersebut harus dibuat dari bahan yang berbeda atau perlu diisolasi dari komponen lain yang telah dirakit?
3. Apakah komponen ini harus dipisahkan dari komponen lainnya yang telah dirakit karena komponen tersebut harus dapat dipasang dan dilepas?

Bila jawaban dari minimal salah satu pertanyaan diatas adalah ya, maka "1" dituliskan pada kolom kesembilan tanpa mengalikan dengan kolom kedua. Jadi, jumlah komponen yang harus dipisahkan dituliskan pada kolom kesembilan. Bila jawaban dari semua pertanyaan diatas adalah tidak, maka "0" dituliskan pada kolom kesembilan

4. Aplikasi Di P.T. Indoniles Electric Parts

4.1. Pemilihan Metode Perakitan

Pemilihan metode perakitan *combination switch* yang tepat didapat dengan cara memasukkan semua data yang diperlukan ke dalam Tabel 1. Data-data yang diperlukan antara lain:

1. $N_a = 164$ komponen
2. $N_d = 0$
3. $N_p = 1$
4. $N_t = 164$ komponen
5. $Q_e = \text{Rp. } 4.500.000,-$
6. $S_h = 1 \text{ shift}$
7. $W_a = \text{Rp. } 4.625.000,- \text{ per tahun}$
8. $R_i = \frac{Q_e * S}{W_a} = \frac{4500000 * 1}{4625000} = 0.97$
9. $V_s = 4800$ unit per tahun

Data-data tersebut dimasukkan ke dalam Diagram Pemilihan Metode Perakitan dan didapat metode perakitan yang tepat adalah MA. Jadi, metode perakitan yang tepat untuk *combination switch* adalah *manual assembly*.

4.2. Perhitungan Efisiensi Desain Combination Switch Untuk Manual Assembly

Setelah didapat informasi mengenai *combination switch* yang berupa gambar komponen, rakitan *combination switch* dibongkar untuk mengetahui cara perakitan produk tersebut. Rakitan komplit diberi nomor identifikasi 1. Setiap satu komponen dilepaskan dari rakitan diberi nomer selanjutnya. Bila rakitan terdiri dari sub-rakitan, maka sub-rakitan tersebut dianggap sebagai satu komponen yang nantinya akan diuraikan lagi. *Combination switch* terdiri

dari 16 sub-rakitan yang akan dibahas menurut masing-masing sub-rakitan.

Langkah selanjutnya adalah merakit kembali *combination switch* tersebut sesuai dengan urutan perakitan dari masing-masing sub-rakitan. Pada saat produk dirakit kembali, disusun lembar kerja untuk masing-masing sub-rakitan

Bila perakitan telah selesai, data pada lembar kerja dijumlah untuk mendapatkan total estimasi waktu dan biaya *manual assembly*, dan juga jumlah minimum komponen pada produk secara teori. Setiap sub-rakitan dicari T_m , C_m , N_m , dan E_m . Setelah itu T_m , C_m , N_m dari masing-masing sub-rakitan dijumlah untuk mengetahui jumlah T_m , C_m , N_m total pada desain lama. Akhirnya dicari efisiensi desain lama total dengan rumus:

$$\sum E_m = \frac{3 * \sum N_m}{\sum T_m} = \frac{3 * 128}{1177.28} = 0.33$$

4.3. Perubahan Desain

Setelah didapat efisiensi desain lama, langkah selanjutnya adalah mendesain ulang. Perubahan desain yang dilakukan adalah:

1. Pada sub-rakitan **Suppress Plate Assy**
 - *Shaft* dapat digabung dengan *fixing plate*. Pada desain awal, *shaft* dan *fixing plate* terbuat dari logam. Untuk memudahkan pencetakan gabungan komponen tersebut maka bahannya dapat diganti dengan plastik tahan aus.
 - *Moving block* dapat digabung dengan *holder*.
2. Pada sub-rakitan **Latching Plate Assy**, *tapping screw* dapat diganti dengan *snap and fit fastener*.
3. Pada sub-rakitan **Lever Assy**, *shaft* dapat digabung dengan *terminal block* dengan bahan dari plastik tahan aus.
4. Pada sub-rakitan **Switch Assy**, *bush* dapat digabung dengan *knob* dengan bahan dari plastik tahan aus.
5. Pada sub-rakitan **Lever Master Assy**, *spring pin* dapat digabung dengan *plate* dengan bahan tetap dari logam.
6. Pada sub-rakitan **Turn And Light Switch Assy**
 - *Spring* pada *cam* dapat dihilangkan dan mengubah bentuk lubang pada *cam* menjadi kira-kira sebesar diameter *pin*.
 - *Pin* dapat digabung dengan *guide (R/L)* dengan menggunakan bahan plastik tahan aus.
 - *Tapping screw* dapat diganti dengan *snap and fit fastener*.
 - *Ring stopper* dapat digabung dengan *push botton*.

8. Pada sub-rakitan **Suppress Plate Assy**, *shaft* dapat digabung dengan *fixing plate*. Pada desain awal, *shaft* dan *fixing plate* terbuat dari logam. Untuk memudahkan pencetakan gabungan komponen tersebut maka bahannya dapat diganti dengan plastik tahan aus.
9. Pada sub-rakitan **Latching Assy**, *tapping screw* dapat diganti dengan *snap and fit fastener*.
10. Pada sub-rakitan **Lever Assy**, *shaft* dapat digabung dengan *terminal block* dengan bahan dari plastik tahan aus.
11. Pada sub-rakitan **Switch Assy**, *bush* dapat digabung dengan *knob* dengan bahan dari plastik tahan aus.
12. Pada sub-rakitan **Lever Master Assy**, *spring pin* dapat digabung dengan *plate* dengan bahan tetap dari logam.

4.4. Perhitungan Efisiensi Desain Baru Untuk Manual Assembly

Setelah dilakukan perubahan desain pada setiap sub-rakitan, disusun lembar kerja yang baru untuk masing-masing sub-rakitan. Cara mengisi dan mengolah data sama seperti pengolahan data pada desain lama. Akhirnya didapat efisiensi total dari desain baru :

$$\sum E_m = \frac{3 * \sum N_m}{\sum T_m} = \frac{3 * 128}{995.32} = 0.39$$

5. Evaluasi Hasil Penelitian

5.1. Analisa Metode Perakitan

Metode perakitan yang digunakan oleh perusahaan untuk *combination switch* saat ini adalah *manual assembly*. *Manual assembly* cocok untuk produk ini karena *demand* untuk produk *combination switch* ini tidak terlalu besar sehingga volume produksinya ikut menyesuaikan dengan *demand*. *Automatic assembly* dan *robotic assembly* kurang cocok digunakan pada produk ini karena kedua metode perakitan tersebut memerlukan biaya yang jauh lebih besar daripada *manual assembly*.

5.2. Analisa Desain Produk

Combination switch terdiri dari 16 sub-rakitan. Analisa terhadap desain produk dimulai dengan menghitung efisiensi desain dari masing-masing sub-rakitan. Setelah itu dilakukan perubahan desain, yang kemudian dihitung efisiensi dari desain yang baru. Perubahan yang dilakukan adalah sebatas penggabungan dan pengurangan komponen, perubahan jenis bahan

komponen, serta penggantian *tapping screw* dengan *snap and fit fastener*.

Selisih perbandingan antara efisiensi desain lama dan baru dari masing-masing sub-rakitan terdapat pada Tabel 2

Tabel 2 Perbandingan Efisiensi Desain Lama dan Baru

Nama assembly	E _m lama	E _m baru	E _m baru - E _m lama
Suppress plate assy	0.46	0.53	0.07
Latching plate assy	0.41	0.65	0.24
Lever assy	0.53	0.64	0.11
Switch assy	0.33	0.37	0.04
Lever master assy	0.39	0.53	0.14
Case assy	0.23	0.23	0
Turn & light switch assy	0.21	0.35	0.14
Suppress plate assy	0.49	0.54	0.06
Latching assy	0.39	0.65	0.26
Lever assy	0.53	0.64	0.11
Switch assy	0.37	0.41	0.04
Lever master assy	0.39	0.53	0.14
Exh. & wiper switch assy	0.32	0.32	0
Fog lamp switch assy	0.47	0.47	0
Housing assy	0.35	0.35	0
Combi switch	0.10	0.10	0
Total	0.33	0.39	0.06

Keterangan : E_m = efisiensi desain
 = terjadi peningkatan efisiensi desain

Jumlah komponen *combination switch* pada desain awal adalah 164 komponen. Setelah dilakukan perubahan desain, jumlah komponen pada *combination switch* menjadi 144 komponen.

5.3. Analisa Biaya Operasi


Dari hasil pengolahan data, diperoleh biaya operasi pada desain lama dan baru dari masing-masing sub-rakitan. Selisih perbandingan biaya operasi antara desain lama dan desain baru terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3 Selisih Perbandingan Biaya Operasi Desain Lama dan Desain Baru

Nama assembly	C _m lama	C _m baru	C _m lama - C _m baru
Suppress plate assy	28.62	24.76	3.86
Latching plate assy	26.50	16.66	9.84
Lever assy	9.14	7.54	1.60
Switch assy	36.08	32.16	3.92
Lever master assy	18.53	13.56	4.97
Case assy	47.28	47.28	0
Turn & light switch assy	64.04	38.09	25.94
Suppress plate assy	22.18	19.86	2.32
Latching assy	24.64	14.80	9.84
Lever assy	9.14	7.54	1.60
Switch assy	38.80	34.88	3.92
Lever master assy	18.65	13.68	4.97
Exh. & wiper switch assy	41.07	41.07	0
Fog lamp switch assy	23.02	23.02	0
Housing assy	17.25	17.25	0
Combi switch	45.96	45.96	0
Total	470.912	373.368	97.54

Keterangan : C_m = biaya operasi
 = terjadi penurunan biaya operasi

Machine Design. January 26,
1984. pp. 87-92.

- 
4. ———— “Design For Assembly: Robots”,
Machine Design. February 23, 1984. pp. 72-
76.
 5. O’Grady, P. “Design For Assembly”,
Concurrent Engineering System Part II.
September 14, 1995. Chapter 4.
 6. Singh, Nanua. *System Approach to Computer-Integrated Design and Manufacturing*.
Canada: John Willey and Sons, Inc., 1996.

Tabel 5 Manual Handling Times

		Parts are easy to grasp and manipulate					Parts present handling difficulties					
		Thickness > 2 mm			Thickness ≤ 2 mm		Thickness > 2 mm			Thickness ≤ 2 mm		
		Size > 15 mm	6 mm ≤ Size ≤ 15 mm	Size < 6 mm	Size > 6 mm	Size ≤ 6 mm	Size > 15 mm	6 mm ≤ Size ≤ 15 mm	Size < 6 mm	Size > 6 mm	Size ≤ 6 mm	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Parts can be grasped and manipulated by one hand without the aid of grasping tools	(a+b) < 360°	0	1.13	1.43	1.88	1.69	2.18	1.84	2.17	2.65	2.45	2.98
	360° ≤ (a+b) < 540°	1	1.5	1.8	2.25	2.06	2.55	2.25	2.57	3.06	3	3.38
	540° ≤ (a+b) < 720°	2	1.8	2.1	2.55	2.36	2.85	2.57	2.9	3.38	3.18	3.7
	(a+b) = 720°	3	1.95	2.25	2.7	2.51	3	2.73	3.06	3.55	3.34	4

ONE HAND ASSEMBLY

Chart in the Design for Assembly Handbook give standard handling codes and times. α and β are the required rotations for end-to-end and side-to-side symmetry. "Size" is the largest orthogonal dimension of the part.

Sumber : Machine Design, 1983

Tabel 6 Manual Insertion Times

		After assembly no holding down required to maintain orientation and location				Holding down required during subsequent processes to maintain orientation or location					
		Easy to align and position during assembly		Not easy to align and position during assembly		Easy to align and position during assembly		Not easy to align and position during assembly			
		No resistance to insertion	Resistance to insertion	No resistance to insertion	Resistance to insertion	No resistance to insertion	Resistance to insertion	No resistance to insertion	Resistance to insertion		
		0	1	2	3	6	7	8	9		
Addition of any part where neither the part itself nor any other part is finally secured immediately	Part and associated tool (including hands) can easily reach the desire location.	0	1.5	2.5	2.5	3.5	5.5	6.5	6.5	7.5	
	Part and associated tool (including hands) cannot easily reach the desire location.	Due to obstructed access or restricted vision	1	4	5	5	6	8	9	9	10
		Due to obstructed access and restricted vision	2	5.5	6.5	6.5	7.5	9.5	10.5	10.5	11.5

Part added but not secured

Manual insertion times depend on ease of handling parts and tools, need for holding parts down after insertion, and ease of alignment, positioning, and insertion.

Sumber : Machine Design, 1983