



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENERAPAN DESAIN UNTUK PERAKITAN (DFA) PADA
PERAKITAN *TUBE COATER***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

SONIA TZARINA GITA SURYA

0806454973

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JULI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Sonia Tzarina Gita Surya

NPM : 0806454973

Tanda Tangan : 

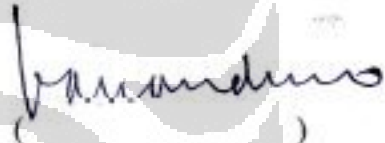
Tanggal : Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN


Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Sonia Tzarina Gita Surya
NPM : 0806454973
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : PENERAPAN DESAIN UNTUK PERAKITAN
(DFA) PADA ALAT *TUBE COATER*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. R. Danardono A. S. DEA. PE. 

Penguji : Ir. Hendri D. S. Budiono M. Eng 

Penguji : Ir. Henky Suskito Nugroho MT. 

Penguji : Prof. Dr. Ir. Tresna P. Soemardi SE., MSi. 

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 12 Juli 2012

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. R. Danardono A. S. DEA. PE. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (3) M. Satrio Utomo, selaku rekan peneliti yang telah membantu penelitian ini secara langsung;
- (4) Mas Yasin dan seluruh staff DTM – FTUI;
- (5) Sahabat dan teman-teman seperjuangan Mesin 2008 dan seluruh rekan kerja di lantai 1 dan 2 DTM – FTUI yang telah banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini;

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 12 Juli 2012



Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sonia Tzarina Gita Surya

NPM : 0806454973

Program Studi : Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PENERAPAN DESAIN UNTUK PERAKITAN (DFA) PADA PERAKITAN *TUBE COATER*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 12 Juli 2012

Yang menyatakan



(Sonia Tzarina Gita Surya)

ABSTRAK

Nama : Sonia Tzarina Gita Surya
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : PENERAPAN DESAIN UNTUK PERAKITAN (DFA)
PADA PERAKITAN *TUBE COATER*

Biolistik adalah suatu metode *drugs delivery system*, yang sedang dikembangkan menjadi metode imunisasi massal sehingga mengarah ke pengembangan alat yang mendukung operator dalam menghasilkan transfer gen bermedia partikel secara berkelanjutan dan cepat, mekanisme pneumatik digunakan untuk memasukkan materi DNA yang melekat pada permukaan suatu *microcarrier* berupa partikel emas ke dalam sel atau jaringan makhluk hidup. Tube coater merupakan penempel *microcarrier* pada tube dengan panjang tertentu, agar menjadi sejumlah tube terlapisi *macrocarrier* yang siap digunakan pada *gen gun*. Penerapan DFA mereduksi jumlah komponen sebanyak 133 komponen, waktu perakitan tereduksi 1246.12 s, dan meningkatnya DFA indeks sebanyak 30 %, menghemat Rp 78146,91.

Kata Kunci : Biolistik, *design for Assembly* (DFA), *tube coater*, *tube preparation station*.

ABSTRACT

Name : Sonia Tzarina Gita Surya
Major : Mechanical Engineering
Title : APPLICATION DESIGN FOR ASSEMBLY (DFA) FOR TUBE
COATER ASSEMBLY

Biolistic is a drugs delivery system which developed as mass immunization so that leads to support the operator to provide continuous and rapid particle mediated gene transfer, that use pneumatics mechanism to add DNA substances into living cells. Tube coater used to coating microcarrier at inner surface of a length of tube, in order to become a number of tube coated by microcarrier, that ready to use at gene gun device. From Design for Assembly (DFA) application, reduce 113 part count, 1246.12 s assembly time, and increase 30% DFA Index, reduce Rp 78146,91.

Keyword : Biolistic, design for Assembly (DFA), tube coater, tube preparation station.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
1.5 METODOLOGI PENELITIAN.....	3
1.6 SISTEMATIKA PENELITIAN.....	4
BAB 2 STUDI PUSTAKA.....	6
2.1 Metode Biolistik	6

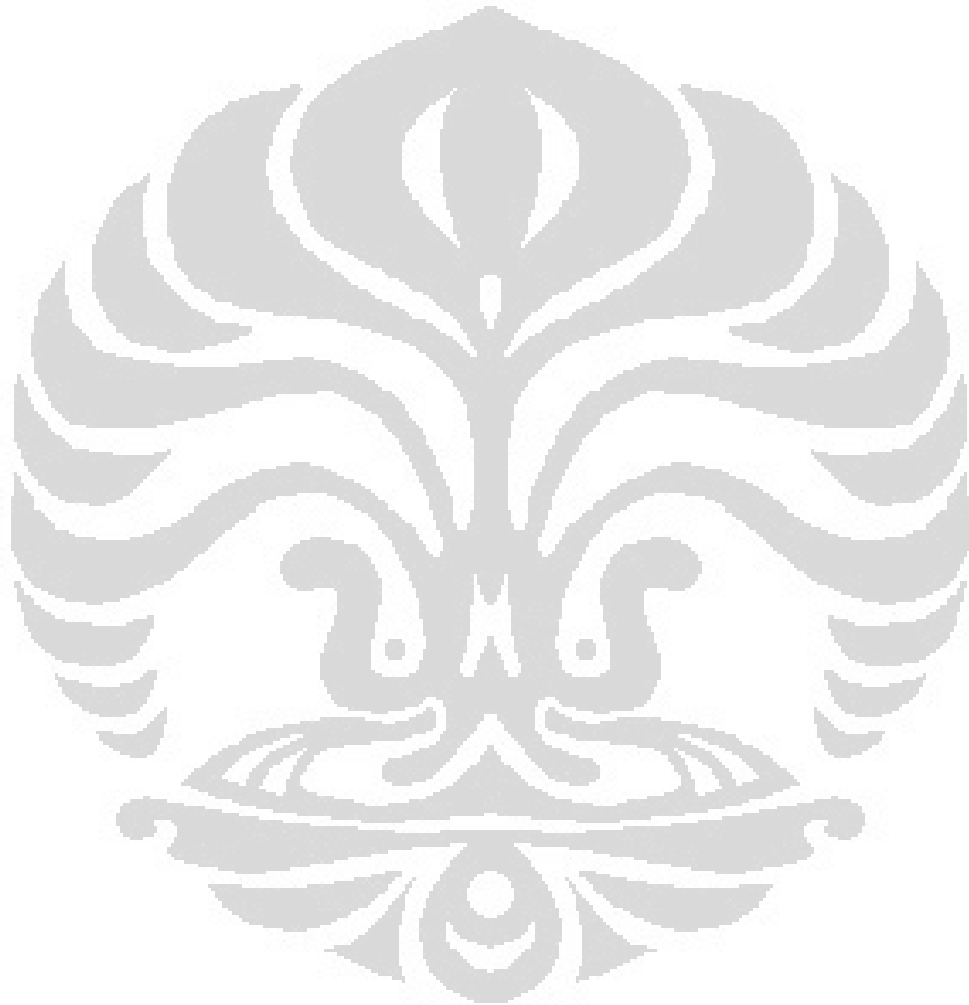
2.2	Prinsip Kerja <i>Gene Gun</i>	7
2.3	<i>Tube Coater</i>	8
2.4	Design for Assembly.....	9
BAB 3 PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN		16
3.1	Desain Awal <i>Tube Coater</i>	16
3.2	Redesain <i>Tube Coater</i>	45
BAB 4 PEMBAHASAN		72
4.1	Analisis Desain Awal <i>Tube Coater</i>	72
4.2	Analisis Perubahan Desain Komponen <i>Tube Coater</i>	83
4.3	Komparasi Desain Awal & Redesain <i>Tube Coater</i>	84
4.4	Komparasi Kompoen Desain Awal & Redesain <i>Tube Coater</i>	85
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		86
REFERENSI		87
LAMPIRAN		89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Bagan penelitian tube coater	4
Gambar 2. 1	Penyebaran partikel dari <i>cartridge</i>	7
Gambar 2. 2	Ilustrasi Pelapisan Permukaan Dalam <i>Tube</i>	8
Gambar 2. 3	Tubing preparation station (<i>Bio - Rad</i>)	9
Gambar 2. 4	Rotasi Simetri Alpha dan Beta Berbagai Bentuk Komponen	11
Gambar 2. 5	Metode Fastening Secara Umum	13
Gambar 3. 1	Desain awal <i>tube coater</i>	16
Gambar 3. 2	a. Flowmeter, b. Mur segienam	17
Gambar 3. 3	Sambungan Pneumatik L	17
Gambar 3. 4	Sambungan Pneumatik Lurus	18
Gambar 3. 5	Selang pneumatik	18
Gambar 3. 6	Sambungan pneumatik dua sisi	19
Gambar 3. 7	Motor torsi	20
Gambar 3. 8	<i>Gear</i> motor	20
Gambar 3. 9	<i>Screw Fasteners</i>	21
Gambar 3. 10	<i>Tube Rotating Gear</i>	21
Gambar 3. 11	<i>Flange</i>	22
Gambar 3. 12	Alas <i>Tube Coater</i>	23
Gambar 3. 13	<i>Bracket</i> Transmisi	23
Gambar 3. 14	<i>Bracket</i> belakang	24
Gambar 3. 15	<i>Bracket</i> Atas	25
Gambar 3. 16	<i>Tube Dumper</i>	26
Gambar 3. 17	<i>Bracket</i> Flowmeter	27

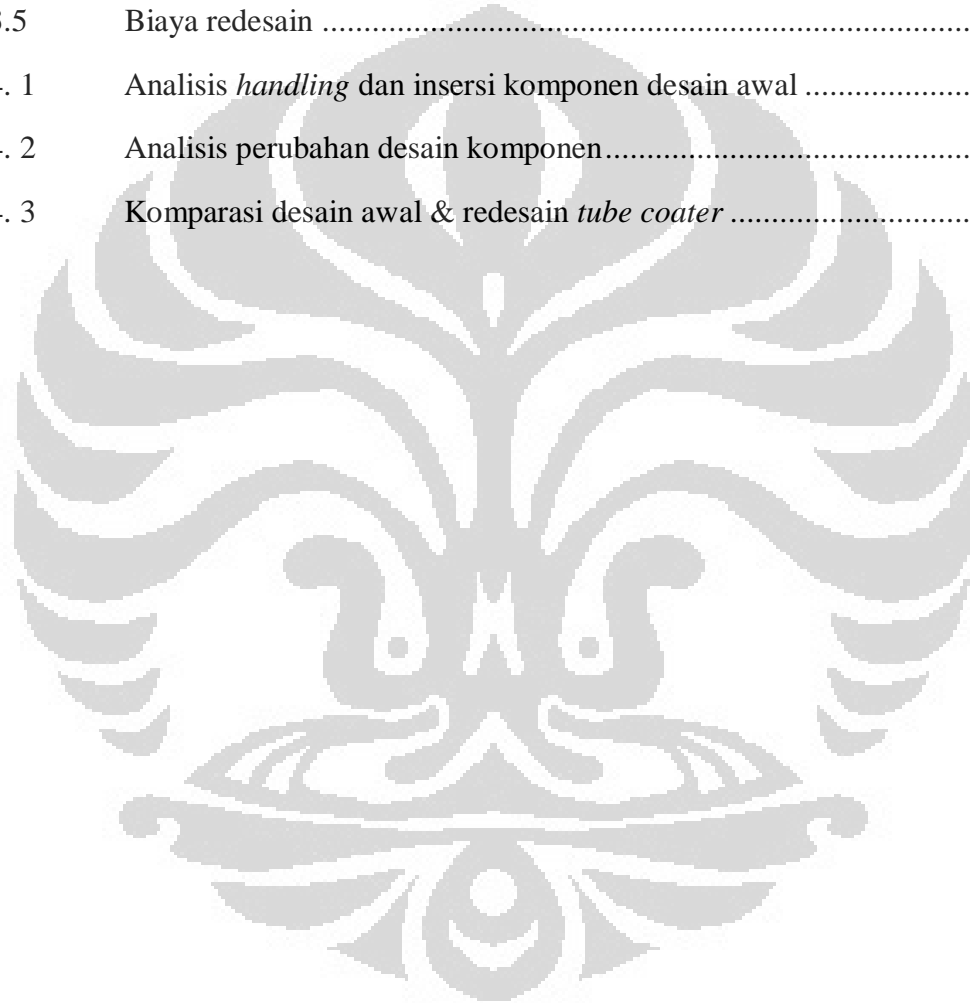
Gambar 3. 18	Profil siku	27
Gambar 3. 19	Baut	28
Gambar 3. 20	Mur.....	28
Gambar 3. 21	Redesain <i>tube coater</i>	45
Gambar 3. 22	Komponen alas redesign	46
Gambar 3. 23	<i>Bracket</i> transmisi redesign	47
Gambar 3. 24	<i>Bracket</i> transmisi vertikal.....	48
Gambar 3. 25	<i>Bracket</i> transmisi horizontal.....	48
Gambar 3. 26	<i>Bracket</i> flowmeter redesign.....	49
Gambar 3. 27	<i>Bracket</i> flowmeter vertikal.....	50
Gambar 3. 28	<i>Bracket</i> flowmeter horizontal.....	50
Gambar 3. 29	<i>Motor cover</i> redesign	51
Gambar 3. 30	<i>Motor cover</i> atas	51
Gambar 3. 31	<i>Motor cover</i> samping	52
Gambar 3. 32	<i>Motor cover</i> belakang	52
Gambar 3. 33	<i>Motor cover</i> rumah baut.....	53
Gambar 3. 34	<i>Tube holder</i>	53
Gambar 3. 35	<i>Bracket tube holder</i> vertikal.....	54
Gambar 3. 36	<i>Bracket tube holder</i> horizontal.....	54
Gambar 3. 37	Roller tube	55
Gambar 3. 38	Pipa akrilik	55
Gambar 3. 39	<i>Nylon 1</i>	56
Gambar 3. 40	<i>Nylon 2</i>	56
Gambar 4. 1	Grafik perakitan desain awal <i>tube coater</i>	72
Gambar 4. 2	Grafik komponen vs. waktu perakitan & jumlah	73

Gambar 4. 3	Perakitan desain awal <i>tube coater</i>	84
Gambar 4. 4	Perakitan redesain <i>tube coater</i>	84



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Uraian perakitan desain awal <i>tube coater</i>	28
Tabel 3. 2	Urutan perakitan redesain <i>tube coater</i>	56
Tabel 3.5	Biaya redesain	71
Tabel 4. 1	Analisis <i>handling</i> dan insersi komponen desain awal	74
Tabel 4. 2	Analisis perubahan desain komponen.....	83
Tabel 4. 3	Komparasi desain awal & redesain <i>tube coater</i>	85

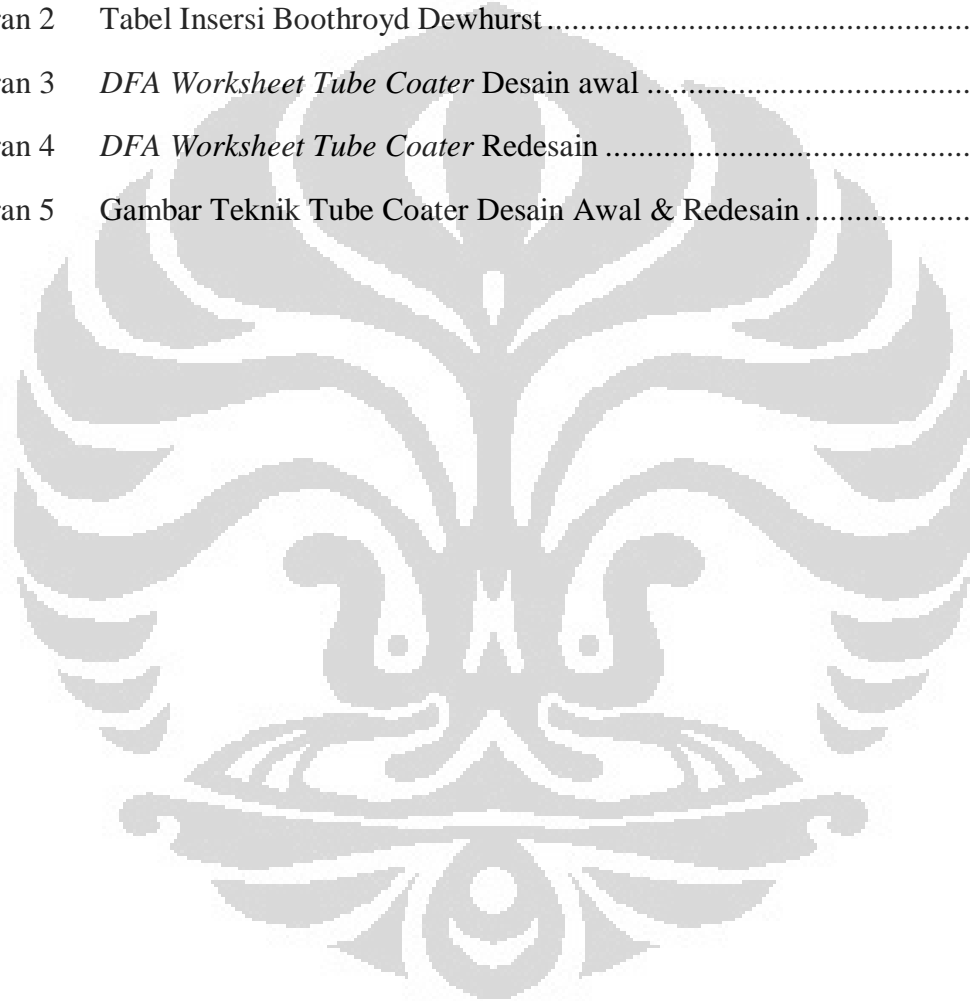


DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
E	Disain Efisiensi (DFA index)	
NM	Jumlah part minimum secara teoritis	buah
ta	Waktu perakitan dasar tiap part	detik
TM	Jumlah waktu perakitan seluruh part	detik
α	Sumbu tegak lurus terhadap sumbu utama	derajat
β	Sumbu segaris terhadap sumbu utama	derajat

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel <i>Handling</i> Boothroyd Dewhurst.....	89
Lampiran 2	Tabel Insersi Boothroyd Dewhurst.....	90
Lampiran 3	<i>DFA Worksheet Tube Coater</i> Desain awal	91
Lampiran 4	<i>DFA Worksheet Tube Coater</i> Redesain	94
Lampiran 5	Gambar Teknik Tube Coater Desain Awal & Redesain	98



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan metode dibidang kesehatan sangat pesat. Salah satu contohnya terapi genetik menggunakan metode biolistik atau *particle bombardement*. Metode biolistik adalah suatu metode *drugs delivery system* yang menggunakan mikro proyektil berkecepatan tinggi untuk menghantarkan DNA atau substansi lain kedalam suatu sel [helium driven biolistic device]. Metode ini diterapkan pada tanaman, hewan, dan sedang dikembangkan untuk dapat diterapkan pada manusia dengan kulit sebagai targetnya, sehingga dapat menjadi metode baru imunisasi (Tang *et al.*, 1992; Fynan *et al.*, 1993; Eisenbraun *et al.*, 1993). Adapun salah satu instrumen yang termasuk ke dalam kategori *biolistic* adalah *gene gun*.

Gene gun didefinisikan sebagai mekanisme pneumatik yang digunakan untuk memasukkan materi DNA ke dalam sel atau jaringan makhluk hidup. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menempelkan materi DNA, yang di-*encapsulated*, ke permukaan suatu *microcarrier* yang biasa dibuat dari partikel emas. *Microcarrier* tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *nozzle* pada *gene gun* yang selanjutnya akan ditembakkan dengan udara bertekanan. *Microcarrier* akan terdorong dan ikut keluar dari *nozzle* bersama dengan aliran udara tersebut. *Microcarrier* tersebut kemudian akan masuk menembus kulit, membran atau lapisan luar objek. Kemudian, melalui mekanisme tertentu, materi DNA akan terlepas dari *microcarrier* dan masuk sampai ke ukuran gen. Selanjutnya materi DNA akan bergabung dengan rantai DNA milik objek dan bekerja sesuai fungsinya.

Untuk memasang *microcarrier*, yang dianalogikan sebagai peluru, pada *nozzle gene gun*, *microcarrier* membutuhkan suatu media yang dianalogikan sebagai selongsong peluru. *Microcarrier* disebarkan sebarakan merata pada permukaan dalam tube dan dikeringkan agar menempel pada dinding tube, untuk kemudian akan terlepas dari dinding tube akibat hembusan gas pada *gene gun*, yang

menyebabkan *microcarrier* memiliki kecepatan tertentu yang mampu menembus bagian sel yang dituju. Ketika prinsip dari teknologi tersebut terus dikembangkan, pengembangan teknologi *gene gun* mengarah ke pengembangan alat yang mendukung operator dalam menghasilkan transfer gen dengan media partikel secara berkelanjutan dan cepat. Alat ini ditujukan terutama untuk penggunaan pada imunisasi massal manusia atau hewan dengan vaksin genetik [1]. Menjawab kebutuhan tersebut, dikembangkanlah *tube preparation station* oleh produsen *gene gun*, *Bio – Rad*. *Tube preparation station* merupakan alat penempel *macrocarrier* pada dinding tube dengan panjang tertentu, yang dapat menghasilkan sejumlah sel yang siap digunakan pada *gene gun*, pada sekali proses.

DTM – FTUI mengembangkan alat *tube preparation station*, dengan nama *tube coater*, dengan *tube preparation station* milik *Bio – Rad*, sebagai rujukan dalam mendesain prototipe alat ini. Pengembangan *prototype tube coater* DTM – FTUI dimulai sejak tahun 2010, namun sebatas pada pengoptimalan fungsi. Untuk proses manufaktur selanjutnya, diperlukan penyesuaian desain. Selain itu, penerapan desain untuk perakitan bermanfaat untuk meminimalisasi biaya produksi. Desain untuk perakitan merupakan salah satu model perancangan untuk suatu proses perakitan, yang menguraikan desain komponen maupun produk secara keseluruhan, dimulai dari awal proses hingga identifikasi kesulitan dalam perakitannya agar dapat diatasi sejak awal tahap desain, sebelum komponen diproduksi. Dalam skripsi ini dibahas penyesuaian desain untuk perakitan dan penerapannya dalam mendesain kembali *tube coater* yang sesuai dengan prinsip desain untuk perakitan.

1.2 Perumusan Masalah

Penelitian yang dilakukan adalah pengembangan desain *prototype tube coater* yang mudah proses perakitannya tanpa mengurangi kemampuan alat, pada tingkat produsen dapat mengurangi waktu dan biaya perakitan sehingga dapat diciptakan

alat yang murah, dan pada tingkat konsumen, yang umumnya adalah pihak yang bukan berasal dari bidang *engineering*, dapat mempermudah proses perakitan saat maintenance dan pengoperasian alat. Secara khusus, masalah yang akan dibahas antara lain :

1. Berapa besar nilai efisiensi desain proses perakitan *tube coater*.
2. Parameter – parameter apa saja yang sangat mempengaruhi proses perakitan terutama yang berkaitan dengan proses *handling* dan insersi serta proses *fastening*.
3. Sejauh mana pengaruh desain terhadap efisiensi desain yang diwakili oleh indeks DFA.

1.3 Tujuan Penelitian

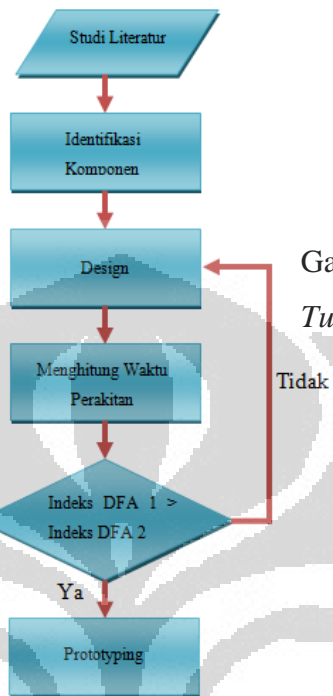
Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai pada penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengidentifikasi parameter – parameter penting dan aspek yang berkaitan dengan proses perakitan.
2. Melakukan evaluasi efisiensi desain terhadap desain awal produk *tube coater*.
3. Melakukan redesign produk *tube coater* yang sesuai spesifikasi teknik yang ingin dicapai dengan menerapkan kaidah *Design for Assembly* (DFA).

1.4 Batasan Masalah

Penelitian mencakup pengevaluasian desain awal *prototype tube coater* menggunakan model perhitungan efisiensi desain yang telah dibuat oleh Boothroyd, lalu melakukan redesign *tube coater* sesuai kaidah DFA.

1.5 Metodologi Penelitian



Gambar 1. 1. Bagan Penelitian
Tube Coater

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan hasil penelitian ini dibagi dalam beberapa bab yang saling berhubungan. Adapun urutan dalam penulisan laporan ini terlihat pada uraian dibawah ini :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penulisan, perumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, batasan masalah dan metodologi penulisan.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memberikan dasar atau acuan secara ilmiah yang berguna dalam membentuk kerangka berfikir yang akan digunakan dalam pelaksanaan penulisan, teori-teori yang digunakan dan masing-masing konsep diuraikan keterkaitannya.

BAB 3 : PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN

Bab ini berisi uraian komponen yang digunakan pada desain awal dan redesain *tube coater*, cara perakitan desain awal *tube coater*, dan perhitungan DFA setiap komponen.

BAB 4 : PEMBAHASAN

Bab ini berisi pemilihan komponen yang akan diredesain, meliputi mengkritisi problem dan solusi handling dan insersi komonen desain awal, analisis perubahan desain komponen, komparasi desain awal dan redesain tube coater meliputi gambar perakitan masing – masing desain, juga komparasi indeks DFA.

BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab 5 merupakan bab terakhir berisi kesimpulan dari penulisan yang dilakukan dan saran – saran sebagai bahan masukan dan unuk penulisan – penulisan selanjutnya.

BAB 2

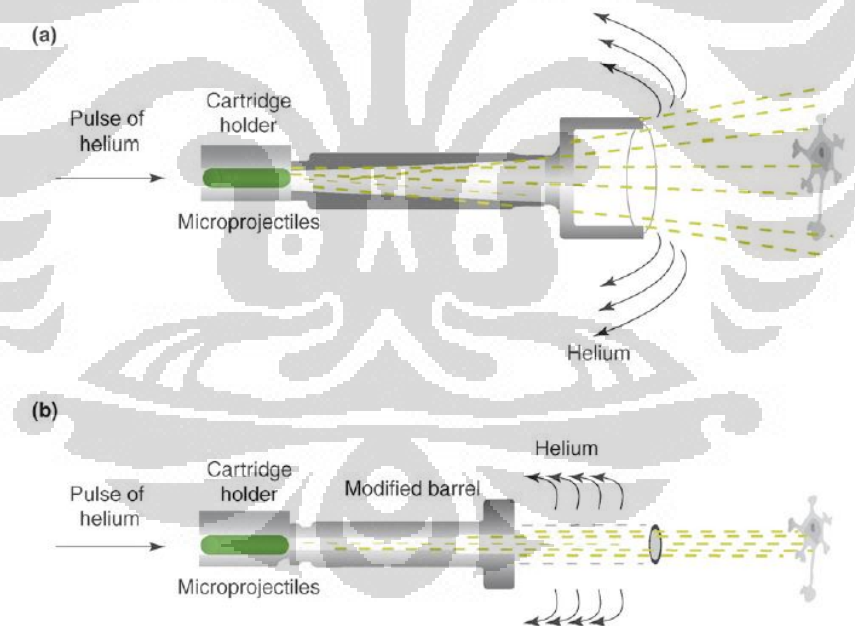
STUDI PUSTAKA

2.1 Metode biolistik

Seiring kemajuan tingkat peradaban manusia, semakin banyak penyakit, baik dari jumlah kasus maupun variasi penyakit, yang harus dihadapi oleh manusia itu sendiri. Berbagai metode medis, baik secara preventif maupun kuratif sudah dilakukan oleh manusia untuk dapat terus mempertahankan dirinya. Salah satu metode medis tersebut dinamakan *drug delivery system* yang berisi mengenai metode paling efektif untuk memasukkan jenis dan dosis materi pengobatan sesuai dengan kebutuhan ke dalam tubuh manusia. Dari sekian mekanisme *drug delivery system*, terdapat satu metode mutakhir yang disebut *biolistic* atau *particle bombardment*. Metode ini menggunakan analogi “pistol dan peluru” untuk memasukkan materi pengobatan ke dalam objek pengobatan. Alat Penembak ini dirancang untuk menempatkan partikel vaksin DNA berukuran nano kedalam lapisan dibawah kulit. Desain rancangan alat tembak ini tidak lagi menggunakan jarum suntik, sehingga prinsip yang digunakan lebih mengandalkan prinsip efek tumbukan akibat percepatan gerak partikel massa atau sering disebut dengan efek balistik. Teknik ini pertamakali diterapkan sebagai suatu metode transfer gen pada tanaman (Klein *et al.*, 1987, 1988; McCabe *et a.*, 1988) dan kemudian ditampilkan untuk diaplikasikan pada eksperimen sistem untuk mamalia (Zelenin *et al.*, 1989; Yang *et al.*, 1990; William *et al.*, 1991). Adapun salah satu instrumen yang termasuk ke dalam kategori *biolistic* adalah *gene gun*. Produsen *gen gun*, *Bio Rad*, mengembangkan produk *gene gun* yang pertama dengan nama PDS – 1000/He yang menggunakan *vacuum chamber*. Selama *bombardment*, target diletakkan di dalam *vacuum chamber*, sehingga ukuran target pada instrumen ini dibatasi oleh ukuran *vacuum chamber*. Selanjutnya *Bio Rad* mengembangkan *helios gene gun* yang didesain untuk penelitian yang cangkupannya lebih luas.

2.2 Prinsip Kerja *Gene Gun*

Sebelum proses transfeksi, plasmid DNA harus dilekatkan pada partikel emas. Hal ini dilakukan dengan pengendapan DNA dari larutan pada partikel emas dan *polycation spermidine* dengan penambahan CaCl_2 . Lalu partikel dicuci dengan ethanol untuk membuang air dan dijadikan suspensi kembali dalam ethanol. Menggunakan *tubing preparation station*, larutan DNA/*microcarrier* dilapiskan pada dinding dalam *tefzel tube* dan dikeringkan. *Tube* tersebut selanjutnya dipotong – potong menjadi *cartridge* yang masing - masing berukuran sekitar 12.7 mm. *Cartridge* ini selanjutnya dipasang pada *cartridge holder gene gun*, dan merupakan deposit DNA yang akan ditembakkan ke sel target, dengan hembusan helium.



Gambar 2. 4. Penyebaran partikel dari cartridge

John A. O'Brien *et al.*, *Diolistic : Incorporating Fluorescent Dyes Into Biological Samples Using A Gene Gun*. TIBTEC 561; No of Pages 5.

Gene gun memanfaatkan aliran berkecepatan tinggi helium untuk percepatan luncuran partikel emas yang telah dilapisi plasmid atau RNA hingga mencapai kecepatan yang memadai untuk menembus dan mentransformasi sel. Gas helium diairkan melewati *cartridge* berisi partikel emas yang telah dilapisi DNA. Aliran ini meniup partikel emas dari dinding dalam *cartridge*.

2.3 *Tube Coater*

2.1.1 Prinsip Kerja *Tube Coater*



Gambar 2. 5. Ilustrasi Pelapisan Permukaan Dalam *Tube*

John A. O'Brien *et al.*, *Diolistic : Incorporating Fluorescent Dyes Into Biological Samples Using A Gene Gun*. TIBTEC 561; No of Pages 5.

Tube coater merupakan suatu alat yang digunakan untuk menghasilkan lapisan seragam partikel berlapis DNA, yang akan ditiupkan ke permukaan kulit sebagai vaksin, pada permukaan dalam *cartridge*. Panjang *cartridge* yang digunakan pada *gene gun* per *bombardment* adalah 12,7 mm. Alat ini memungkinkan produksi *cartridge* yang banyak dalam setiap proses

pembuatannya. Jumlah *cartridge* yang dihasilkan bergantung pada panjang *tube* yang dapat dihandle oleh *tube coater* pada satu kali proses coating.

Tube yang akan dilapisi dijaga agar tetap horizontal agar meminimalisir penumpukan endapan di satu luasan. *Tube* kemudian dirotasikan dengan sumbu rotasi horizontal. Gas nitrogen kemudian diaplikasikan pada permukaan dalam *tube* yang telah terlapisi partikel emas dengan tujuan untuk mengeringkan permukaan dalam yang telah terlapisi tersebut.

Putaran maksimum yang dihasilkan alat 30 RPM. Gas yang digunakan adalah nitrogen. Tekanan gas maksimum yang digunakan 1,01 bar.

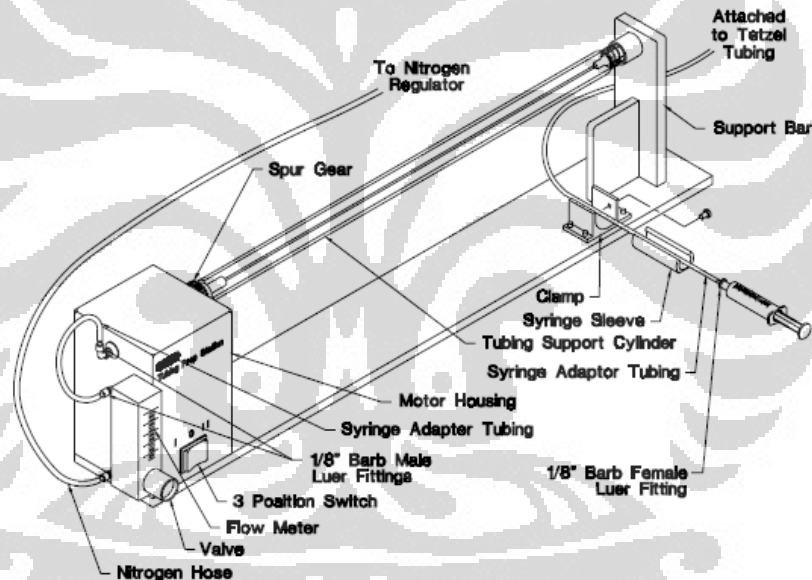


Fig. 6. Components and controls on the Tubing Prep Station, fully assembled.

Gambar 2. 6. Tubing preparation station (*Bio - Rad*)

Bio – Rad. *Helios Gene Gun System Instruction Manual*. Catalog Numbers 165 – 2431 & 165 – 2432.

2.4 Design for Assembly (DFA)

Rancangan untuk perakitan (*design for assembly* / DFA) adalah bagian dari sistem rancangan untuk manufaktur (*design for manufacturing* / DFM). Perakitan

(*assembly*) memegang peranan penting dalam suatu proses manufaktur suatu produk. Dalam perakitan semua komponen datang bersama dan semua kesalahan ataupun kekurangan yang ditimbulkan pada awal proses menjadi tampak. Misalnya, jika rancangan tidak baik maka dalam perakitan terjadi kesulitan, apalagi jika ditambah adanya kesalahan toleransi, maka komponen/part tidak dapat dirakit dengan baik. Oleh karena itu level performansi dalam perakitan dapat dilihat sebagai indikator yang bagus bagi cara-cara pembuatan produk. Untuk itu juga, dalam pendekatan terhadap rancangan produk dan rancangan proses direkomendasi untuk membentuk analisa DFA sebagai langkah pertama sebelum DFM sebab DFA mempunyai pengaruh yang paling penting pada rancangan ulang produk. Secara umum dikenal tiga macam operasi perakitan.

- a. Perakitan manual (*manual assembly*)
- b. Mesin-mesin perakit khusus (*fixed automation*)
- c. Perakit robot (*robotic assembly, flexible automation*)

2.3.1 Metode Rancangan Perakitan Manual (DFA) Dari Boothroyd-Dewhurst

Metode ini didasarkan pada studi yang mendalam dari operasi perakitan dengan tujuan untuk menentukan parameter operasional yang menyelesaikan atau menjawab pada persoalan biaya dan waktu perakitan. Studi-studi percobaan telah dilakukan untuk mengukur pengaruh dari simetri, ukuran, berat, ketebalan, dan fleksibilitas pada waktu angkat manual. Tambahan percobaan juga dilakukan untuk memperhitungkan pengaruh dari ketebalan pada pemegangan dan manipulasi komponen yang menggunakan penjepit, pengaruh geometri pegas, dan pengaruh dari berat pada waktu pembawaan untuk komponen yang membutuhkan dua tangan bagi pemegangan dan manipulasi. Dengan memperhatikan rancangan komponen bagi kenyamanan pemasukan atau penyisipan secara manual, percobaan dan analisa-analisa teori telah dibuat pada pengaruhnya terhadap rancangan pegangan pada waktu pemasukan manual, rancangan komponen untuk

menghindari ‘*jamming*’ selama perakitan, pengaruh dari geometri komponen pada waktu pemasukan, dan pengaruh penghalang jalan masuk dan keterbatasan penglihatan pada operasi-operasi perakitan. Sebagai hasil, suatu klasifikasi dan sistem pengkodean bagi pembawaan (*handling*) manual, pemasukan atau penyisipan (*insertion*) dan proses pengikatan (*fastening*) dihadirkan dalam bentuk suatu sistem standard waktu bagi perancang untuk menggunakannya dalam penghitungan waktu perakitan manual.

2.3.2 Manual Assembly

Proses assembly secara manual dapat dibagi dua:

1) *Handling (acquiring and grasp, moving, and orienting the part)*

Dalam memperhitungkan waktu untuk *handling* maka hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perancangan komponen agar mempermudah *assembling* adalah:

a. Apakah part bisa diambil dengan:

- Satu tangan.
- Satu tangan dengan bantuan alat.
- Dua tangan. Dua tangan dengan bantuan orang lain.

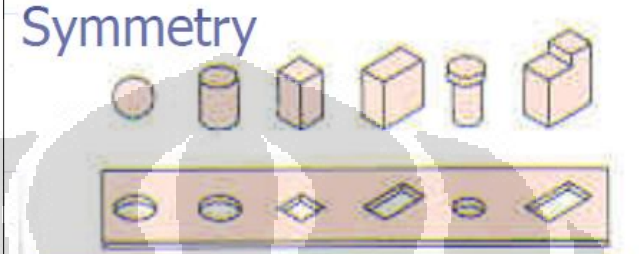
b. *Orienting (Part Symmetry)*

Yaitu seberapa derajat part/komponen dapat diputar tegak lurus garis sumbu (α) atau segaris sumbu (β) untuk reorientasinya. Didefinisikan sebagai berikut:

- *Alpha symmetry*, dimana part harus diputar pada sumbu tegak lurus ke sumbu *insertion* untuk mengulang orientasinya.
- *Beta symmetry*, dimana part harus diputar pada sumbu *insertion* untuk mengulang orientasinya.

Setiap komponen terkadang memiliki simetri rotasi yang berbeda, tergantung bentuk dan ukuran benda. Gambar berikut menunjukkan rotasi simetri pada beberapa komponen

Symmetry



α	0	180	180	90	360	360
β	0	0	90	180	0	360

Gambar 2. 4. Rotasi Simetri Alpha dan Beta Berbagai Bentuk Komponen

Boothroyd, G., & Dewhurst, P. (2002). *Product Design for Manufacture and Assembly* (2nd Edition ed.). New York: Marcel Dekker, Inc.

- c. Kemudahan part untuk diambil dan dimanipulasi, seperti:
 - Acquiring dan grasp, akan membutuhkan tool.
 - Tidak terjadi nesting dan tangling.
- d. Ketebalan produk
 - Ketebalan untuk silinder didefinisikan sebagai radiusnya.
 - Ketebalan untuk non silinder adalah tinggi maksimal dari permukaan plat.
- e. Ukuran komponen
 Ukuran part didefinisikan sebagai ukuran dimensi nondiagonal paling besar dari outline part ketika diproyeksikan pada permukaan plat.

2) *Insertion* dan *fastening*.

Pada kedua proses tersebut akan ditemui banyak sekali hambatan dan kesulitan yang harus dikurangi atau dihilangkan pada saat proses manufaktur komponen.

2.3.3 *Manual Insertion And fastening*

Adalah penggabungan komponen dengan komponen lainnya atau dengan sub assembling yang terdiri dari:

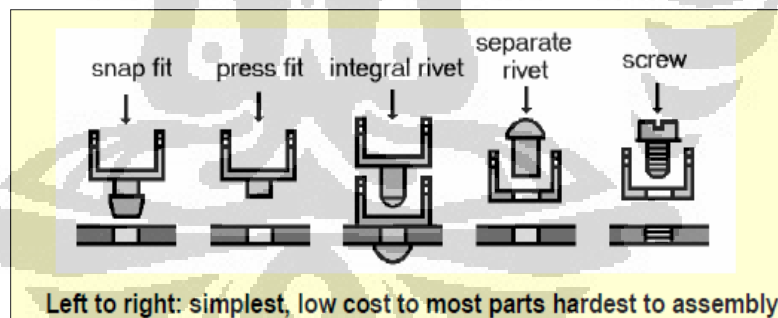
➤ *Insertion*

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

- *Holding Down*
- *Alignment*

➤ *Fastening*

Fastening adalah menyatukan suatu komponen dengan komponen lainnya secara fix atau dikunci. Secara umum dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 2. 5. Metode Fastening Secara Umum

Boothroyd, G., & Dewhurst, P. (2002). *Product Design for Manufacture and Assembly* (2nd Edition ed.). New York: Marcel Dekker, Inc.

2.3.4 Efisiensi Perakitan (Assembly Efficiency)

Disini ada 2 faktor utama yang mempengaruhi biaya perakitan dari suatu produk atau sub perakitan, yaitu:

1. Jumlah total dari part dalam suatu produk,
2. Kenyamanan pembawaan, pemasukan, dan pengikatan rakitan dari produk.

Tujuan dari metodologi DFA adalah untuk mencari suatu pengukuran yang mengungkapkan ke dua faktor tersebut diatas. Pengukuran ini disebut efisiensi perakitan (Assembly Efficiency) untuk perakitan manual (E)

$$E = \frac{N_m \cdot t_a}{T_m}$$

Dimana :

E = Disain Efisiensi (DFA index)

N_m = Jumlah part minimum secara teoritis

t_a = Waktu perakitan dasar tiap part (rata-rata diambil 3 detik)

T_m = Jumlah waktu perakitan seluruh part

Jadi efisiensi perakitan adalah rasio dari waktu perakitan ideal terhadap waktu perakitan yang sebenarnya. Acuan untuk pengukuran ini diberikan berdasarkan pada jumlah minimum dari komponen, yang menghadirkan suatu situasi yang ideal. Untuk acuan ini Boothroyd-Dewhurst memberikan 3 kriteria yang harus dipenuhi atau dijawab sebelum melakukan pemisahan atau pengurangan komponen/*part* melalui cara penggabungan, yaitu:

1. Apakah *part* mempunyai pergerakan relatif terhadap *part-part* lain yang telah dirakit sebelumnya?

2. Apakah *part* diharuskan mempunyai jenis material yang berbeda atau harus diisolasi terhadap *part* lain yang terakit?
3. Apakah *part* adalah terpisahkan dari *part* rakitan yang lain?

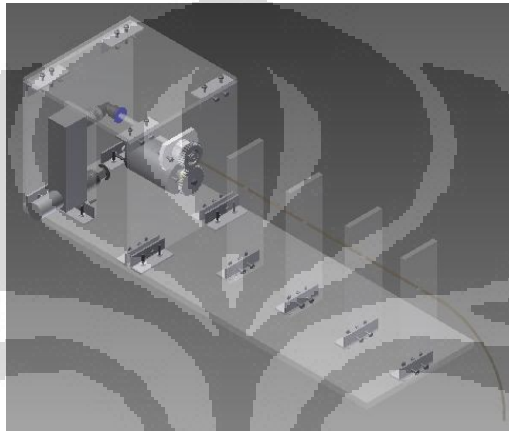
Jika paling tidak satu dari ke 3 pertanyaan tersebut dijawab 'ya' maka komponen perlu ditetapkan sebagai komponen yang terpisah atau dengan kata lain tidak bisa digabungkan.



BAB 3

METODOLOGI

3.1 Desain Awal Tube Coater



Gambar 3. 41. Desain awal *tube coater*

3.1.1 Komponen – Komponen Desain Awal Tube Coater

Tube coater ditunjang oleh tiga sistem yang harus diperhatikan, antara lain:

3.1.1.1 Sistem Pneumatik

Sistem pneumatik berperan dalam mengalirkan gas nitrogen dari tabung menuju *tefzel tube* yang akan *dicoating*. Komponen pneumatik terdiri dari flowmeter, sambungan pneumatik L, sambungan pneumatik lurus, selang pneumatik, dan sambungan pneumatik dua sisi. Komponen – komponen pada sistem pneumatik ini merupakan komponen standar yang dibeli sehingga tidak memerlukan perakitan pada setiap komponen.

- Flowmeter

Flowmeter yang digunakan berfungsi mengukur aliran nitrogen yang digunakan untuk mengeringkan permukaan dalam *tefzel tube*, dengan tekanan maksimal 1,01 bar. *Flowmeter* diposisikan tegak dan menghadap

pengguna dengan bantuan *bracket flowmeter*. *Flowmeter* dipasang pada *bracket flowmeter* dengan bantuan dua mur segienam.



Gambar 3. 42. a. Flowmeter, b. Mur segienam

- Sambungan pneumatik L

Sambungan pneumatik L berfungsi menyambungkan *flowmeter* ke selang pneumatik. Sambungan pneumatik L memiliki dua sisi yang berbeda jenis. Sisi pertama berupa silinder berulir luar berukuran $\frac{1}{4}$ " yang dipasangkan dengan ulir pada saluran keluar *flowmeter*. Sisi yang kedua, berdiameter 6 mm untuk menyambungkan dengan selang pneumatik.



Gambar 3. 43. Sambungan Pneumatik L

- Sambungan pneumatik lurus

Sambungan pneumatik lurus berfungsi menyambungkan *flowmeter* ke selang pneumatik menuju regulator pada tabung nitrogen. Sambungan pneumatik lurus memiliki dua sisi yang berbeda jenis. Sisi pertama berupa silinder berulir luar berukuran $\frac{1}{4}$ " yang dipasangkan dengan ulir pada saluran keluar *flowmeter*. Sisi yang kedua, berdiameter 6 mm untuk menyambungkan dengan selang pneumatik.



Gambar 3. 44. Sambungan Pneumatik Lurus

- Selang pneumatik

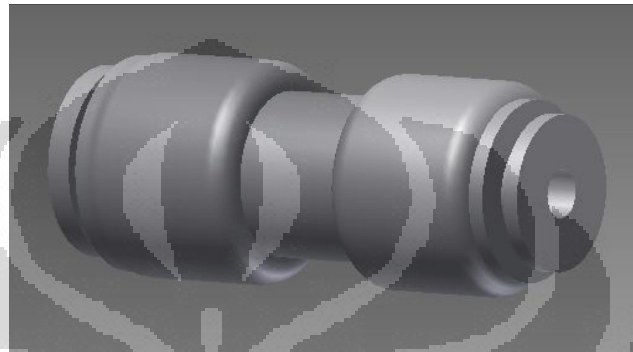
Selang pneumatik berdiameter 6 mm dan panjang 95 mm. Komponen ini adalah jalur mengalirnya oksigen dari *flowmeter* menuju *tefzel tube*. Selang pneumatik dipasang pada sambungan pneumatik L dan sambungan pneumatik dua sisi.



Gambar 3. 45. Selang pneumatik

- Sambungan pneumatik dua sisi

Sambungan pneumatik dua sisi terletak dan ikut berputar dengan *tube rotating gear*. Komponen ini selain berfungsi sebagai sambungan, juga sebagai *reducer* selang pneumatik berdiameter 6 mm ke tefzel tube berdiameter 3 mm.



Gambar 3. 46. Sambungan pneumatik dua sisi

3.1.1.2 Sistem Penggerak

Sistem mekanikal terdiri dari komponen – komponen yang terlibat dalam gerakan berputar pada *tube coater*. Sistem mekanikal terdiri dari motor torsi, *gear motor*, *tube rotating gear*, dan *flange*.

- Motor torsi

Motor torsi yang digunakan berdiameter 36,6 mm dan panjang 60 mm. Menggunakan 24 VDC dan 5 ampere. Putaran maksimal yang dihasilkan adalah 30 RPM. Motor torsi dirakit pada *bracket transmisi* menggunakan baut.



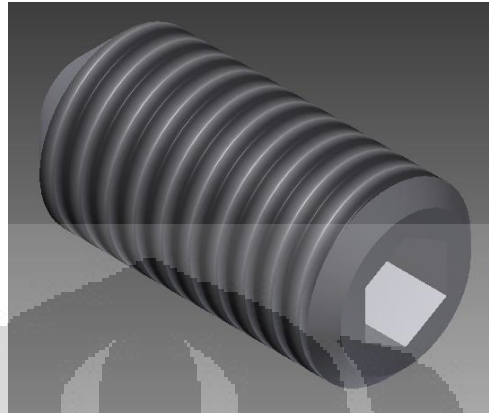
Gambar 3. 47. Motor torsi

- Gear motor
Gear motor yang digunakan berdiameter luar 33,45 mm, pitch 3 mm, dan 32 gigi. Ditakit pada *shaft* motor torsi menggunakan screw fastener.



Gambar 3. 48. Gear motor

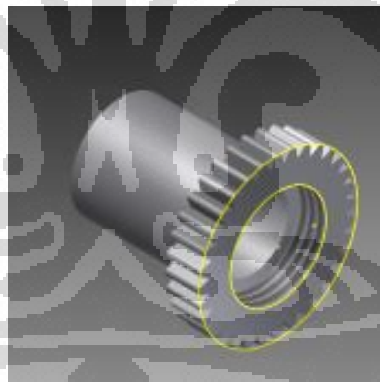
- *Screw Fastener*
Screw fasteners digunakan untuk mengencangkan gear motor pada shaft motor. Screw fasteners memerlukan pengoperasian kunci L dalam pengencangannya.



Gambar 3. 49. Screw Fasteners

- *Tube rotating gear*

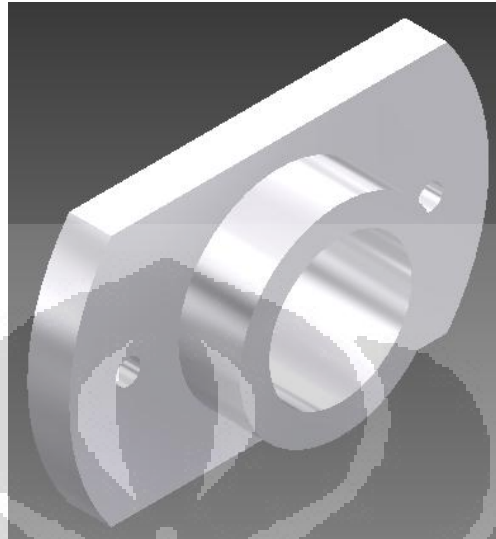
Komponen ini dipasang dengan suaian longgar pada flange. Gear pada *tube rotating gear* memiliki diameter luar 28 mm, pitch 3 mm, dan 26 gigi.



Gambar 3. 50. Tube Rotating Gear

- *Flange*

Komponen ini dimanufaktur sendiri di lab. It. 1 DTM FTUI, menggunakan material aluminium. *Flange* dirakit pada *bracket transmisi* menggunakan mekanisme mur dan baut. *Flange* dan *tube rotating gear* dipasangkan dengan suaian longgar agar *tube rotating gear* dapat berputar dengan friksi yang minimum.



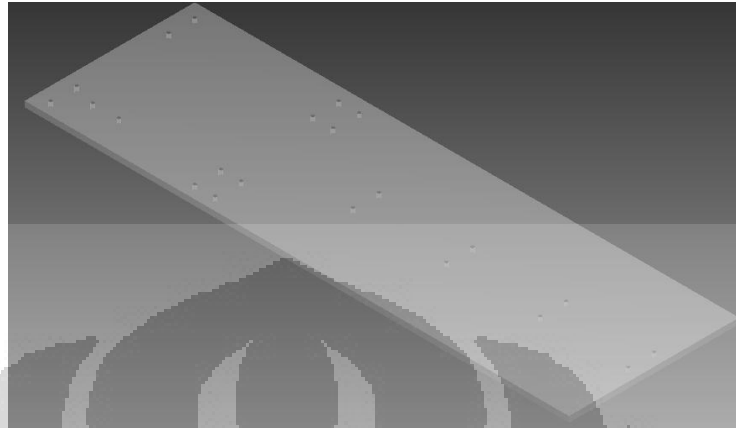
Gambar 3. 51. *Flange*

3.1.1.3 Sistem Konstruksi

Komponen penggerak merupakan komponen – komponen yang membentuk fisik *tube coater*, tempat komponen – komponen mekanik dan pneumatik ditempatkan pada posisinya masing - masing. Komponen konstruksi terdiri dari :

- Alas

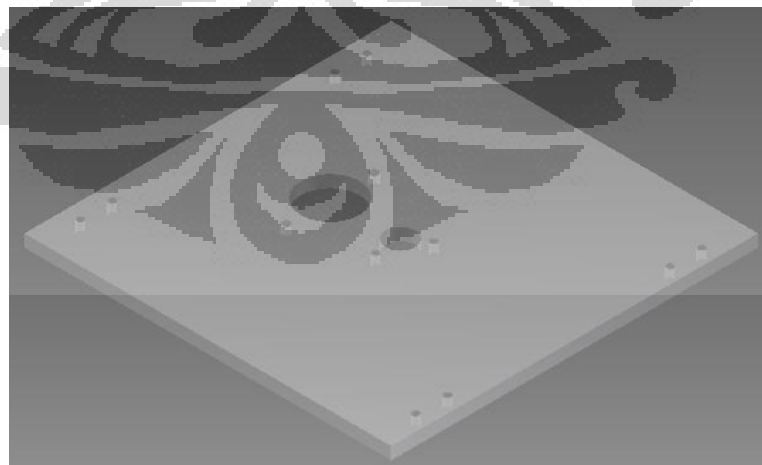
Komponen alas *tube coater* menggunakan material akrilik berdimensi panjang 480 mm, lebar 150 mm, dan tinggi 5 mm. Komponen alas ini berfungsi sebagai pondasi *tube coater*.



Gambar 3. 52. Alas Tube Coater

- *Bracket transmisi*

Bracket transmisi berdimensi panjang 150 mm, lebar 150 mm, dan tinggi 5 mm, dengan material akrilik. *Bracket transmisi* ini berfungsi sebagaiudukan *flange*, *tube rotating gear*, dan motor torsi. Pada *Bracket transmisi* terdapat delapan lubang dengan diameter seragam yaitu 3 mm yang terletak pada setiap sudut. Lubang ini untuk mendukung mekanisme *join* menggunakan mur dan baut. *Bracket transmisi* ini ditegakkan pada alas *tube coater* dengan bantuan profil siku, baut, dan mur.



Gambar 3. 53. Bracket Transmisi

- Bracket belakang

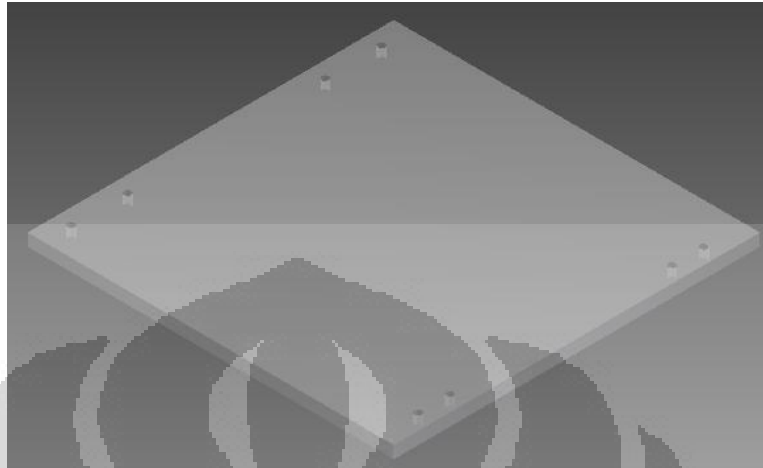
Bracket belakang memiliki dimensi, bentuk, dan material yang sama dengan *Bracket* transmisi, yaitu berdimensi panjang 150 mm, lebar 150 mm, dan tinggi 5 mm, dengan material akrilik. Pada *Bracket* belakang terdapat delapan lubang dengan diameter seragam yaitu 3 mm yang terletak pada setiap sudut. Lubang ini untuk mendukung mekanisme *join* menggunakan mur dan baut. *Bracket* belakang ini ditegakkan pada alas *tube coater* dengan bantuan profil siku, baut, dan mur, dengan posisi sejajar dengan *bracket* transmisi.



Gambar 3. 54. *Bracket* belakang

- Bracket atas

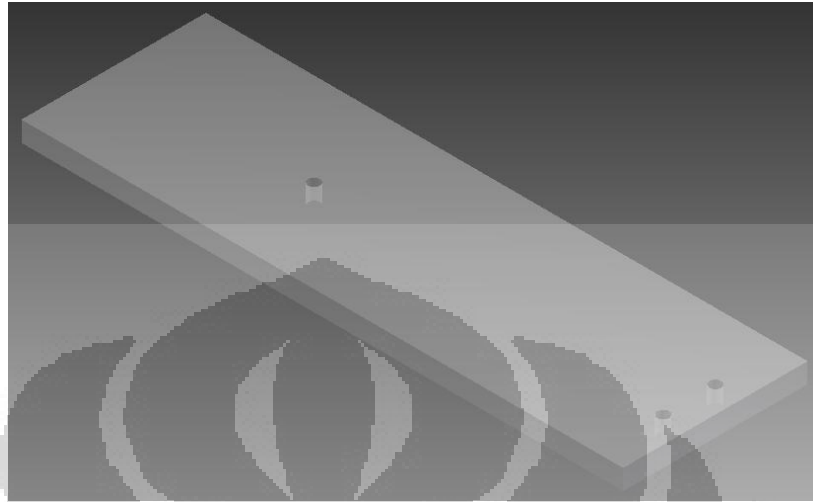
Bracket atas memiliki dimensi, bentuk, dan material yang sama dengan *Bracket* transmisi dan *bracket* belakang, yaitu berdimensi panjang 150 mm, lebar 150 mm, dan tinggi 5 mm, dengan material akrilik. Pada *Bracket* atas terdapat delapan lubang dengan diameter seragam yaitu 3 mm yang terletak pada setiap sudut. Lubang ini untuk mendukung mekanisme *join* menggunakan mur dan baut. *Bracket* atas ini ditegakkan pada alas *tube coater* dengan bantuan profil siku, baut, dan mur.



Gambar 3. 55. *Bracket Atas*

- *Tube dumper*

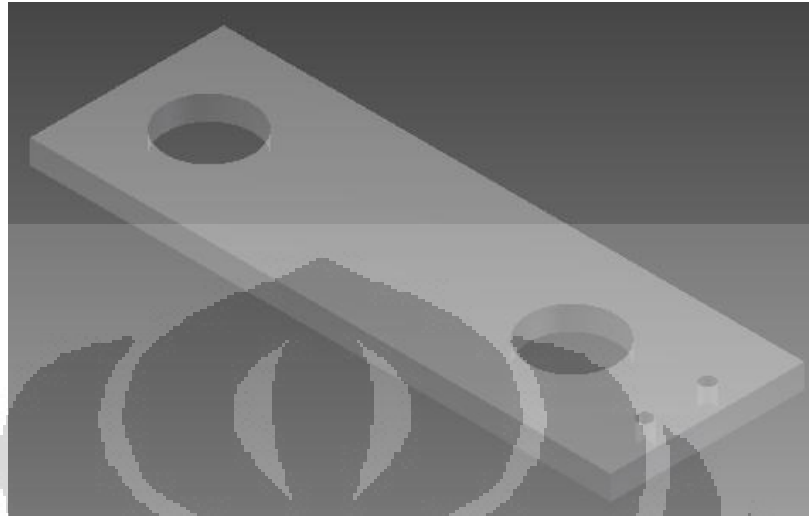
Tube dumper berdimensi panjang 45 mm, lebar 5 mm, dan tinggi 150 mm, dengan material akrilik. Komponen ini berfungsi meminimalisir defleksi yang terjadi pada *tefzel tube* selama berotasi dan menjaga posisi *tefzel tube* agar tetap lurus sehingga endapan partikel emas pada permukaan dalam *tefzel tube* seragam. Lubang berdiameter 3,5 mm pada bagian tengah *tube dumper* merupakan jalur *tefzel tube* menuju sambungan pneumatik dua sisi pada *tube rotating gear*. Terdapat dua lubang berdiameter 3 mm pada bagian bawah *tube dumper* untuk mendukung mekanisme *join* menggunakan mur dan baut. *Tube dumper* ini ditegakkan pada alas *tube coater* dengan bantuan profil siku, baut, dan mur.



Gambar 3. 56. *Tube Dumper*

- *Bracket flowmeter*

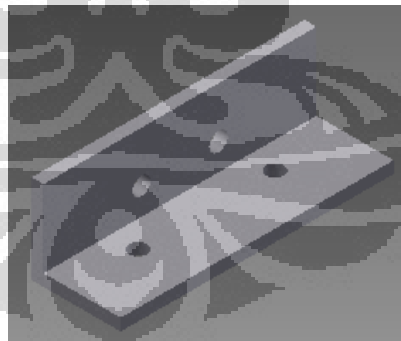
Bracket flowmeter berdimensi panjang 45 mm, lebar 5 mm, dan tinggi 120 mm, dengan material akrilik. *Bracket flowmeter* ini berfungsi untuk menyangga flowmeter agar tetap pada posisi yang ditentukan. Terdapat dua lubang berdiameter 3 mm pada bagian bawah *bracket flowmeter* untuk mendukung mekanisme *join* menggunakan mur dan baut. *Bracket flowmeter* ini ditegakkan pada alas *tube coater* dengan bantuan profil siku, baut, dan mur.



Gambar 3. 57. Bracket Flowmeter

- Profil siku

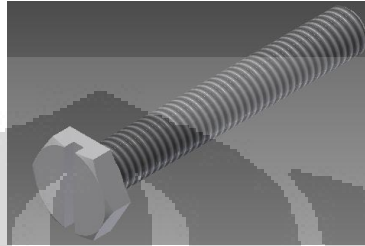
Profil siku berdimensi panjang 45 mm, lebar 2 mm, dan tinggi 17 mm, dengan material alumunium. Komponen ini merupakan bagian yang penting dalam mekanisme *join* selain mur dan baut. Komponen ini berfungsi menegakkan komponen – komponen lain.



Gambar 3. 58. Profil siku

- Baut

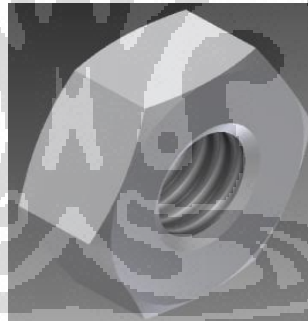
Baut yang digunakan adalah baut M3.5 x 0.5 dengan panjang 20 mm, material *steel*. Baut ini berfungsi sebagai mekanisme *fastener* antar komponen.



Gambar 3. 59. Baut

- Mur

Mur yang digunakan adalah M3 x 0.5, dengan ketebalan 2.25 mm, material *steel*. Mur ini berfungsi sebagai mekanisme *fastener* antar komponen, berpasangan dengan baut.

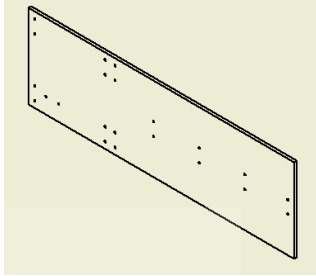
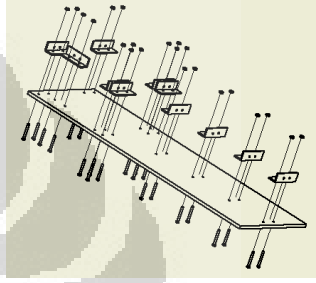
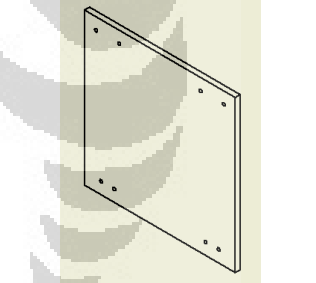
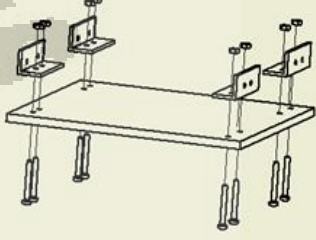
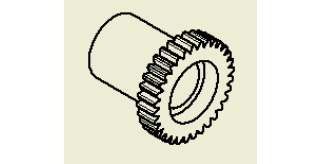


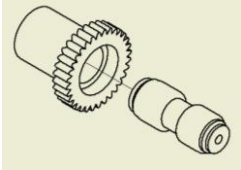
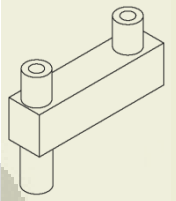
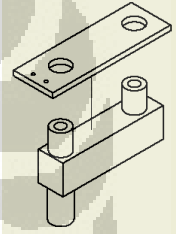
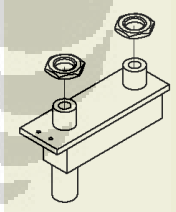
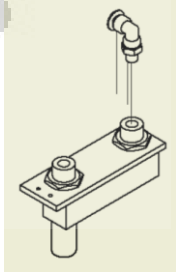
Gambar 3. 60. Mur

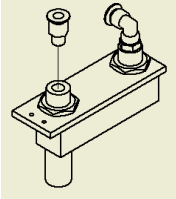
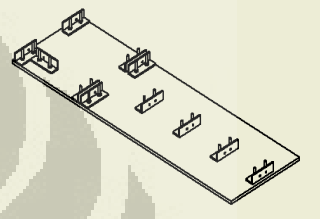
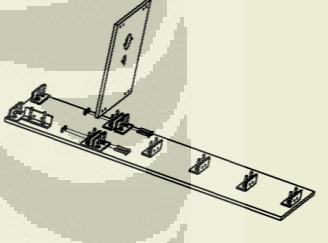
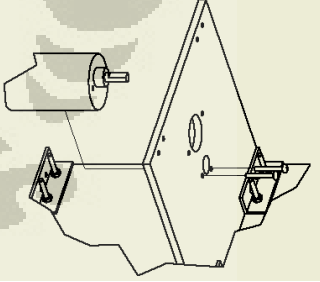
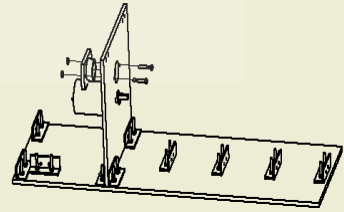
3.1.2 Uraian Perakitan Desain Awal Tube Coater

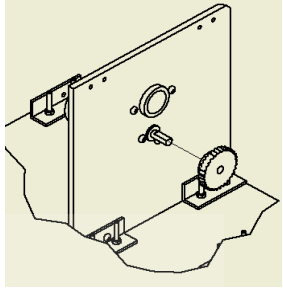
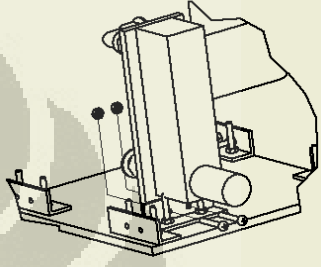
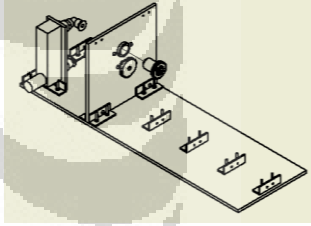
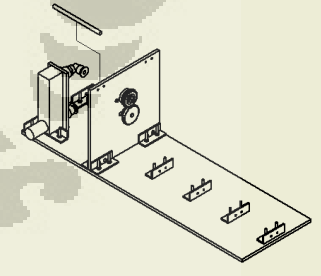
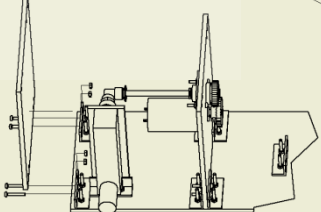
Tabel 3. 3. Uraian perakitan desain awal *tube coater*

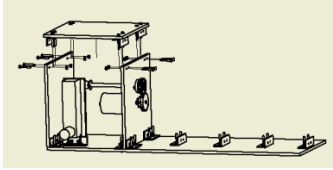
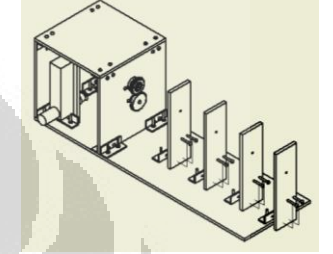
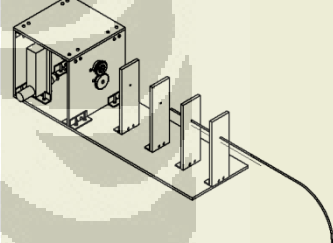
Perakitan Sub – Perakitan Alas			
No. Urut Perakitan	Nama Komponen	Fungsi Komponen	Gambar

1	Alas	Komponen yang pertama dihandling saat perakitan sub – perakitan alas	
2	Profil siku	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen yang menjadi penumpu komponen lain yang akan dirakit pada sub – perakitan alas. • Dipasang pada alas menggunakan baut, mur, dan mechanical fastening. 	
Perakitan Sub – Perakitan Bracket Atas			
3	Bracket atas	Komponen yang pertama dihandling saat perakitan sub – perakitan bracket atas.	
4	Profil siku	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen yang menjadi penyambung bracket atas dengan komponen lain pada saat perakitan. • Dipasang pada bracket atas menggunakan baut & mur. 	
Perakitan Sub – Perakitan Tube Rotating Gear			
5	<i>Tube rotating gear</i>	Datum pada perakitan sub – perakitan <i>tube rotating gear</i>	

6	Sambungan pneumatik dua sisi	<i>Reducer</i> Ø6mm ke Ø3mm	
Perakitan Sub – Perakitan Flowmeter			
7	Flowmeter	Datum pada perakitan sub – perakitan flowmeter	
8	Bracket flowmeter	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang setelah flowmeter agar perakitan satu sumbu dan satu arah. • Fungsi : Sebagai penegak flowmeter pada produk. 	
9	Mur segienam	Fungsi : mekanisme fastening flowmeter (7) & bracket flowmeter (8).	
10	Sambungan pneumatik L	Urutan pemasangan sambungan pneumatik L & sambungan pneumatik lurus dapat dibalik.	

11	Sambungan pneumatik lurus	Urutan pemasangan sambungan pneumatik L & sambungan pneumatik lurus dapat dibalik.	
Perakitan Tube Coater			
12	Sub – perakitan alas	Datum pada perakitan tube coater	
13	Bracket Transmisi	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sub – perakitan alas menggunakan 4 buah baut dan mur. • Merupakan dudukan untuk motor torsi (3) dan flange (4). 	
14	Motor torsi	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada bracket transmisi (2) menggunakan 2 buah baut. • Harus dipasang sebelum gear motor (5). 	
15	Flange	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada bracket transmisi menggunakan 2 buah baut dan mur. • Pada pengoperasian alat, sub – perakitan tube rotating gear berputar pada flange. 	

16	Gear motor	Dipasang pada shaft motor torsi (3), dikencangkan dengan 2 screw fasteners.	
17	Sub – perakitan flowmeter	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sub – perakitan alas (1) menggunakan 2 baut dan mur. • Pada komponen ini dipasang selang pneumatik. 	
18	Sub – perakitan tube rotating gear	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada flange (4). • Merupakan komponen yang berputar relatif terhadap komponen lain. 	
19	Selang pneumatik	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sub – perakitan tube rotating gear (7) dan sub – perakitan flowmeter (6). • Fungsi : saluran gas nitrogen, menjaga sub – perakitan tube rotating gear (7) tetap pada posisi. 	
20	Bracket belakang	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sub – perakitan alas (1). • Fungsi : mencegah pergerakan bracket transmisi (2). 	

21	Sub – perakitan bracket atas	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada bracket transmisi (2) & bracket belakang (9). • Fungsi : bersama bracket belakang (9) mencegah pergerakan bracket transmisi (2). 	
22	Tube holder	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sub – perakitan alas (1). • Fungsi : menjaga tefzel tube tetap horizontal pada saat pengoperasian. 	
23	Tefzel tube	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada tube holder (11). • Fungsi : merupakan komponen yang dibongkar pasang sehingga komponen lain harus memfasilitasi kemudahan insersi komponen ini. 	

3.1.3 Perhitungan Waktu Perakitan Desain Awal Berdasarkan Klasifikasi Boothroyd Dewhurst

Tabel perhitungan terdiri dari nama komponen, α , β , jumlah komponen, *tool acquire time*, *handling code*, *handling time*, *insertion time*, *total time*, dan *minimum part count*. Tabel pada lampiran.

3.1.4 DFM Desain Awal

No.	Komponen	Jumlah	Material
1	Alas	1	Akrilik
2	Bracket Atas	1	Akrilik
3	Bracket belakang	1	Akrilik

4	Bracket transmisi	1	Akrilik
5	Bracket flowmeter	1	Akrilik
6	Tube holder	4	Akrilik
7	Profil Siku	11	Alumunium
8	Baut	60	Steel
9	Mur	58	Steel

1. Alas

- Material

Panjang = 480 mm

Lebar = 150 mm

Tebal = 8 mm

Harga /m² = Rp. 850.000,-

Material alas = 72000 mm² = 0.072 m²

Harga material alas = Rp. 850.000,- x 0.072 m²

= **Rp. 61.200,-**

- *Primary process*

Pemotongan : *Laser cutting*

Pemotongan dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = (480 mm x 2) + (150 mm x 2)

= 1260 mm = 126 cm

Biaya pemotongan = 126 cm x 8 x Rp 25,-

= **Rp. 25.200,-**

- *Secondary process*

Pembuatan lubang baut : *drill*

Ø = 3 mm

Kedalaman = 8 mm

Banyak Lubang = 22 buah

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = $2\pi r$
 = $2 \times 3.14 \times 1.5 \text{ mm}$
 = 9.42 mm = 0.942 cm

Biaya pemotongan = $0.942 \text{ cm} \times 8 \times 22 \times \text{Rp } 25,-$
 = **Rp. 4144,8**

Total biaya pembuatan alas = Rp. 61.200,- + Rp. 25.200,- + Rp.
 4144,8
 = **Rp. 90544,8**

2. *Bracket Atas*

Panjang = 150 mm

Lebar = 150 mm

Tebal = 5 mm

Harga /m² = Rp. 675.000,-

Material *Bracket Atas* = $22500 \text{ mm}^2 = 0.0225 \text{ m}^2$

Harga material *Bracket Atas* = $\text{Rp. } 675.000,- \times 0.0225 \text{ m}^2$
 = **Rp. 15.187,5**

- *Primary process*

Pemotongan : *Laser cutting*

Pemotongan dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = 150 mm x 4

$$\begin{aligned}
 &= 600 \text{ mm} = 60 \text{ cm} \\
 \text{Biaya pemotongan} &= 60 \text{ cm} \times 5 \times \text{Rp } 25,- \\
 &= \mathbf{\text{Rp. 7500,-}}
 \end{aligned}$$

- *Secondary process*

Pembuatan lubang baut : *drill*

$$\emptyset = 3 \text{ mm}$$

$$\text{Kedalaman} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Banyak Lubang} = 8 \text{ buah}$$

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

$$\begin{aligned}
 \text{Keliling alas} &= 2\pi r \\
 &= 2 \times 3.14 \times 1.5 \text{ mm} \\
 &= 9.42 \text{ mm} = 0.942 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya pemotongan} &= 0.942 \text{ cm} \times 5 \times 8 \times \text{Rp } 25,- \\
 &= \mathbf{\text{Rp. 942,-}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya pembuatan } \textit{Bracket Atas} &= \text{Rp. 15.187,5,-} + \text{Rp. 7500,-} + \\
 &\quad \text{Rp. 942} \\
 &= \mathbf{\text{Rp. 23629.5}}
 \end{aligned}$$

3. *Bracket Belakang*

$$\text{Panjang} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Harga /m}^2 = \text{Rp. 675.000,-}$$

$$\text{Material} = 22500 \text{ mm}^2 = 0.0225 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Harga material} &= \text{Rp. 675.000,-} \times 0.0225 \text{ m}^2 \\
 &= \mathbf{\text{Rp. 15.187,5}}
 \end{aligned}$$

- *Primary process*

Pemotongan : *Laser cutting*

Pemotongan dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = 150 mm x 4
= 600 mm = 60 cm

Biaya pemotongan = 60 cm x 5 x Rp 25,-
= **Rp. 7500,-**

- *Secondary process*

Pembuatan lubang baut : *drill*

Ø = 3 mm

Kedalaman = 5 mm

Banyak Lubang = 8 buah

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = $2\pi r$
= 2 x 3.14 x 1.5 mm
= 9.42 mm = 0.942 cm

Biaya pemotongan = 0.942 cm x 5 x 8 x Rp 25,-
= **Rp. 942,-**

Total biaya pembuatan = Rp. 15.187,5,- + Rp. 7500,- + Rp. 942
= **Rp. 23629.5**

4. Bracket Transmisi

Panjang = 150 mm

Lebar = 150 mm

Tebal = 5 mm

Harga /m² = Rp. 675.000,-

Material = $22500 \text{ mm}^2 = 0.0225 \text{ m}^2$
 Harga material = Rp. 675.000,- x 0.0225 m^2
 = **Rp. 15.187,5**

- *Primary process*

Pemotongan : *Laser cutting*

Pemotongan dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = $150 \text{ mm} \times 4$
 = $600 \text{ mm} = 60 \text{ cm}$

Biaya pemotongan = $60 \text{ cm} \times 5 \times \text{Rp } 25,-$
 = **Rp. 7500,-**

- *Secondary process*

Pembuatan lubang baut : *drill*

Ø = 3 mm

Kedalaman = 5 mm

Banyak Lubang = 12 buah

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = $2\pi r$
 = $2 \times 3,14 \times 1,5 \text{ mm}$
 = $9,42 \text{ mm} = 0,942 \text{ cm}$

Biaya *drilling* = $0,942 \text{ cm} \times 5 \times 12 \times \text{Rp } 25,-$
 = **Rp. 1413,-**

Pembuatan lubang flange : *drill*

Ø = 24 mm

Kedalaman = 5 mm

Banyak Lubang = 1 buah

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

$$\begin{aligned}\text{Keliling alas} &= 2\pi r \\ &= 2 \times 3.14 \times 12 \text{ mm} \\ &= 75.36 \text{ mm} = 7.536 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya drilling} &= 7.536 \text{ cm} \times 5 \times 1 \times \text{Rp } 25,- \\ &= \mathbf{\text{Rp. 942,-}}\end{aligned}$$

Pembuatan lubang motor torsi : *drill*

\emptyset = 12 mm

Kedalaman = 5 mm

Banyak Lubang = 1 buah

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

$$\begin{aligned}\text{Keliling alas} &= 2\pi r \\ &= 2 \times 3.14 \times 6 \text{ mm} \\ &= 37.68 \text{ mm} = 3.768 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya drilling} &= 3.768 \text{ cm} \times 5 \times 1 \times \text{Rp } 25,- \\ &= \mathbf{\text{Rp. 471,-}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total biaya pembuatan} &= \text{Rp. 15.187,5,-} + \text{Rp. 7500,-} + \text{Rp.} \\ &\quad 1413 + \text{Rp. 942,-} + \text{Rp. 471,-} \\ &= \mathbf{\text{Rp. 25513.5}}\end{aligned}$$

5. Bracket Flowmeter

Panjang = 120 mm

Lebar = 40 mm

Tebal = 5 mm

Harga /m² = Rp. 675.000,-

Material = 4800 mm² = 0.0048 m²

Harga material = Rp. 675.000,- x 0.0048 m²
= **Rp. 3240**

- *Primary process*

Pemotongan : *Laser cutting*

Pemotongan dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling *bracket* flowmeter = (120 mm x 2) + (40 mm x 2)
= 320 mm = 32 cm

Biaya pemotongan = 32 cm x 5 x Rp 25,-
= **Rp. 4000**

- *Secondary process*

Pembuatan lubang flowmeter : *drill*

Ø = 18 mm

Kedalaman = 5 mm

Banyak Lubang = 2 buah

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = 2π
= 2 x 3.14 x 9 mm
= 56.52 mm = 5.652 cm

Biaya *drilling* = 5.652 cm x 5 x 2 x Rp 25,-
= **Rp. 1413,-**

Pembuatan lubang baut : *drill*

Ø = 3 mm

Kedalaman = 5 mm

Banyak Lubang = 2 buah

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = $2\pi r$
 = $2 \times 3.14 \times 1.5 \text{ mm}$
 = 9.42 mm = 0.942 cm

Biaya *drilling* = $0.942 \text{ cm} \times 5 \times 2 \times \text{Rp } 25,-$
 = **Rp. 235,5**

Total biaya pembuatan = Rp. 3240 + Rp. 4000 + Rp. 1413 + Rp.
 235,5
 = **Rp. 8888,5**

6. Tube Holder

Panjang = 150 mm

Lebar = 46 mm

Tebal = 5 mm

Harga /m² = Rp. 675.000,-

Material = $6900 \text{ mm}^2 = 0.0069 \text{ m}^2$

Harga material = Rp. 675.000,- x 0.0069 m^2
 = **Rp. 4657.5**

- *Primary process*

Pemotongan : *Laser cutting*

Pemotongan dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling = $(150 \text{ mm} \times 2) + (46 \text{ mm} \times 2)$
 = 392 mm = 39,2 cm

Biaya pemotongan = 39,2 cm x 5 x Rp 25,-
= **Rp. 4900**

- *Secondary process*

Pembuatan lubang *tefzel tube* : *drill*

Ø = 3,5 mm

Kedalaman = 5 mm

Banyak Lubang = 1 buah

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = $2\pi r$
= $2 \times 3.14 \times 1.75$ mm
= 10.99 mm = 1.099 cm

Biaya *drilling* = 1.099 cm x 5 x 1 x Rp 25,-
= **Rp. 137,375**

Pembuatan lubang baut : *drill*

Ø = 3 mm

Kedalaman = 5 mm

Banyak Lubang = 2 buah

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = $2\pi r$
= $2 \times 3.14 \times 1.5$ mm
= 9.42 mm = 0.942 cm

Biaya *drilling* = 0.942 cm x 5 x 2 x Rp 25,-
= **Rp. 235,5**

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya pembuatan} &= (\text{Rp. } 4657,5 + \text{Rp. } 4900 + \text{Rp. } 137,375 \\
 &\quad + \text{Rp. } 235,5) \times 4 \\
 &= \mathbf{\text{Rp. } 39721,5}
 \end{aligned}$$

7. Profil Siku

Material : Alumunium siku
 Lebar : 15 mm
 Tebal : 2 mm
 Harga siku per batang : Rp 40000/ 6m, siku 1 m = **Rp 7000**

- *Primary process*

Pemotongan : *Cutting*

Pemotongan dilakukan menggunakan gergaji manual dengan rata – rata waktu pemotongan 30 detik.

Mata gergaji = **Rp 12000**

Waktu pengerjaan = 11 x 30 s
 = 330 s = 0,092 jam.

UMR pekerja wilayah depok = Rp 1424797/ bln
 = Rp 9000/ jam

Upah pemotongan = 0,092 jam x 9000
 = **Rp. 828**

- *Secondary process*

Pembuatan lubang baut : *drill*

Ø = 3 mm

Kedalaman = 2 mm

Banyak Lubang = 44 buah

Drilling dilakukan di lab. manufaktur menggunakan mesin bor kecil.

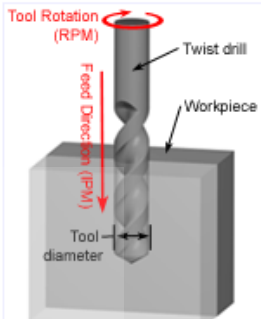
Drilling Speed and Feed Calculator

Tool diameter (in):

Cutting speed (SFM) \div Tool diameter (in) = Spindle speed (RPM)
 \times 12 \div $0.118 \times \pi$ =

Cutting feed (IPR) \times Spindle speed (RPM) = Feed rate (IPM)
 \times 191 =

Cut length (in) \div Feed rate (IPM) = Cut time (min)
 \div 0.382 =



Copyright © 2008 CustomPartNet

Waktu yang diperlukan untuk pembuatan lubang pada profil siku = 0,151 jam.

Daya listrik 720 watt dengan harga Rp. 735/kWh.

Biaya = 0,151 jam \times 0.72 kW \times Rp. 735/kWh
 = **Rp. 79,91**

Mata bor = **Rp 18900**

Total biaya pembuatan = Rp 12000 + Rp. 828 + Rp. 79,91 + Rp
 18900
 = **Rp 31807,91**

8. Baut

Dimensi = M3 x 0,5 x 20

Jumlah = 60

Harga = Rp 779/pcs

Total biaya baut = 60 x Rp 770
 = **Rp 46740**

9. Mur

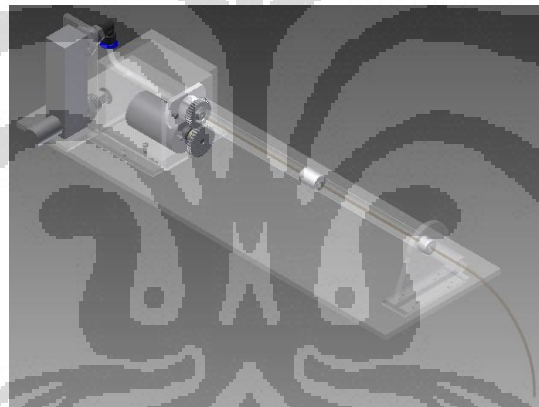
Dimensi = M3 x 0,5

Jumlah = 58

Harga = Rp 418/pcs
 Total biaya baut = 58 x Rp 418
 = **Rp 24244**

Total biaya pembuatan desain awal = **Rp. 90544,8 + Rp. 23629.5 + Rp. 23629.5 + Rp. 25513.5 + Rp. 8888,5 + Rp. 39721,5 + Rp 31807,91 + Rp 46740 + Rp 24244**
 = **Rp 314719,21**

3.2 Redesain Tube Coater



Gambar 3. 61. Redesain *tube coater*

3.3.1 Komponen – Komponen Redesain Tube Coater

Pada redesain *tube coater*, tidak semua komponen mengalami redesain, komponen – komponen standar tidak mengalami redesain, antara lain :

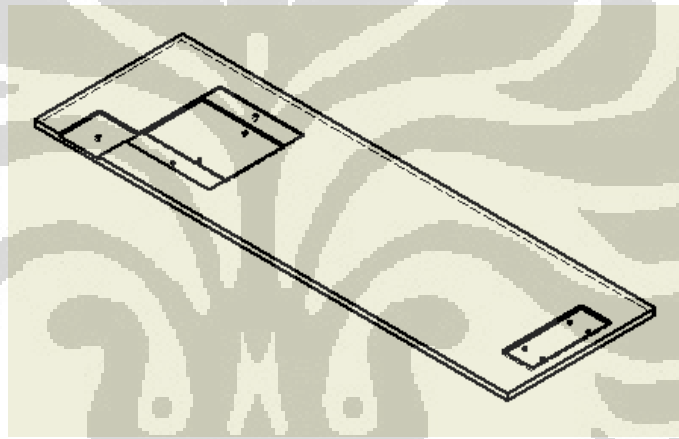
- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1. Flowmeter | 5. Selang pneumatik |
| 2. Sambungan pneumatik lurus | 6. Motor torsi |
| 3. Sambungan pneumatik L | 7. <i>Gear</i> motor |
| 4. Sambungan pneumatik dua sisi | 8. <i>Screw fastener</i> |
| | 9. <i>Tube rotating gear</i> |

Terdapat juga komponen – komponen standar yang tidak mengalami redesain tetapi mengalami pengurangan jumlah, antara lain :

1. Baut
2. Mur

Komponen – komponen tidak standar yang tidak mengalami perubahan bentuk dan jumlah, yaitu komponen *flange*. Sedangkan komponen yang tidak standar yang mengalami perubahan dari desain awalnya antara lain :

1. Alas

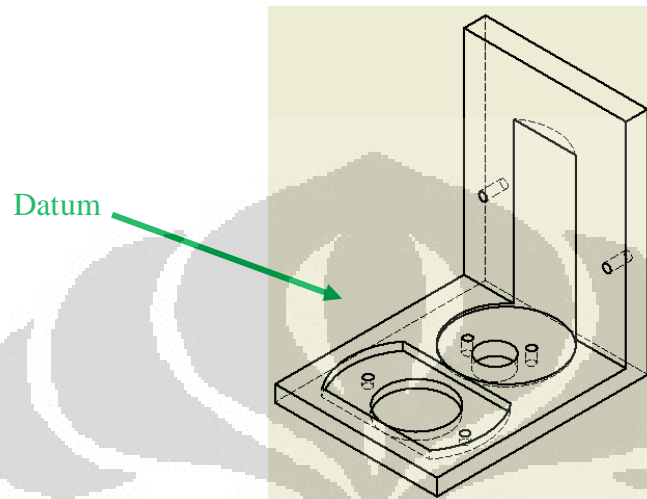


Gambar 3. 62. Komponen alas redesain

Komponen alas pada redesain memiliki profil berkedalaman 1 mm dan 2 mm untuk mempermudah insersi komponen lain yang dirakit pada komponen alas ini agar align dilakukan dengan mudah dan komponen *self locating*. Komponen alas ini merupakan datum dari beberapa komponen. Material dan dimensi yang digunakan pada komponen alas redesain ini sama dengan material dan dimensi komponen alas pada desain awal.

2. *Bracket* transmisi

Bracket transmisi terdiri dari dua komponen, yaitu *bracket* vertikal dan *bracket* horizontal yang disatukan dengan cara dilem.

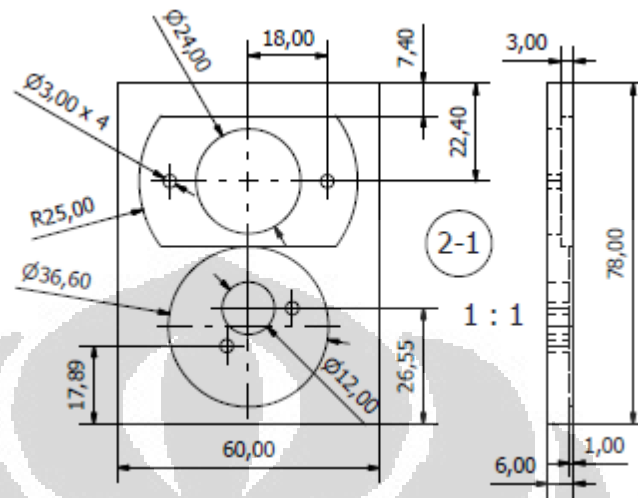


Gambar 3. 63. *Bracket* transmisi redesain

Sub – perakitan *bracket* transmisi ini memiliki *feature* untuk motor, *flange*, dan baut yang memudahkan *alignment*.

- *Bracket* transmisi vertikal

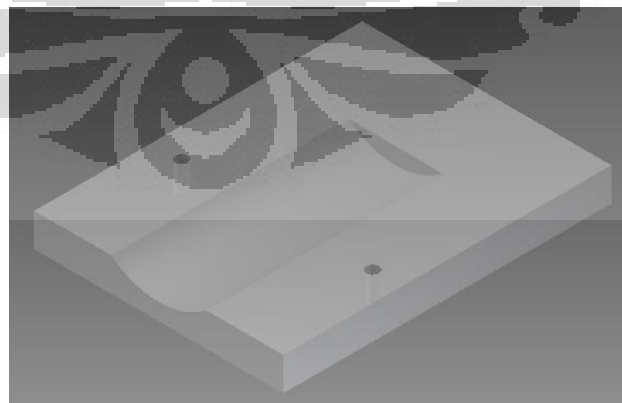
Bracket transmisi vertikal (Gambar 3.24) merupakan komponen yang berinteraksi langsung dengan *flange* dan motor. Terdapat permukaan dengan kedalaman 3 mm yang mengikuti bentuk permukaan *flange* dan motor yang memudahkan penempatan *flange* dan motor pada saat insersi. Material *bracket* vertikal ini sama dengan material *bracket* transmisi pada desain awal (Gambar 3.13), yaitu akrilik dengan ketebalan 6 mm.



Gambar 3. 64. *Bracket* transmisi vertikal

- *Bracket* transmisi horizontal

Bracket transmisi horizontal (Gambar 3.25) merupakan komponen yang berinteraksi langsung dengan motor, memiliki *feature* cekungan yang akan ditempati motor, agar tidak berguling kekanan atau kekiri, juga tidak dapat bergeser kebelakang. Pergeseran kedepan juga dicegah oleh *bracket* vertikal (Gambar 3.24). *Bracket* horizontal merupakan tempat baut untuk menyatukan sub - perakitan *bracket* transmisi dengan komponen alas.



Gambar 3. 65. *Bracket* transmisi horizontal

3. *Bracket flowmeter*

Bracket flowmeter hasil redesign (Gambar 3.26) terdiri dari dua komponen dengan material yang sama, yaitu komponen bagian vertikal dan horizontal yang disatukan dengan cara dilem.

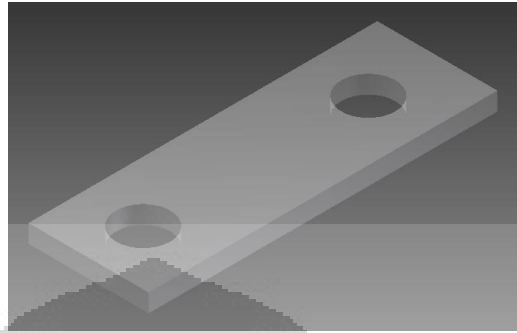


Gambar 3. 66. *Bracket flowmeter* redesign

Komponen hasil redesign ini memiliki material yang sama dengan komponen *bracket flowmeter* pada desain awal (Gambar 3.17).

- *Bracket flowmeter* vertikal

Bracket flowmeter vertikal berinteraksi langsung dengan flowmeter dan mur segienam pengencang flowmeter dan *bracket*. Terdapat dua buah lubang berdiameter 18 mm (Gambar 3.27) untuk saluran input dan output berulir flowmeter yang berpasangan dengan mur segienam. Material komponen ini adalah akrilik setebal 6 mm.



Gambar 3. 67. *Bracket* flowmeter vertikal

- *Bracket* flowmeter horizontal

Bracket flowmeter horizontal merupakan komponen yang berinteraksi langsung dengan baut untuk menyatukan *bracket flowmeter* dengan komponen alas. Komponen ini berinteraksi dengan permukaan bawah flowmeter sehingga permukaan yang berinteraksi dengan flowmeter tersebut harus datar. Oleh karena itu, kepala baut yang dipasang dibuat tenggelam sedalam 4 mm didalam komponen (Gambar 3.28). Material komponen ini adalah akrilik setebal 8 mm.

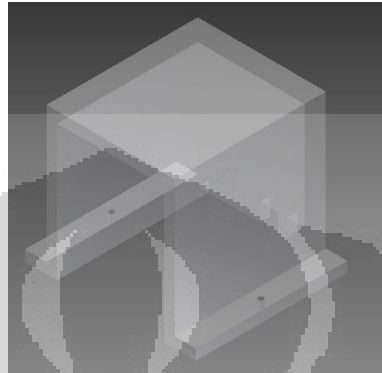


Gambar 3. 68. *Bracket* flowmeter horizontal

4. Motor cover

Komponen ini terdiri dari enam komponen, yaitu komponen atas (Gambar 3.30), komponen samping kanan dan samping kiri (Gambar 3.31),

belakang (Gambar 3.32), dan dua buah rumah baut (Gambar 3.33), yang dirakit dengan cara dilem.

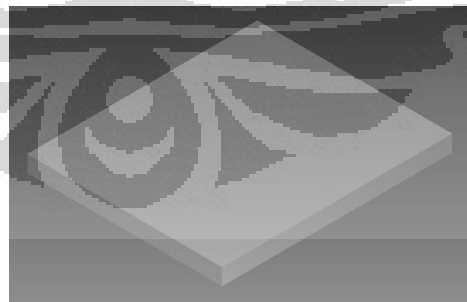


Gambar 3. 69. *Motor cover* redesain

Motor cover berfungsi melindungi komponen – komponen pada sub - perakitan *bracket* transmisi. Material semua komponen pembentuk *motor cap* adalah akrilik dengan tebal 6 mm.

- *Motor cover* atas

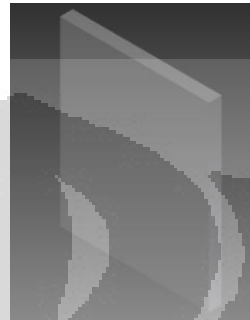
Komponen ini merupakan komponen yang menjadi base pada perakitan sub – perakitan *motor cover*. *Motor cover* atas dihandling pertama kali, lalu diletakkan pada permukaan datar, siap untuk perakitan komponen *motor cover* samping.



Gambar 3. 70. *Motor cover* atas

- *Motor cover* samping

Komponen ini dietakkan dan ditahan pada tepi *motor cover* atas sambil dilem. Komponen ini terdiri dari dua komponen sejenis yang dirakit pada tepi kanan dan kiri *motor cover* atas.



Gambar 3. 71. *Motor cover* samping

- *Motor cover* belakang

Komponen bagian belakang *motor cover* memiliki *feature* untuk jalan keluarnya selang pneumatik dari sambungan pneumatik dua sisi ke flowmeter yang berada dibagian luar *motor cover*. Bersebelahan dengan jalan keluarnya kabel dari motor ke *power supply*.

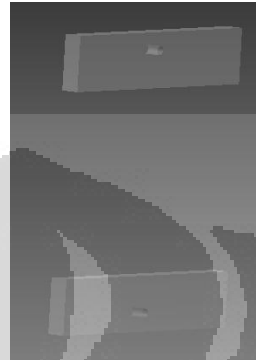


Gambar 3. 72. *Motor cover* belakang

- *Motor cover* rumah baut

Komponen ini terdiri dari dua komponen sejenis yang dirakit pada sisi samping bawah *motor cover* samping. Selama perakitan, sampai lem

diaplikasikan, komponen ini memerlukan penahanan agar tetap pada posisinya.



Gambar 3. 73. *Motor cover* rumah baut

5. *Tube holder*

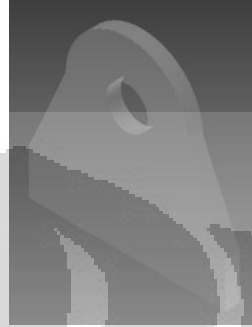
Tube holder hasil redesign (Gambar 3.34), terdiri dari dua komponen yang dirakit dengan cara dilem. Pada *tube holder* horizontal (Gambar 3.35), memiliki feature berupa permukaan berkedalaman 4 mm yang memudahkan dalam proses insersi *tube holder* vertikal (Gambar 3.34) yang dipasang pada bagian tengah *tube holder* horizontal. Komponen ini menggunakan material akrilik dengan tebal 6 mm pada *tube holder* vertikal, dan akrilik dengan tebal 8 mm *tube holder* horizontal.



Gambar 3. 74. *Tube holder*

- *Bracket tube holder* vertikal

Komponen ini diinsersi pada *bracket tube holder* horizontal, memerlukan penahanan agar tetap pada posisi, sampai proses pengeleman.



Gambar 3. 75. *Bracket tube holder* vertikal

- *Bracket tube holder* horizontal

Komponen ini merupakan base untuk sub – perakitan *tube holder*, dihandling pertama kali, diletakkan pada permukaan datar, menunggu perakitan selanjutnya yaitu *bracket tube holder* vertikal.

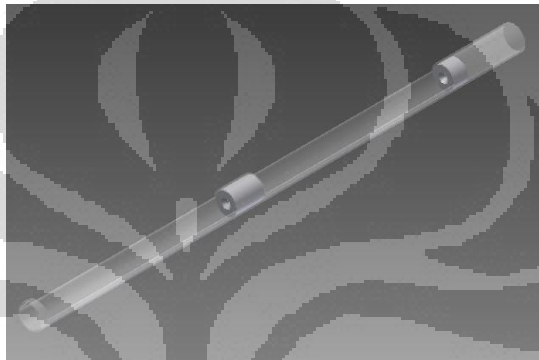


Gambar 3. 76. *Bracket tube holder* horizontal

6. *Roller tube*

Roller tube (Gambar 3.37) terdiri dari tiga komponen yaitu, pipa akrilik (Gambar 3.38), *nylon 1* (Gambar 3.39), dan *nylon 2* (Gambar 3.40). Komponen ini bersama *tube holder* (Gambar 3.16), pada redesign *tube coater*, menggantikan peran empat *tube holder*, sejumlah profil siku (Gambar 3.18), mur (Gambar 3.19), dan baut (Gambar 3.20), pada desain awal *tube coater*. Pipa akrilik berfungsi menjaga *nylon 1* dan *nylon 2* tetap berada pada satu

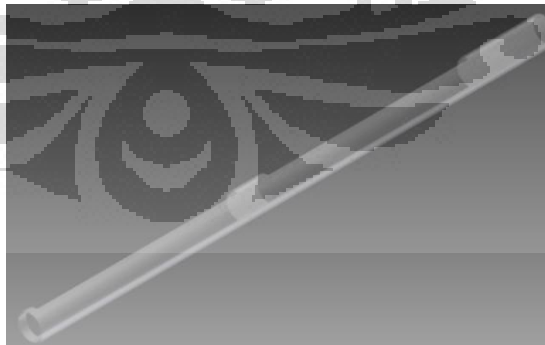
sumbu. Sisi kiri pipa akrilik dipasang pada tube rotating gear dengan suaian pas. Pada bagian tengah diantara posisi *nylon 1* dan *nylon 2*, pipa akrilik hanya setengah agar tangan dapat mencapai *tefzel tube* sehingga mempermudah *aligment tefzel tube*. *Nylon 1* dan *nylon 2* berfungsi untuk menahan *tefzel tube* agar tetap lurus. *Nylon 1* dan *nylon 2* dilengkapi chamfer pada diameter lubang dalam untuk mempermudah insersi *tefzel tube*.



Gambar 3. 77. Roller tube

- Pipa akrilik

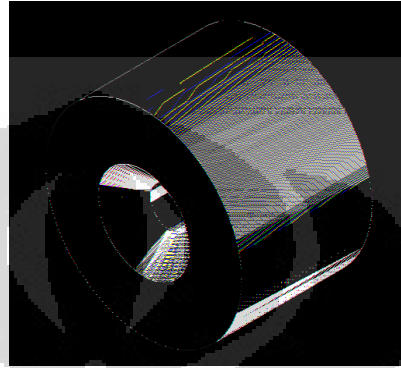
Komponen ini merupakan pipa akrilik yang dihilangkan setengah bagian diameternya di beberapa bagian agar minsersi *nylon 1* & 2, juga insersi *tefzel tube* menjadi mudah.



Gambar 3. 78. Pipa akrilik

- *Nylon 1*

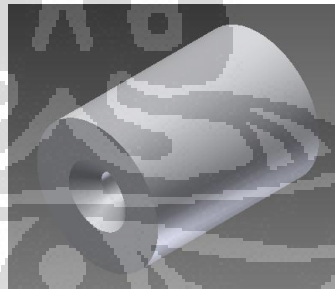
Material komponen ini adalah *nylon* berbentuk silinder yang memiliki lubang yang dilengkapi chamfer agar mempermudah *alignment* pada insersi *tefzel tube*.



Gambar 3. 79. *Nylon 1*

- *Nylon 2*

Material komponen ini adalah nylon berbentuk silinder yang memiliki lubang yang dilengkapi chamfer agar mempermudah *alignment* pada insersi *tefzel tube*.

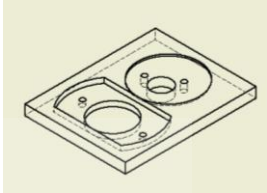
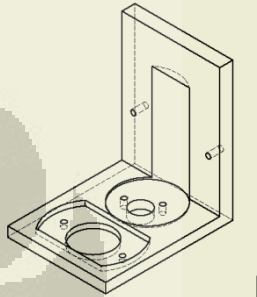
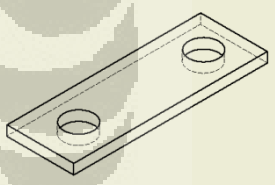
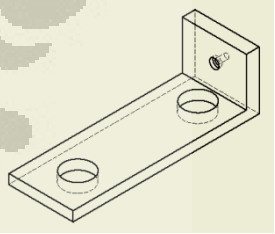
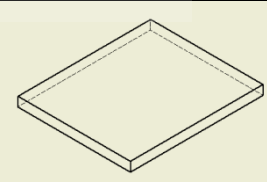


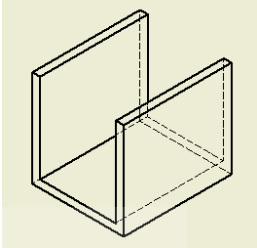
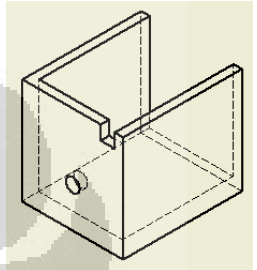
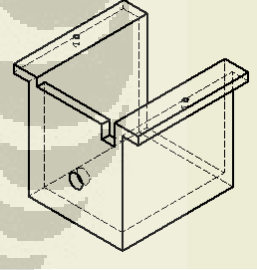
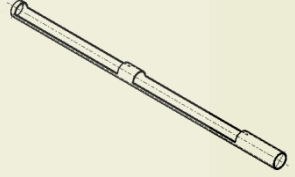
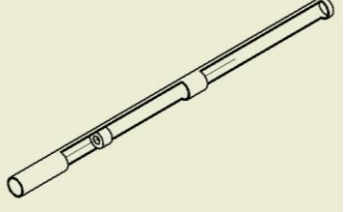
Gambar 3. 80. *Nylon 2*

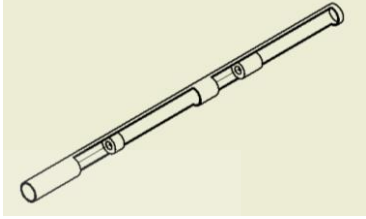
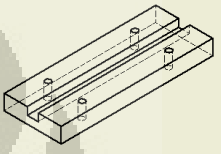
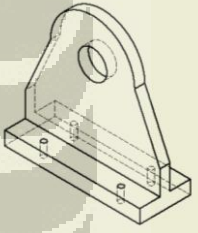
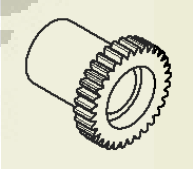
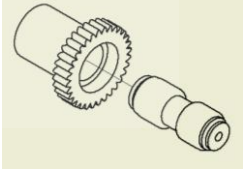
3.3.2 Uraian Perakitan Redesain Tube Coater

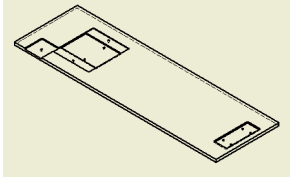
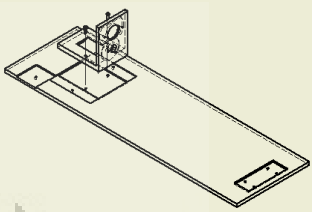
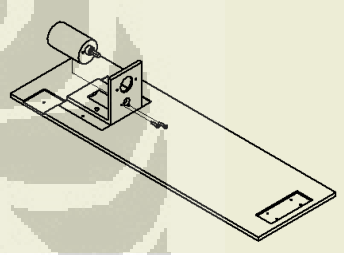
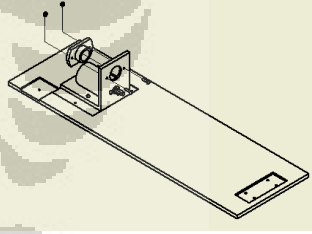
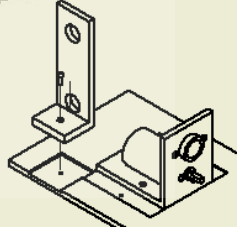
Tabel 3. 4. Urutan perakitan redesain *tube coater*

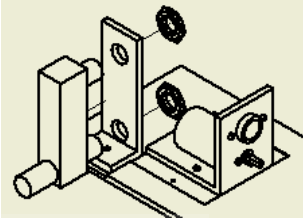
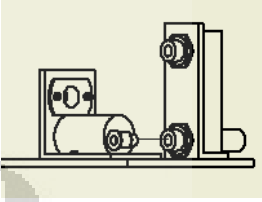
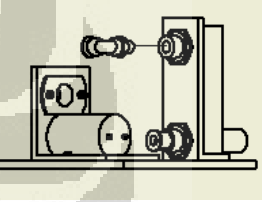
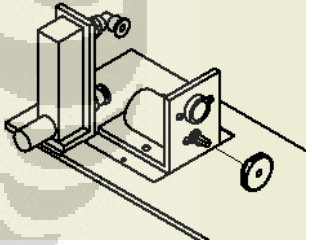
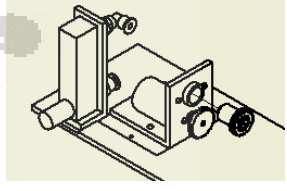
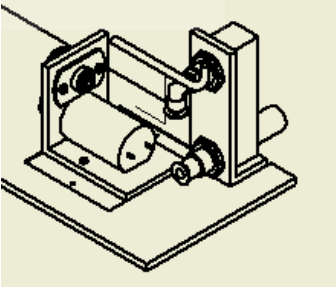
Perakitan <i>Bracket Transmisi</i>

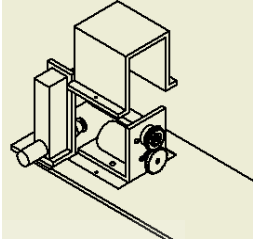
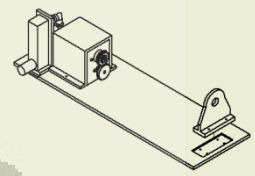
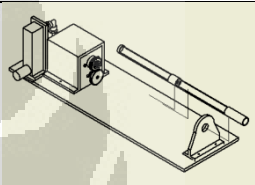
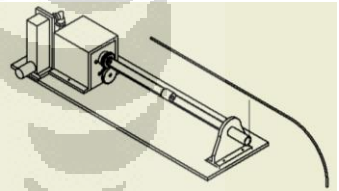
No. Urut Perakitan	Nama Komponen	Fungsi Komponen	Gambar
1	<i>Bracket</i> vertikal	Datum pada perakitan <i>bracket</i> transmisi	
2	<i>Bracket</i> horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen dirakit diatas permukaan <i>bracket</i> vertikal searah sumbu z. • Dipasang pada <i>bracket</i> vertikal menggunakan lem. 	
<i>Perakitan Bracket Flowmeter</i>			
3	<i>Bracket</i> vertikal	Komponen yang pertama dihandling saat perakitan <i>bracket</i> flowmeter.	
4	<i>Bracket</i> horizontal	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen dirakit diatas permukaan <i>bracket</i> vertikal searah sumbu z. • Dipasang pada <i>bracket</i> vertikal menggunakan lem. 	
<i>Perakitan Motor Cover</i>			
5	<i>Bracket</i> atas	Datum pada perakitan <i>motor cover</i> .	

6	<i>Bracket</i> samping	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen dirakit diatas permukaan <i>bracket</i> atas searah sumbu z, di kanan & kirinya. • Dipasang pada <i>bracket</i> atas menggunakan lem. 	
7	<i>Bracket</i> belakang	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen ini berfungsi melindungi bagian belakang motor yang merupakan bagian teraliri listrik. • Komponen dirakit diatas permukaan <i>bracket</i> vertikal searah sumbu z, dan pada <i>bracket</i> samping, menggunakan lem. 	
8	Rumah baut	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen ini berfungsi sebagai bagian yang mengikat <i>motor cover</i> pada alas • Komponen dirakit diatas permukaan <i>bracket</i> samping searah sumbu z, menggunakan lem. 	
<i>Perakitan Roller Tube</i>			
9	Pipa akrilik	Komponen perama yang dihandling pada perakitan ini.	
10	Nylon 1	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada bagian tengah pipa akrilik (7). • Terdapat chamfer yang memudahkan insersi <i>tefzel tube</i>. • Fungsi : Sebagai 	

		pemegang <i>tefzel tube</i> .	
11	Nylon 2	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada bagian ujung kanan pipa akrilik (7). • Terdapat chamfer yang memudahkan insersi <i>tefzel tube</i>. • Fungsi : Sebagai pemegang <i>tefzel tube</i>. 	
<i>Perakitan Tube Holder</i>			
12	<i>Bracket horizontal</i>	Datum pada perakitan <i>tube holder</i>	
13	<i>Bracket vertikal</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada bagian tengah <i>bracket horizontal</i> (12) yang memiliki bagian berkedalaman untuk mempermudah insersi <i>bracket vertikal</i> (13), menggunakan lem. 	
<i>Perakitan Tube Rotating Gear</i>			
14	<i>Tube rotating gear</i>	Datum pada perakitan sub – perakitan <i>tube rotating gear</i>	
15	Sambungan pneumatik dua sisi		
<i>Perakitan Tube Coater</i>			

16	Alas	Datum pada perakitan <i>tube coater</i>	
17	<i>Bracket</i> Transmisi	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada alas menggunakan 2 buah baut. • Merupakan dudukan untuk motor torsi (18) dan flange (19). 	
18	Motor torsi	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada bracket transmisi (17) menggunakan 2 buah baut. • Harus dipasang sebelum gear motor (24). • Berfungsi memutar <i>roller tube</i> ditransmisikan oleh <i>gear</i> 	
19	Flange	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada <i>bracket</i> transmisi menggunakan 2 buah baut dan mur. • Pada pengoperasian alat, sub – perakitan tube rotating gear berputar terhadap flange. 	
20	<i>Bracket</i> flowmeter	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada alas (16) menggunakan 1 baut. • Fungsi : menegakkan posisi flowmeter pada komponen alas (16). 	

21	Flowmeter	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada bracket flowmeter menggunakan dua buah mur segienam. • Fungsi : mengukur aliran nitrogen yang akan digunakan. 	
22	Sambungan pneumatik lurus	Urutan pemasangan sambungan pneumatik L & sambungan pneumatik lurus dapat dibalik.	
23	Sambungan pneumatik L	Urutan pemasangan sambungan pneumatik L & sambungan pneumatik lurus dapat dibalik.	
24	Gear motor	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada shaft motor • Mekanisme fastener berupa dua srew fasteners yang memerlukan kunci L sebagai mechanical fastening 	
25	Sub – perakitan <i>tube rotating gear</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada flange (19). • Merupakan komponen yang berputar relatif terhadap komponen lain. 	
26	Selang pneumatik	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada sub – perakitan tube rotating gear (24) dan flowmeter (21). • Fungsi : saluran gas nitrogen, menjaga sub – perakitan tube rotating gear (24) tetap pada posisi. 	

27	<i>Motor cover</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada permukaan atas alas menggunakan dua baut. 	
28	<i>Tube holder</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada alas (1). • Fungsi : menjaga <i>roller tube</i> tetap horizontal pada saat pengoperasian. 	
29	<i>Roller tube</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada <i>tube holder</i> (27), dan berakhir pada sub - perakitan <i>tube rotating gear</i> (24). 	
30	<i>Tefzel tube</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Dipasang pada <i>tube holder</i> (27). • Fungsi : merupakan komponen yang dibongkar pasang sehingga komponen lain harus memfasilitasi kemudahan insersi komponen ini. 	

3.3.3 Perhitungan Waktu Perakitan Redesain Berdasarkan Klasifikasi Boothroyd Dewhurst

Tabel perhitungan terdiri dari nama komponen, α , β , jumlah komponen, *tool acquire time*, *handling code*, *handling time*, *insertion time*, *total time*, dan *minimum part count*. Tabel pada lampiran.

3.3.4 DFM Redesain

No.	Komponen	Jumlah	Material
1	Alas	1	Akrilik

2	Bracket transmisi	1	Akrilik
3	Bracket flowmeter	1	Akrilik
4	Motor cover	1	Akrilik
5	Tube holder	1	Akrilik
6	Roller tube	1	Akrilik & nylon
7	Baut	60	Steel

1. Alas

- Material

Panjang = 480 mm

Lebar = 150 mm

Tebal = 6 mm

Harga /m² = Rp. 675000,-

Material alas = 72000 mm² = 0.072 m²

Harga material alas = Rp. 675000,- x 0.072 m²

= **Rp. 48600,-**

- *Primary process*

Pemotongan : *Laser cutting*

Pemotongan dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = (480 mm x 2) + (150 mm x 2)

= 1260 mm = 126 cm

Biaya pemotongan = 126 cm x 6 x Rp 25,-

= **Rp. 18900**

Pembuatan profil berkedalaman

Metode : *Laser cutting*

Pembuatan profil dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 22,92 \text{ cm}^3 \\ \text{Biaya pemotongan} &= 22,92 \text{ cm}^3 \times \text{Rp } 25,- \\ &= \mathbf{\text{Rp. } 57300} \end{aligned}$$

- *Secondary process*

Pembuatan lubang baut : *drill*

$$\emptyset = 3 \text{ mm}$$

$$\text{Kedalaman} = 4 \text{ mm}$$

$$\text{Banyak Lubang} = 5 \text{ buah}$$

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

$$\begin{aligned} \text{Keliling} &= 2\pi r \\ &= 2 \times 3.14 \times 1.5 \text{ mm} \\ &= 9.42 \text{ mm} = 0.942 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya pemotongan} &= 0.942 \text{ cm} \times 4 \times 5 \times \text{Rp } 25,- \\ &= \mathbf{\text{Rp. } 471} \end{aligned}$$

Pembuatan lubang baut : *drill*

$$\emptyset = 3 \text{ mm}$$

$$\text{Kedalaman} = 3 \text{ mm}$$

$$\text{Banyak Lubang} = 2 \text{ buah}$$

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

$$\begin{aligned} \text{Keliling} &= 2\pi r \\ &= 2 \times 3.14 \times 1.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 9.42 \text{ mm} = 0.942 \text{ cm}$$

Biaya pemotongan = $0.942 \text{ cm} \times 3 \times 2 \times \text{Rp } 25,-$
= **Rp. 141,3**

Pembuatan lubang baut : *drill*

$$\emptyset = 3 \text{ mm}$$

$$\text{Kedalaman} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Banyak Lubang} = 2 \text{ buah}$$

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

$$\begin{aligned} \text{Keliling} &= 2\pi r \\ &= 2 \times 3.14 \times 1.5 \text{ mm} \\ &= 9.42 \text{ mm} = 0.942 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya pemotongan} &= 0.942 \text{ cm} \times 2 \times 5 \times \text{Rp } 25,- \\ &= \mathbf{Rp. 235,5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya pembuatan} &= \mathbf{Rp. 48600} + \mathbf{Rp. 18900} + \mathbf{Rp. 57300} \\ &\quad + \mathbf{Rp. 471} + \mathbf{Rp. 141,3} + \mathbf{Rp. 235,5} \\ &= \mathbf{Rp. 125647,8} \end{aligned}$$

2. *Bracket* transmisi

- Material
 - Panjang = 79 mm
 - Lebar = 60 mm
 - Tebal = 6 mm
 - Harga /m² = Rp. 675000,-

$$\text{Material alas} = 4740 \text{ mm}^2 = 0.00474 \text{ m}^2$$

$$\text{Harga material alas} = \text{Rp. 675000,-} \times 0.00474 \text{ m}^2$$

= Rp. 3199,5

Panjang = 78 mm
 Lebar = 60 mm
 Tebal = 6 mm
 Harga /m² = Rp. 675000,-

Material = 4680 mm² = 0.00474 m²
 Harga material = Rp. 675000,- x 0.00468 m²
= Rp. 3159

Pembuatan lubang baut : *drill*

Ø = 3 mm
 Kedalaman = 6 mm
 Banyak Lubang = 2 buah

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = $2\pi r$
 = $2 \times 3.14 \times 1,5 \text{ mm}$
 = 9,24 mm = 0,924 cm

Biaya *drilling* = 0,924 cm x 6 x 2 x Rp 25,-
= Rp. 277,2

Pemotongan : *Laser cutting*

Pemotongan dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

Keliling alas = (79 mm x 2) + (60 mm x 4) + (78 mm x 2)
 = 554 mm = 55,4 cm

$$\begin{aligned} \text{Biaya pemotongan} &= 55,4 \text{ cm} \times 6 \times \text{Rp } 25,- \\ &= \mathbf{\text{Rp. } 8310} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya } \textit{bracket} \text{ flowmeter} &= \mathbf{\text{Rp. } 3199,5} + \mathbf{\text{Rp. } 3159} + \mathbf{\text{Rp. } 277,2} + \\ &\quad \mathbf{\text{Rp. } 8310} \\ &= \mathbf{\text{Rp } 8657,6} \end{aligned}$$

3. *Bracket* flowmeter

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 40 \text{ mm} \\ \text{Lebar} &= 30 \text{ mm} \\ \text{Tebal} &= 8 \text{ mm} \\ \text{Harga /m}^2 &= \text{Rp. } 850000,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Material} &= 1200 \text{ mm}^2 = 0.0012 \text{ m}^2 \\ \text{Harga material} &= \text{Rp. } 850000,- \times 0.0012 \text{ m}^2 \\ &= \mathbf{\text{Rp. } 1020} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 116,2 \text{ mm} \\ \text{Lebar} &= 40 \text{ mm} \\ \text{Tebal} &= 6 \text{ mm} \\ \text{Harga /m}^2 &= \text{Rp. } 675000,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Material} &= 4648 \text{ mm}^2 = 0.004648 \text{ m}^2 \\ \text{Harga material} &= \text{Rp. } 675000,- \times 0.004648 \text{ m}^2 \\ &= \mathbf{\text{Rp. } 3137,4} \end{aligned}$$

Pemotongan : *Laser cutting*

Pemotongan dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

$$\begin{aligned} \text{Keliling alas} &= (40 \text{ mm} \times 2) + (30 \text{ mm} \times 2) \\ &= 140 \text{ mm} = 14 \text{ cm} \\ \text{Biaya pemotongan} &= 14 \text{ cm} \times 8 \times \text{Rp } 25,- \\ &= \mathbf{\text{Rp. } 2800} \end{aligned}$$

Pemotongan : *Laser cutting*

Pemotongan dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

$$\begin{aligned} \text{Keliling alas} &= (40 \text{ mm} \times 2) + (116,2 \text{ mm} \times 2) \\ &= 312,4 \text{ mm} = 31,24 \text{ cm} \\ \text{Biaya pemotongan} &= 31,24 \text{ cm} \times 6 \times \text{Rp } 25,- \\ &= \mathbf{\text{Rp. } 4686} \end{aligned}$$

Pemotongan : *Laser cutting*

Pemotongan dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

$$\begin{aligned} \text{Keliling} &= (40 \text{ mm} \times 2) + (116,2 \text{ mm} \times 2) \\ &= 312,4 \text{ mm} = 31,24 \text{ cm} \\ \text{Biaya pemotongan} &= 31,24 \text{ cm} \times 6 \times \text{Rp } 25,- \\ &= \mathbf{\text{Rp. } 4686} \end{aligned}$$

Pembuatan lubang flowmeter : *drill*

$$\emptyset = 18 \text{ mm}$$

$$\text{Kedalaman} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Banyak Lubang} = 2 \text{ buah}$$

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

$$\text{Keliling alas} = 2\pi r$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times 3.14 \times 9 \text{ mm} \\
 &= 56.52 \text{ mm} = 5.652 \text{ cm} \\
 \text{Biaya drilling} &= 5.652 \text{ cm} \times 5 \times 2 \times \text{Rp } 25,- \\
 &= \mathbf{\text{Rp. } 1413,-}
 \end{aligned}$$

Pembuatan lubang kepala baut : *drill*

$$\begin{aligned}
 \emptyset &= 6 \text{ mm} \\
 \text{Kedalaman} &= 4 \text{ mm} \\
 \text{Banyak Lubang} &= 1 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

$$\begin{aligned}
 \text{Keliling alas} &= 2\pi \\
 &= 2 \times 3.14 \times 3 \text{ mm} \\
 &= 18,84 \text{ mm} = 1,884 \text{ cm} \\
 \text{Biaya drilling} &= 1,884 \text{ cm} \times 4 \times \text{Rp } 25,- \\
 &= \mathbf{\text{Rp. } 1884,4}
 \end{aligned}$$

Pembuatan lubang baut : *drill*

$$\begin{aligned}
 \emptyset &= 3 \text{ mm} \\
 \text{Kedalaman} &= 4 \text{ mm} \\
 \text{Banyak Lubang} &= 1 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Drilling dilakukan di jasa pemotongan akrilik dengan biaya Rp 25,-/ cm per 1 mm kedalaman pemotongan.

$$\begin{aligned}
 \text{Keliling alas} &= 2\pi \\
 &= 2 \times 3.14 \times 1,5 \text{ mm} \\
 &= 9,24 \text{ mm} = 0,924 \text{ cm} \\
 \text{Biaya drilling} &= 0,924 \text{ cm} \times 4 \times \text{Rp } 25,- \\
 &= \mathbf{\text{Rp. } 92,4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya } \textit{bracket} \text{ flowmeter} &= \text{Rp. 1020} + \text{Rp. 3137,4} + \text{Rp. 2800} + \\
 &\quad \text{Rp. 4686} + \text{Rp. 1413,-} + \text{Rp. 1884,4} \\
 &\quad + \text{Rp. 92,4} \\
 &= \text{Rp 15033,2}
 \end{aligned}$$

4. *Motor cover*

$$\begin{aligned}
 \text{Material} &= 0,02528 \times \text{Rp 675000} \\
 &= \text{Rp 17064} \\
 \text{Proses pemotongan} &= \text{Rp 25} \times 160,6 \times 6 \\
 &= \text{Rp 24090} \\
 \text{Pembuatan lubang baut} &= \text{Rp 25} \times 0,924 \times 2 \times 6 \\
 &= \text{Rp 277,2} \\
 \text{Total} &= \text{Rp 41431,2}
 \end{aligned}$$

5. *Tube holder*

$$\begin{aligned}
 \text{Material} &= 0,008528 \times \text{Rp 675000} \\
 &= \text{Rp 5756,4} \\
 \text{Proses pemotongan} &= \text{Rp 25} \times 53,32 \times 6 \\
 &= \text{Rp 7998} \\
 \text{Pembuatan lubang baut} &= \text{Rp 25} \times 0,924 \times 4 \times 6 \\
 &= \text{Rp 554,4} \\
 \text{Total} &= \text{Rp 14308,8}
 \end{aligned}$$

6. *Roller tube*

$$\begin{aligned}
 \text{Material pipa akrilik} &= \text{Rp 10735} \\
 \text{Potong pipa akrilik} &= 30 \text{ s} \times 2
 \end{aligned}$$

$$= 60 \text{ s} = 0,017 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah pekerja} &= \text{Rp } 9000 \times 0,017 \text{ jam} \\ &= \text{Rp } 150 \end{aligned}$$

$$\text{Material silinder nylon} = \text{Rp } 7500$$

$$\begin{aligned} \text{Potong nylon} &= 30 \text{ s} \times 3 \\ &= 90 \text{ s} = 0,025 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah pekerja} &= \text{Rp } 9000 \times 0,025 \text{ jam} \\ &= \text{Rp } 225 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{Rp } 10735 + \text{Rp } 150 + \text{Rp } 7500 + \text{Rp } 225 \\ &= \text{Rp } 18610 \end{aligned}$$

7. Baut

$$\text{Dimensi} = \text{M3} \times 0,5 \times 12$$

$$\text{Jumlah} = 13$$

$$\text{Harga} = \text{Rp } 551/\text{pcs}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya baut} &= 13 \times \text{Rp } 551 \\ &= \text{Rp } 7163 \end{aligned}$$

8. Mur

$$\text{Dimensi} = \text{M3} \times 0,5$$

$$\text{Jumlah} = 2$$

$$\text{Harga} = \text{Rp } 418/\text{pcs}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya baut} &= 2 \times \text{Rp } 418 \\ &= \text{Rp } 836 \end{aligned}$$

Tabel 3. 3. Biaya Redesain

No	Komponen	Biaya
1	Alas	125647.8
2	Bracket transmisi	8657.6
3	Bracket flowmeter	15033.2
4	Motor cover	41431.2
5	Tube holder	14308.8
6	Roller tube	18610
7	Baut	7163
8	Mur	836
9	Lem akrilik	8000
Total		239687.6

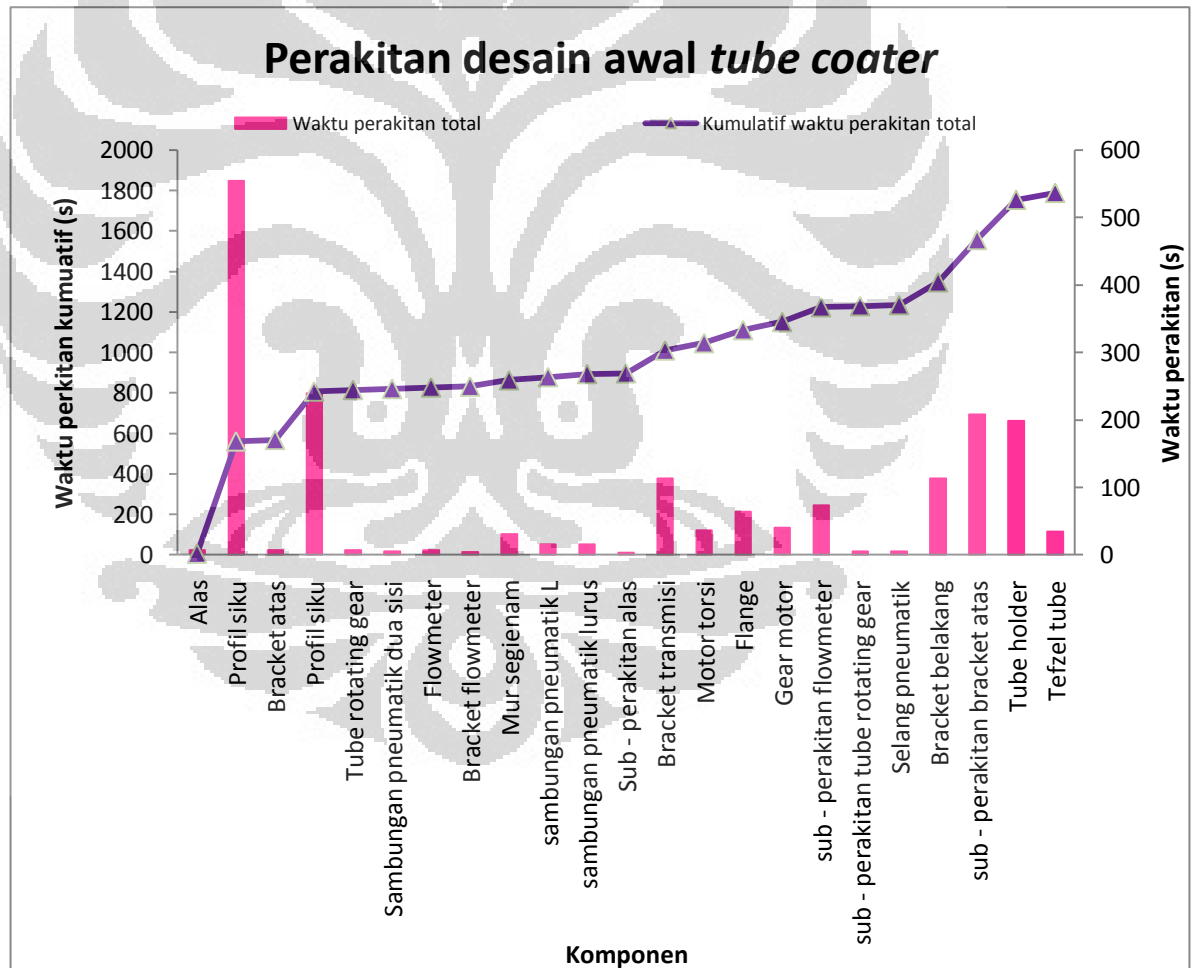
BAB 4

ANALISIS PENERAPAN DFA *TUBE COATER*

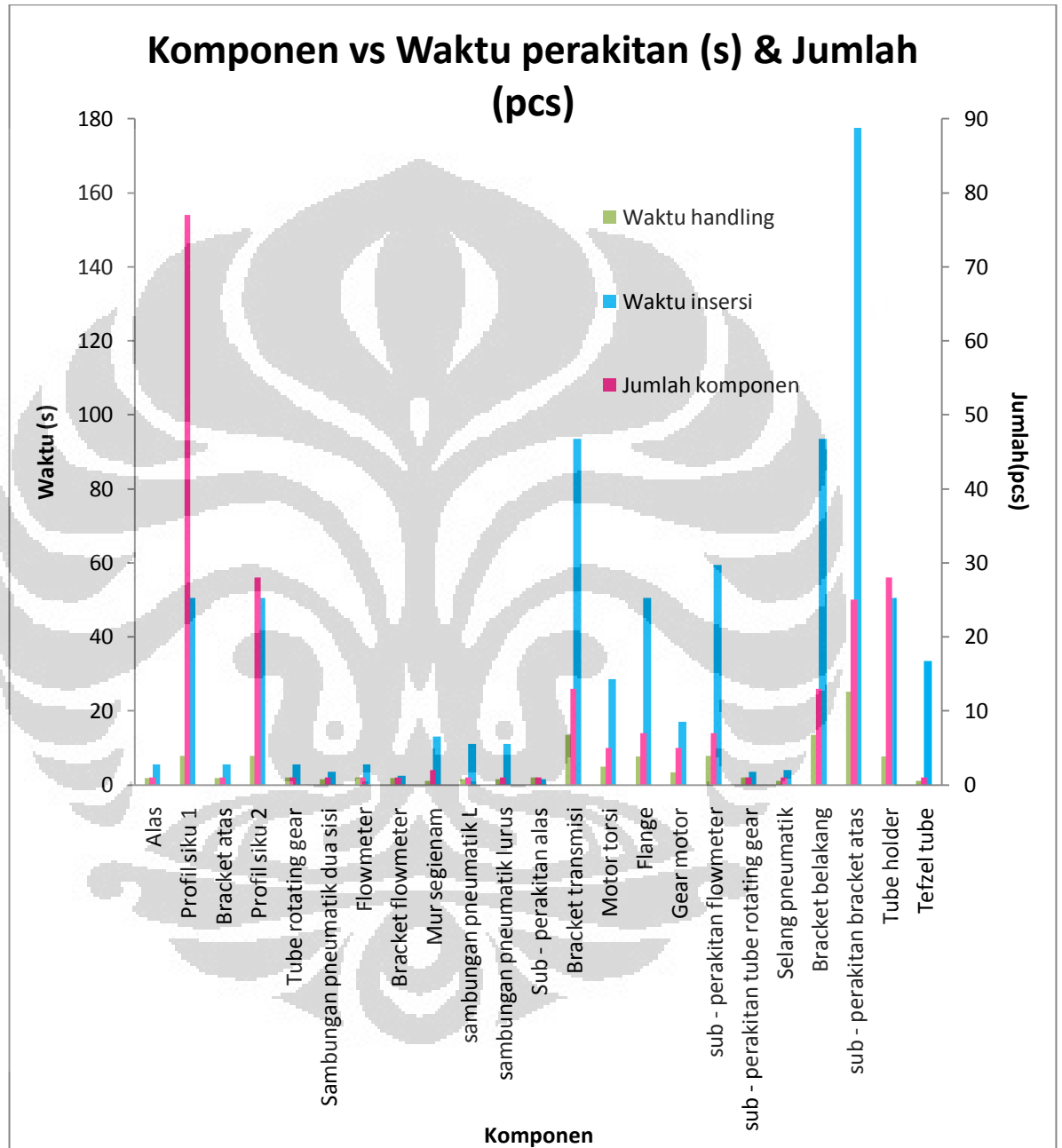
4.1 Analisis Desain Awal *Tube Coater*

4.1.1 Pemilihan Komponen Potensial Redesain

Gambar 4.1, merupakan grafik waktu perakitan desain awal tube coater. Tinggi grafik waktu yang diperlukan oleh merupakan penggabungan dari waktu handling, insersi, dan operasi terpisah yang diperlukan untuk merakit komponen tersebut pada komponen lain pada produk.



Gambar 4.1. Grafik perakitan desain awal tube coater



Gambar 4. 6. Grafik komponen vs. waktu perakitan & jumlah

Contohnya pada perakitan bracket transmisi diperlukan empat buah baut, mur, dan operasi terpisah yaitu *mechanical fastening*. Begitu pula dengan perakitan komponen lain. Untuk lebih jelasnya dapat melihat tabel 3.1 mengenai urutan perakitan pada bab 3.

Berdasarkan grafik waktu perakitan desain awal tube coater, diketahui bahwa perakitan profil siku pada komponen alas yang akan menjadi sub – perakitan alas, memerlukan waktu perakitan yang paling lama dibanding komponen lain. Berdasarkan grafik komponen vs waktu perakitan & jumlah, diketahui bahwa lamanya perakitan profil siku pada komponen alas dipengaruhi oleh jumlah komponen yang banyak dan waktu insersi yang tinggi.

Grafik komponen vs waktu perakitan & jumlah pada gambar 4.2 menunjukkan waktu handling, insersi, dan jumlah komponen yang dirakit, beserta komponen *fastening* dan operasi terpisah yang diperlukan.

4.1.2 Analisis Komponen Potensial Redesain

Tabel 4. 4. Analisis *handling* dan insersi komponen desain awal

Analisis <i>Handling</i> komponen				
No.	Komponen	Problem	Rekomendasi solusi	Perkiraan penghematan waktu (s)
1	Baut	<ul style="list-style-type: none"> Merupakan komponen <i>fastener</i>. Memiliki $\alpha + \beta = 360$, <i>thickness</i> > 2 mm, <i>size</i> > 15 mm, mudah di<i>handling</i> menggunakan satu tangan tanpa alat bantu. Sehingga memiliki kode <i>handling</i> 10, dengan waktu 1.5 s. Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 	Minimalisir	1.5 s x jumlah yang dihilangkan
2	Mur	<ul style="list-style-type: none"> Merupakan komponen 	Minimalisir	1.43 s x

		<p><i>fastener</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memiliki $\alpha+\beta < 360$, <i>thickness</i> >2 mm, 6 mm \leq <i>size</i> > 15 mm, mudah di<i>handling</i> menggunakan satu tangan tanpa alat bantu. Sehingga memiliki kode <i>handling</i> 01, dengan waktu 1.43 s. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 		jumlah yang dihilangkan
3	Profil siku	<ul style="list-style-type: none"> • Perakitan profil siku melibatkan komponen lain sebagai fastener yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>, sehingga jumlah komponen untuk merakit komponen ini menjadi banyak dan memerlukan waktu <i>handling</i> yang besar. • Profil siku memiliki $\alpha+\beta = 720$, <i>thickness</i> >2 mm, <i>size</i> > 15 mm, mudah di<i>handling</i> menggunakan satu tangan tanpa alat bantu. Sehingga memiliki kode <i>handling</i> 30, dengan waktu 1.95 s. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i> 	Fungsi profil siku dapat digantikan oleh komponen alas yang dimodifikasi sehingga waktu <i>handling</i> untuk komponen ini dapat dihilangkan.	9.76
4	Sub – perakitan flowmeter	<ul style="list-style-type: none"> • Perakitan sub – perakitan flowmeter melibatkan komponen lain sebagai fastener yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>, sehingga jumlah komponen untuk merakit komponen ini menjadi banyak dan memerlukan waktu <i>handling</i> yang besar. • Sub – perakitan flowmeter memiliki $\alpha+\beta = 720$, 	Bracket flowmeter yang dimodifikasi dapat menghemat waktu perakitan komponen – komponen yang tergabung dalam sub – perakitan ini sehingga sub – perakitan tidak diperlukan lagi dan menghilangkan waktu <i>handling</i> komponen	4.88

		<i>thickness</i> >2 mm, <i>size</i> > 15 mm, mudah di <i>handling</i> menggunakan satu tangan tanpa alat bantu. Sehingga memiliki kode <i>handling</i> 30, dengan waktu 1.95 s.	ini.	
5	<i>Bracket transmisi</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Perakitan <i>bracket</i> transmisi melibatkan komponen lain sebagai fastener yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>, sehingga jumlah komponen untuk merakit komponen ini menjadi banyak dan memerlukan waktu <i>handling</i> yang besar. • <i>Bracket</i> transmisi memiliki $\alpha+\beta = 540$, <i>thickness</i> >2 mm, <i>size</i> > 15 mm, mudah di<i>handling</i> menggunakan satu tangan tanpa alat bantu. Sehingga memiliki kode <i>handling</i> 20, dengan waktu 1.8 s. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 	Bracket transmisi dan alas yang dimodifikasi dapat meminimalisir waktu <i>handling</i> yang diperlukan untuk komponen <i>fastener</i> .	2.93
6	<i>Flange</i>	Memiliki $\alpha+\beta = 540$, <i>thickness</i> >2 mm, <i>size</i> > 15 mm, mudah di <i>handling</i> menggunakan satu tangan tanpa alat bantu. Sehingga memiliki kode <i>handling</i> 20, dengan waktu 1.8 s.	Fungsi flange sama dengan bearing standar sehingga flange dapat diganti dengan bearing yang sesuai walaupun diperlukan perhitungan biaya dan pendesainan ulang komponen – komponen lain yang berinteraksi dengan komponen <i>flange</i> .	0.67
7	<i>Bracket belakang</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Perakitan <i>bracket</i> belakang melibatkan komponen lain sebagai fastener yaitu baut, 	Memodifikasi bentuk komponen <i>bracket</i> belakang	4.73

		<p>mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>, sehingga jumlah komponen untuk merakit komponen ini menjadi banyak dan memerlukan waktu handling yang besar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Bracket</i> belakang memiliki $\alpha+\beta = 540$, <i>thickness</i> >2 mm, <i>size</i> > 15 mm, mudah dihandling menggunakan satu tangan tanpa alat bantu. Sehingga memiliki kode <i>handling</i> 20, dengan waktu 1.8 s. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 		
8	Sub – perakit bracket atas	<ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan fastener dalam perakitan yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>. • Memiliki $\alpha+\beta = 540$, <i>thickness</i> >2 mm, <i>size</i> > 15 mm, mudah dihandling menggunakan satu tangan tanpa alat bantu. Sehingga memiliki kode <i>handling</i> 20, dengan waktu 1.8 s. 	Memodifikasi komponen bracket atas.	4.73
9	<i>Tube holder</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah komponen banyak. • Memerlukan fastener dalam perakitan yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>. • <i>Bracket</i> transmisi memiliki $\alpha+\beta = 540$, <i>thickness</i> >2 mm, <i>size</i> > 15 mm, mudah dihandling menggunakan satu tangan tanpa alat bantu. Sehingga memiliki kode <i>handling</i> 20, dengan waktu 1.8 s. • Tidak memenuhi syarat 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi jumlah komponen <i>tube holder</i>. • Memodifikasi komponen alas. • Memodifikasi komponen <i>tube holder</i>. 	7.66

		<i>minimum part count.</i>		
10	Motor torsi	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar. • Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran • Memenuhi syarat <i>minimum part count.</i> 	Dipertahankan	0
11	<i>Gear motor</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar. • Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran • Memenuhi syarat <i>minimum part count.</i> 	Dipertahankan	0
12	<i>Tube rotating gear</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar. • Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran • Memenuhi syarat <i>minimum part count.</i> 	Dipertahankan	0
13	Flowmeter	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar. • Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran. • Memenuhi syarat <i>minimum part count.</i> 	Dipertahankan	0
14	Sub – perakitan alas	<ul style="list-style-type: none"> • Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran. • Dapat diuraikan perakitan komponen 	Menghilangkan sub – perakitan alas	1.95
15	Sub – perakitan <i>tube rotating gear</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran. 	Harus dipertahankan	0
16	Alas	Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran.	Modifikasi komponen	1.8
17	<i>Bracket atas</i>	Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran.	Modifikasi komponen	1.8
18	Sambungan pneumatik dua sisi	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar. • Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran. • Memenuhi syarat <i>minimum part count.</i> 	Harus dipertahankan	0
19	Sambunga pneumatik	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar. • Parameter <i>handling</i> tertera 	Harus dipertahankan	0

	L	pada lampiran. • Memenuhi syarat <i>minimum part count</i> .		
20	Sambungan pneumatik lurus	• Komponen standar. • Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran. • Memenuhi syarat <i>minimum part count</i> .	Harus dipertahankan	0
21	Mur segienam	• Komponen standar. • Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i> .	Memilih mekanisme <i>fastening</i> lain	1.13
22	Selang pneumatik	• Komponen standar. • Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i> .	Dipertahankan	0
23	Tefzel tube	• Komponen standar. • Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran. • Memenuhi syarat <i>minimum part count</i> .	Dipertahankan	0
Analisis insersi komponen				
No.	Komponen	Problem	Rekomendasi solusi	Perkiraan penghematan waktu (s)
1	Baut	• Merupakan komponen <i>fastener</i> . • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i> .	Minimalisir	X
2	Mur	• Merupakan komponen <i>fastener</i> . • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i> .	Minimalisir	X

3	Profil siku	<ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan fastener dalam perakitanannya yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>. • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i> 	Fungsi profil siku dapat digantikan oleh komponen alas yang dimodifikasi sehingga waktu insersi untuk komponen ini dapat dihilangkan.	101
4	Sub – perakit flowmeter	<ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan fastener dalam perakitanannya yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>. • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 	Modifikasi komponen <i>bracket</i> flowmeter dan alas	59.5
5	<i>Bracket</i> transmisi	<ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan fastener dalam perakitanannya yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>. • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 	Memodifikasi <i>bracket</i> transmisi dan alas	93.5
6	<i>Flange</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan fastener dalam perakitanannya yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>. • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 	Memodifikasi <i>bracket</i> transmisi	1
7	<i>Bracket</i> belakang	<ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan fastener dalam perakitanannya yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>. • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 	Memodifikasi bentuk komponen <i>bracket</i> belakang	93.5
8	Sub –	<ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan fastener dalam 	Menghilangkan sub –	177.5

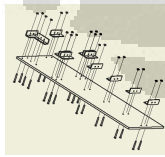
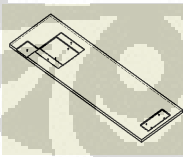
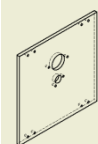
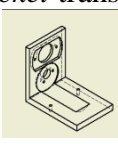


	perakitan <i>bracket</i> atas	perakitannya yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i> . <ul style="list-style-type: none"> • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 	perakitan <i>bracket</i> atas.	
9	<i>Tube holder</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan fastener dalam perakitannya yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>. • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi jumlah komponen <i>tube holder</i>. • Memodifikasi komponen alas. • Memodifikasi komponen <i>tube holder</i>. 	26.3
10	Motor torsi	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar • Memerlukan fastener dalam perakitannya yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>. • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 	Memodifikasi <i>bracket</i> transmisi	1
11	<i>Gear</i> motor	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar • Memerlukan fastener dalam perakitannya yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>. • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 	Dipertahankan	0
12	<i>Tube rotating gear</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar • Memerlukan fastener dalam perakitannya yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening</i>. • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Memenuhi syarat <i>minimum</i> 	Dipertahankan	0

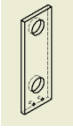
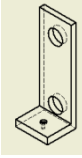
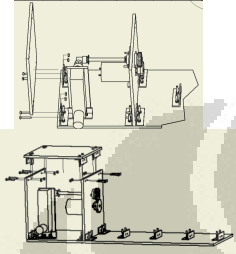
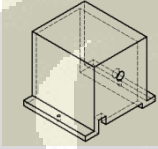

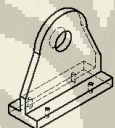


		<i>part count.</i>		
13	Flowmeter	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar • Memerlukan fastener dalam perakitannya yaitu baut, mur, dan disertai oleh <i>mechanical fastening.</i> • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Memenuhi syarat <i>minimum part count.</i> 	Dipertahankan	0
14	Sub – perakitan alas	<ul style="list-style-type: none"> • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. 	Menghilangkan sub – perakitan alas	1.5
15	Sub – perakitan <i>tube rotating gear</i>	Parameter - parameter insersi komponen terlampir.	Dipertahankan	0
16	Alas	Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran.	Modifikasi komponen	1.5
17	<i>Bracket</i> atas	Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran.	Modifikasi komponen	5.5
18	Sambungan pneumatik dua sisi	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar. • Parameter <i>handling</i> tertera pada lampiran. • Memenuhi syarat <i>minimum part count.</i> 	Dipertahankan	0
19	Sambunga pneumatik L	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar • Memerlukan <i>mechanical fastening.</i> • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Memenuhi syarat <i>minimum part count.</i> 	Dipertahankan	0
20	Sambungan pneumatik lurus	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar • Memerlukan <i>mechanical fastening.</i> • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Memenuhi syarat <i>minimum part count.</i> 	Dipertahankan	0

21	Mur segienam	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar • Memerlukan <i>mechanical fastening</i>. • Parameter - parameter insersi komponen terlampir. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 	Memilih mekanisme <i>fastening</i> lain	13
22	Selang pneumatik	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar. • Parameter insersi tertera pada lampiran. • Tidak memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 	Dipertahankan	0
23	Tefzel tube	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen standar. • Parameter insersi tertera pada lampiran. • Memenuhi syarat <i>minimum part count</i>. 	Memodifikasi <i>tube holder</i>	23

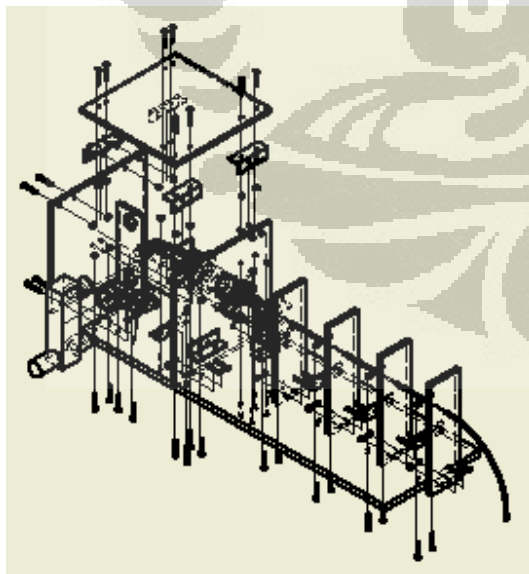
4.2 Analisis Perubahan Desain Komponen *Tube Coater*

Tabel 4. 5. Analisis perubahan desain komponen

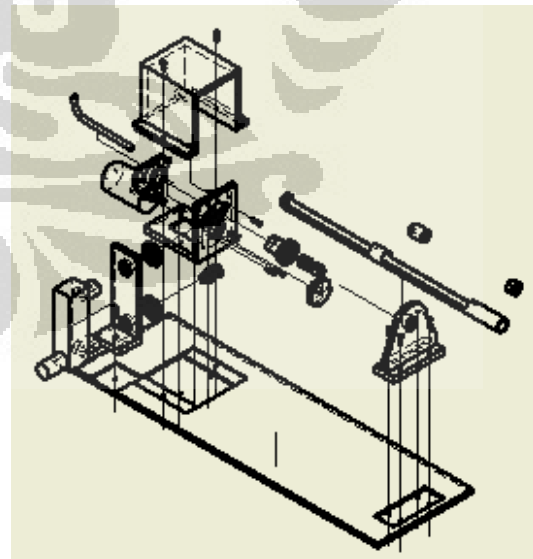
No.	Desain Awal	Redesain	Keterangan	<i>Saving Time</i> (s)
1	<p>Alas</p> 	<p>Alas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengeliminasi 11 profil siku, 22 baut, 22 mur, 22 <i>mechanical fastening</i>. • Memudahkan insersi komponen – komponen yang dirakit di atasnya • Redesain alas menjadi datum dan komponen lain dirakit di atasnya. • Mengurangi reorientasi 	654.51
2	<p><i>Bracket transmisi</i></p> 	<p><i>Bracket transmisi</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengeliminasi 2 baut, 4 mur, dan 2 <i>mechanical fastening</i>. • Memudahkan insersi komponen motor torsi dan flange 	62.72
3	<p><i>Bracket flowmeter</i></p> 	<p><i>Bracket flowmeter</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengeliminasi 1 baut, 2 mur, dan 2 <i>mechanical fastening</i>. 	30.31

			<ul style="list-style-type: none"> • Memudahkan insersi komponen baut di atasnya. • Menghilangkan sub – perakitan <i>bracket</i> flowmeter pada desain awal. 	
4	<p><i>Motor cover</i></p> 	<p><i>Motor cover</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Menggabungkan komponen <i>bracket</i> atas dan belakang. • Mengeliminasi 10 baut, 12 mur, dan 10 <i>mechanical fastening</i>. • Memudahkan insersi komponen baut di atasnya. • Menghilangkan sub – perakitan <i>bracket</i> atas. 	368.2
5	<p><i>Tube holder</i></p> 	<p><i>Tube holder</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengeliminasi 8 mur. • Bentuk redesain mempermudah insersi komponen pada komponen alas. 	3.12
6	<p><i>Roller tube</i></p> 	<p><i>Roller tube</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mempermudah insersi <i>tefzel tube</i>. • Mengeliminasi 2 komponen tube holder. 	4.29

4.3 Komparasi Desain Awal & Redesain *Tube Coater*



Gambar 4. 7. Perakitan desain awal *tube coater*



Gambar 4. 4. Perakitan redesain *tube coater*

4.4 Komparasi Komponen Desain Awal & Redesain *Tube Coater*

Tabel 4. 6. Komparasi desain awal & redesain *tube coater*

No.	Komparasi	Desain awal	Redesain
1	Jumlah komponen	226	93
2	Min. Part count	10	11
3	Total waktu perakitan	1921.86	675.74
4	DFA indeks	0.016	0.049
5	Biaya DFM	Rp 314719,21	Rp 239687,6
6	Biaya Perakitan	Rp 4804,65	Rp 1689,35

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Desain dengan memperhatikan parameter – parameter DFA dapat memudahkan manusia pada proses perakitan manual. Penerapan DFA mereduksi jumlah komponen sebanyak 133 komponen, waktu perakitan tereduksi 1246.12 s, meningkatnya DFA indeks sebanyak 30 %, dan menghemat Rp 78146,91.

Saran

Hasil yang didapat merupakan analisa pada perakitan, sedangkan untuk pembuatan *tube coater* ini dapat diterapkan aplikasi *Design for Manufacturing* untuk mendapat biaya serta waktu dalam proses pembuatannya. Penelitian selanjutnya diharapkan bisa dapat lebih mendetail, seperti ke bagian sistem kelistrikan dan isolasi yang lebih baik.

REFERENSI

- [1]. Bio – Rad. *Helios Gene Gun System Instruction Manual*. Catalog Numbers 165 – 2431 & 165 – 2432.
- [2]. Boothroyd, G., & Dewhurst, P. (2002). *Product Design for Manufacture and Assembly* (2nd Edition ed.). New York: Marcel Dekker, Inc.
- [3]. John A. O'Brien *et al.*, Modification to Hand Held Gene Gun Improvements for In Vitro Biolistic Transfection of Organotypic Neural tissue.
- [4]. John A. O'Brien *et al.*, Biolistic : Incorporating Fluorescent Dyes Into Biological Samples Using A Gene Gun. TIBTEC 561; No of Pages 5.
- [5]. McCabe *et al.*, 1998, *Method and Apparatus for Preparing Sample Cartridges for Particle Acceleration Device*. United States Patent, 5780100.
- [6]. Purwadi, Tri. (2012). *Penerapan Desain untuk Perakitan (DFA) pada Perakitan Coolbox Sepeda Motor*. Indonesia: Universitas Indonesia.
- [7]. Stanford, J. C., Devit, M. J., Russel, J. A., Smith, F. D., Harpending, P. R., Roy, M. K. and Johnston, S. A., An Improved, Helium – Driven Biolistic Device, *Technique*, 3, 3 – 16 (1991).

<http://cvbinasejahteraco.indonetwork.co.id/1499155/jual-acrylik-acrylic-acrilik-acrilic.htm>, diunduh 1 September 2012, 9.10 WIB.

<http://info-bangunan.blogspot.com/2012/08/harga-besi-2012.html>, diunduh 1 September 2012, 11.02 WIB.

<http://www.anekamaju.com/penampung-tangki-air/112-mata-gergaji-besi-sandflex-12-300mm.html>, diunduh 1 September 2012, 11.11 WIB.

<http://sariful.com/umr-2012-untuk-daerah-dki-jakarta-depok-bogor-tangerang-bekasi-dan-daerah-lainnya-di-indonesia.html>, diunduh 1 September 2012, 11.20 WIB.

http://id.bestconverter.org/unitconverter_length.php, diunduh 1 September 2012, 11.22
WIB.

http://vikingdrill.com/Feed_Speed_Face.html, diunduh 1 September 2012, 11.27 WIB.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel *Handling* Boothroyd Dewhurst

Boothroyd, G., & Dewhurst, P. (2002). *Product Design for Manufacture and Assembly* (2nd Edition ed.). New York: Marcel Dekker, Inc.

Manual handling: estimated times (seconds)

Key:

ONE HAND

		Parts are easy to grasp and manipulate					Parts present handling difficulties (1)					
		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	$(\alpha + \beta) < 360^\circ$	0	1.13	1.43	1.88	1.69	2.18	1.84	2.17	2.65	2.45	2.98
	$360^\circ \leq (\alpha + \beta) < 540^\circ$	1	1.5	1.8	2.25	2.06	2.55	2.25	2.57	3.06	3	3.38
	$540^\circ \leq (\alpha + \beta) < 720^\circ$	2	1.8	2.1	2.55	2.36	2.85	2.57	2.9	3.38	3.18	3.7
	$(\alpha + \beta) = 720^\circ$	3	1.95	2.25	2.7	2.51	3	2.73	3.06	3.55	3.34	4

ONE HAND with GRASPING AIDS

		Parts need tweezers for grasping and manipulation										
		Parts can be manipulated without optical magnification					Parts require optical magnification for manipulation					
		Parts are easy to grasp and manipulate		Parts present handling difficulties (1)			Parts are easy to grasp and manipulate		Parts present handling difficulties (1)			
		Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Parts need standard tools other than tweezers	Parts need special tools for grasping and manipulation	
		0	1	2	3	4	5	6	7			8
Parts can be grasped and manipulated by one hand but only with the use of grasping tools	$0 \leq \beta \leq 180^\circ$	4	3.6	6.85	4.35	7.6	5.6	8.35	6.35	8.6	7	7
	$\beta = 360^\circ$	5	4	7.25	4.75	8	6	8.75	6.75	9	8	8
	$\alpha \leq \beta \leq 180^\circ$	6	4.8	8.05	5.55	8.8	6.8	9.55	7.55	9.8	8	9
	$\beta = 360^\circ$	7	5.1	8.35	5.85	9.1	7.1	9.55	7.85	10.1	9	10

TWO HANDS for MANIPULATION

		Parts present no additional handling difficulties					Parts present additional handling difficulties (e.g. sticky, delicate, slippery, etc.) (1)					
		$\alpha \leq 180^\circ$			$\alpha = 360^\circ$		$\alpha \leq 180^\circ$			$\alpha = 360^\circ$		
		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 severely nest or tangle or are flexible but can be grasped and lifted by one hand (with the use of grasping tools if necessary) (2)		8	4.1	4.5	5.1	5.6	6.75	5	5.25	5.85	6.35	7

TWO HANDS or assistance required for LARGE SIZE

		Parts can be handled by one person without mechanical assistance											
		Parts do not severely nest or tangle and are not flexible											
		Part weight <10 lb					Parts are heavy (>10 lb)						
		Parts are easy to grasp and manipulate		Parts present other handling difficulties (1)			Parts are easy to grasp and manipulate		Parts present other handling difficulties (1)				
		$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	Parts severely nest or tangle or are flexible (2)	Two persons or mechanical assistance required for parts manipulation
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Two hands, two persons or mechanical assistance required for grasping and transporting parts		9	2	3	2	3	3	4	4	5	7	9	

Lampiran 2. Tabel Inseri Boothroyd Dewhurst

Boothroyd, G., & Dewhurst, P. (2002). *Product Design for Manufacture and Assembly* (2nd Edition ed.). New York: Marcel Dekker, Inc.

Manual insertion: estimated times (seconds)

Key:
 PART ADDED but NOT SECURED
 PART SECURED IMMEDIATELY
 SEPARATE OPERATION
 Assembly processes where all wind parts are in place

		Alter assembly no holding down required to maintain orientation and location (3)				Holding down required during subsequent processes to maintain orientation at location (3)					
		Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly		Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly			
		No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)		
		0	1	2	3	6	7	8	9		
Addition of any part (1) where neither the part itself nor any other part is finally secured immediately	Part and associated tool (including hands) can easily reach the desired location	0	1.5	2.5	2.5	3.5	5.5	6.5	6.5	7.5	
	Due to obstructed access or restricted vision (2)	1	4	5	5	6	8	9	9	10	
	Due to obstructed access and restricted vision (2)	2	5.5	6.5	6.5	7.5	9.5	10.5	10.5	11.5	
Addition of any part (1) where the part itself and/or other parts are being finally secured immediately	Part and associated tool (including hands) can easily reach the desired location and the tool can be operated easily	3	2	5	4	5	6	7	8	8	
	Due to obstructed access or restricted vision (2)	4	4.5	7.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	
	Due to obstructed access and restricted vision (2)	5	6	9	8	9	10	11	12	13	
SEPARATE OPERATION	Mechanical fastening processes (part(s) already in place but not secured immediately after insertion)	None or localized plastic deformation				Non mechanical fastening processes (part(s) already in place but not secured immediately after insertion)				Non fastening processes	
	Bending or similar processes	Riveting or similar processes	Screw tightening or other processes	Bulk plastic deformation (large proportion of part is plastically deformed during fastening)	Metallurgical processes		Additional material required		Chemical processes (e.g. adhesive bonding, etc.)	Manipulation of parts or sub-assembly (e.g. orienting, fitting or adjustment of parts), etc.)	Other processes (e.g. liquid insertion, etc.)
					No additional material required (e.g. resistance, friction welding etc.)	Soldering processes	Weld/brazing processes				
9	4	7	5	12	7	8	12	12	9	12	

Lampiran 3. DFA Worksheet Tube Coater Desain awal

No.	Nama Part	α	β	Num. of Item (RP)	Tool Aquire Time (TA)	Handling Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv.
PERHITUNGAN WAKTU SUB - PERAKITAN ALAS												
1	Alas	180	360	1	0	20	1.8	06	5.5	7.3	0	Hold down
2	Profil Siku	360	360	11	0	30	1.95	08	6.5	92.95	0	Place in fixture
3	Baut	360	0	22	2.9	10	1.5	08	6.5	178.9	0	Add & hold
4	Mur	180	0	22	2.9	01	1.43	49	10.5	265.36	0	Add & screw tightening
5	Mechanical fastening	0	0	22	0	0	0	92	5	110		Operation
Total				78	5.8		6.68		34	654.51	0	

No.	Nama Part	α	β	Num. Of Item (RP)	Tool Aquire Time (TA)	Handling Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv.
TABEL PERHITUNGAN WAKTU PERAKITAN SUB - PERAKITAN BRACKET ATAS TUBE COATER												
1	Bracket atas	180	360	1	0	20	1.8	06	5.5	7.3	0	Hold down
2	Profil Siku	360	360	4	0	30	1.95	08	6.5	33.8	0	Place in fixture
3	Baut	360	0	8	2.9	10	1.5	08	6.5	66.9	0	Add & hold
4	Mur	180	0	8	2.9	01	1.43	49	10.5	98.34	0	Add & screw tightening
5	Mechanical fastening	0	0	8	0	0	0	92	5	40	-	Operation
Total				29	5.8		6.68		34	246.34	0	

No.	Nama Part	α	β	Num. Of Item (RP)	Tool Aquire Time (TA)	Handling Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv.
TABEL PERHITUNGAN WAKTU PERAKITAN SUB - PERAKITAN BRACKET FLOWMETER TUBE COATER												
1	Flowmeter	360	360	1	0	30	1.95	06	5.5	7.45	1	Hold down
2	Bracket Flowmeter	180	360	1	0	20	1.8	02	2.5	4.3	0	Place in fixture

3	Mur segienam	180	0	2	2.9	00	1.13	39	8	21.16	0	Add & screw tightening
4	Sambungan pipa L	360	0	1	2.9	10	1.5	38	6	10.4	1	Add & screw tightening
5	Sambungan pipa lurus	360	0	1	2.9	10	1.5	38	6	10.4	1	Add & screw tightening
6	Mechanical fastening	0	0	4	0	0	0	92	5	20	-	Operation
Total				10	8.7		7.88		33	73.71	3	

No.	Nama Part	α	β	Num. Of Item (RP)	Tool Aquire Time (TA)	Handling Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv.
TABEL PERHITUNGAN WAKTU PERAKITAN SUB - PERAKITAN TUBE ROTATING GEAR TUBE COATER												
1	Tube rotating gear	360	360	1	0	30	1.95	06	5.5	7.45	1	Hold down
2	Sambungan pneumatik dua sisi	360	0	1	0	10	1.5	03	3.5	5	1	Hold down
Total				2	0		3.45		9	12.45	2	

No.	Nama Part	α	β	Num. Of Item (RP)	Tool Aquire Time (TA)	Handling Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv.
TABEL PERHITUNGAN WAKTU PERAKITAN SUB - PERAKITAN BRACKET TRANSMISI TUBE COATER												
1	Sub - perakitan alas	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	0	Place
2	Bracket transmisi	180	360	1	0	20	1.8	06	5.5	7.3	0	Hold down
3	Baut	360	0	4	2.9	10	1.5	08	6.5	34.9	0	Add & hold
4	Mur	180	0	4	2.9	01	1.43	49	10.5	50.62	0	Add & screw tightening
5	Mechanical fastening	0	0	4	0	0	0	92	5	20	-	Operation
6	Motor Torsi	360	360	1	0	30	1.95	08	6.5	8.45	1	Add & hold
7	Baut	360	0	2	2.9	10	1.5	38	6	17.9	0	Add & screw tightening
8	Mechanical fastening	0	0	2	0	0	0	92	5	10	-	Operation
9	Flange	360	180	1	0	20	1.8	08	6.5	8.3	1	Add & hold
10	Baut	360	0	2	2.9	10	1.5	08	6.5	18.9	0	Add
11	Mur	180	0	2	2.9	01	1.43	49	10.5	26.76	0	Add & screw tightening
12	Mechanical fastening	0	0	2	0	0	0	92	5	10	-	Operation
13	Gear motor	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	1	Add
14	Screw fastener	180	0	2	2.9	01	1.4	49	10.5	26.7	0	Add & screw tightening

15	Mechanical fastening	0	0	2	0	0	0	92	5	10	-	Operation
16	Sub - perakitan flowmeter	360	360	1	0	30	1.95	09	7.5	9.45	3	Add & hold
17	Baut	360	0	2	2.9	10	1.5	18	9	23.9	0	Add & hold
18	Mur	180	0	2	2.9	01	1.43	59	12	29.76	0	Add & screw tightening
19	Mechanical fastening	0	0	2	0	0	0	92	5	10	-	Operation
20	Sub - perakitan tube rotating gear	360	360	1	0	30	1.95	03	3.5	5.45	2	Add
21	Selang pneumatik	180	0	1	0	00	1.13	30	4	5.13	1	Operation
22	Bracket belakang	180	360	1	0	20	1.8	06	5.5	7.3	0	Add & hold
23	Baut	360	0	4	2.9	10	1.5	08	6.5	34.9	0	Add & hold
24	Mur	180	0	4	2.9	01	1.43	49	10.5	50.62	0	Add & screw tightening
25	Mechanical fastening	0	0	4	0	0	0	92	5	20	-	Operation
26	Sub - Perakitan Bracket Atas	180	360	1	0	20	1.8	00	1.5	3.3	0	Add & hold
27	Baut	360	0	8	2.9	10	1.5	08	6.5	66.9	0	Add & hold
28	Mur	180	0	8	2.9	01	1.43	49	10.5	98.34	0	Add & screw tightening
29	Mechanical fastening	0	0	8	0	0	0	92	5	40	-	Operation
30	Tube holder	180	360	4	0	20	1.8	08	6.5	33.2	0	Add & hold
31	Baut	360	0	8	2.9	10	1.5	08	6.5	66.9	0	Add
32	Mur	180	0	8	2.9	01	1.43	49	10.5	98.34	0	Add & screw tightening
33	Mechanical fastening	0	0	8	0	0	0	92	5	40	-	Operation
34	Tefzel tube	180	0	1	0	00	1.13	08 & 09	33.5	34.63	1	Operation
Total				107	40.6		41.49		246	934.85	10	

No.	Komponen	Number of. Item	Time (s)
1	Sub - perakitan alas	78	654.51
2	Sub - perakitan flowmeter	10	73.71
3	Sub - perakitan bracket atas	29	246.34
4	Sub - perakitan tube rotating gear	2	12.45
5	Keseluruhan Perakitan	107	934.85
Total		226	1921.86
Ema			0.0156099

Lampiran 4. DFA Worksheet Tube Coater Redesain

No.	Nama Part	α	β	Num. Of Item (RP)	Tool Aquire Time (TA)	Handling Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv.
TABEL PERHITUNGAN WAKTU PERAKITAN SUB - PERAKITAN <i>TUBE ROTATING GEAR TUBE COATER</i>												
1a	Tube rotating gear	360	360	1	0	30	1.95	06	5.5	7.45	1	Hold down
2a	Sambungan pneumatik dua sisi	360	0	1	0	10	1.5	01	2.5	4	1	Hold down
Total				2	0		3.45		8	11.45	2	

No.	Nama Part	α	β	Num. Of Item (RP)	Tool Aquire Time (TA)	Handling Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv.
TABEL PERHITUNGAN WAKTU PERAKITAN SUB - PERAKITAN <i>TUBE HOLDER TUBE COATER</i>												
1	Tube Holder Vertikal	360	360	2	0	30	1.95	06	5.5	14.9	0	Hold down
2	Tube Holder Horizontal	360	360	2	0	30	1.95	00	1.5	6.9	0	Place & Hold Down
3	Adhesive Bonding	0	0	2	0	0	0	97	12	24	-	Operation
Total				6	0		3.9		19	45.8	0	

No.	Nama Part	α	β	Num. Of Item (RP)	Tool Aquire Time (TA)	Handling Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv.
TABEL PERHITUNGAN WAKTU PERAKITAN SUB - PERAKITAN <i>MOTOR CAP TUBE COATER</i>												
1	Motor Cover Atas	180	180	1	0	10	1.5	00	1.5	3	0	Place
2	Motor Cover Samping	180	180	2	0	10	1.5	08	6.5	16	0	Place & Hold Down
3	Adhesive Bonding	0	0	2	0	0	0	97	12	24	-	Operation
4	Motor Cover Belakang	360	360	1	0	30	1.95	08	6.5	8.45	0	Place & Hold Down
5	Adhesive Bonding	0	0	3	0	0	0	97	12	36	-	Operation
6	Motor Cover Rumah Baut	180	360	2	0	20	1.8	08	6.5	16.6	0	Place & Hold Down
7	Adhesive Bonding	0	0	2	0	0	0	97	12	24	-	Operation

Total	13	0	6.75	57	128.05	0
-------	----	---	------	----	--------	---

No.	Nama Part	α	β	Num. Of Item (RP)	Tool Aquire Time (TA)	Handling Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv.
TABEL PERHITUNGAN WAKTU PERAKITAN SUB - PERAKITAN <i>BRACKET FLOWMETER TUBE COATER</i>												
1	Bracket vertikal	360	180	1	0	20	1.8	00	1.5	3.3	0	Place
2	Bracket Horizontal	360	360	1	0	30	1.95	06	5.5	7.45	0	Place & Hold Down
3	Adhesive Bonding	0	0	1	0	0	0	97	12	12	-	Operation
Total				3	0		3.75		19	22.75	0	

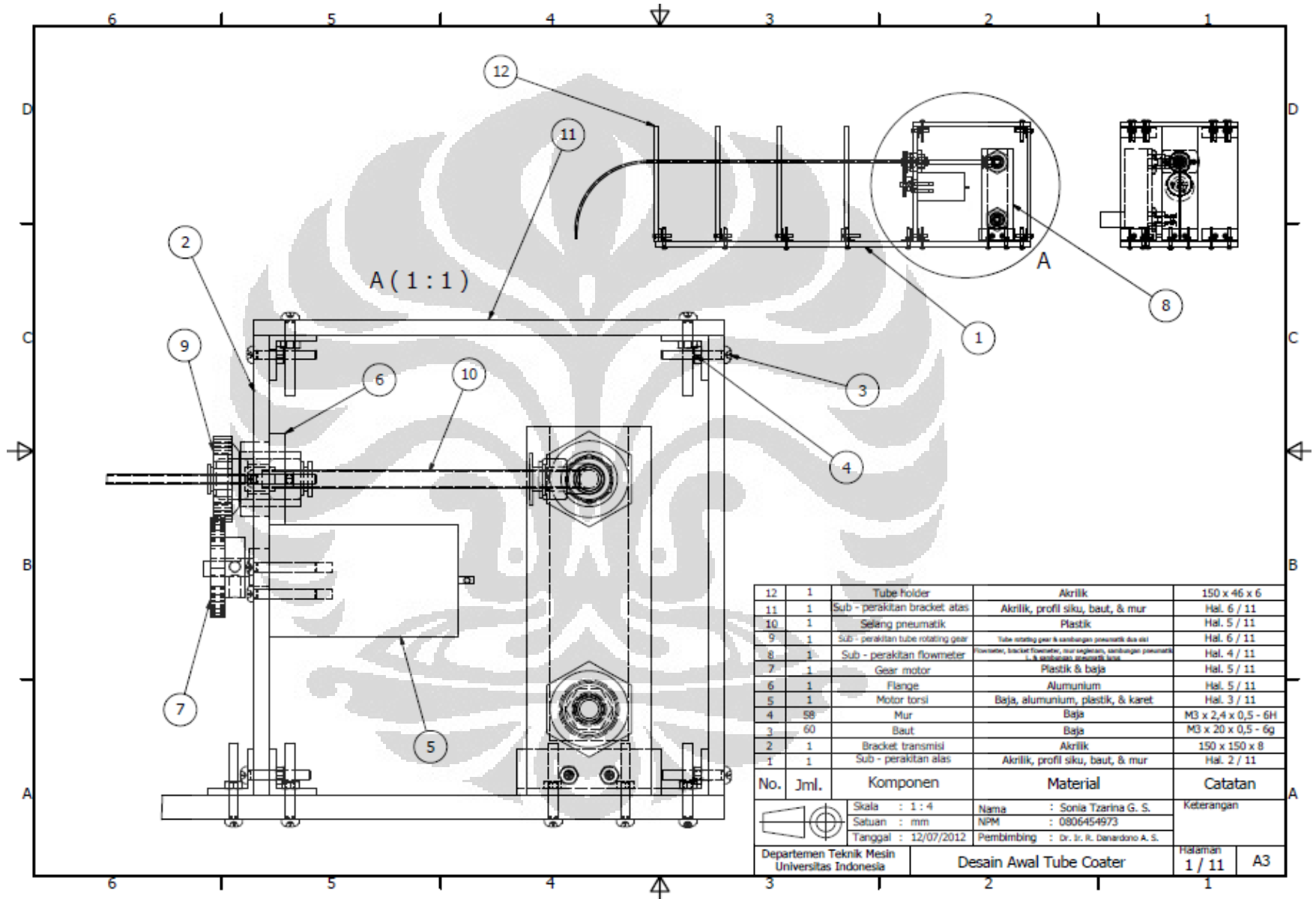
No.	Nama Part	α	β	Num. Of Item (RP)	Tool Aquire Time (TA)	Handling Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv.
TABEL PERHITUNGAN WAKTU PERAKITAN SUB - PERAKITAN <i>PIPA AKRILIK TUBE COATER</i>												
1	Pipa Akrilik	360	360	1	0	30	1.95	06	5.5	7.45	1	Holding down
2	Nylon 1	180	0	1	0	00	1.13	01	2.5	3.63	0	Add
3	Nylon 2	180	0	1	0	00	1.13	01	2.5	3.63	0	Add
Total				3	0		4.21		10.5	14.71	1	

No.	Nama Part	α	β	Num. Of Item (RP)	Tool Aquire Time (TA)	Handling Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv.
TABEL PERHITUNGAN WAKTU PERAKITAN SUB - PERAKITAN <i>BRACKET TRANSMISI TUBE COATER</i>												
1	Bracket Transmisi Vertikal	360	360	1	0	30	1.95	06	5.5	7.45	0	Hold down
2	Bracket Transmisi Horizontal	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	0	Place & Hold Down
3	Adhesive Bonding	0	0	1	0	0	0	97	12	12	-	Operation
Total				3	0		3.9		19	22.9	0	

No.	Nama Part	α	β	Num. Of Item (RP)	Tool Aquire Time (TA)	Handling Code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP* (TH+TI)	Minimum Part Count	Adv.
TABEL PERHITUNGAN WAKTU PERAKITAN KESELURUHAN TUBE COATER												
1	Alas	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	0	Place
2	Sub - Perakitan Bracket Transmisi	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	0	Place
3	Baut	360	0	2	2.9	10	1.5	38	6	17.9	0	Add
4	Mechanical fastening	0	0	2	0	0	0	92	5	10	-	Operation
5	Motor Torsi	360	360	1	0	30	1.95	06	5.5	7.45	1	Add & hold
6	Baut	360	0	2	2.9	10	1.5	38	6	17.9	0	Add & screw tightening
7	Mechanical fastening	0	0	2	0	0	0	92	5	10	-	Operation
8	Gear motor	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	1	Add
9	Screw fastener	180	0	2	2.9	01	1.4	49	10.5	26.7	0	Add & screw tightening
10	Mechanical fastening	0	0	2	0	0	0	92	5	10	-	Operation
11	Flange	360	180	1	0	20	1.8	06	5.5	7.3	1	Add & hold
12	Baut M3 x 12	360	0	2	2.9	10	1.5	08	6.5	18.9	0	Add
13	Mur	180	0	2	2.9	01	1.43	39	8	21.76	0	Add & screw tightening
14	Mechanical fastening	0	0	2	0	0	0	92	5	10	-	Operation
15	Sub - Perakitan Tube Rotating Gear	360	360	1	0	30	1.95	03	3.5	5.45	2	Add
16	Sub - Perakitan Bracket Flowmeter	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	0	Place
17	Baut	360	0	1	2.9	10	1.5	38	6	10.4	0	Add
18	Mechanical fastening	0	0	1	0	0	0	92	5	5	-	Operation
19	Flowmeter	360	360	1	0	30	1.95	06	5.5	7.45	1	Hold down
20	Reorientasi	0	0	1	0	0	0	98	9	9	-	Operation
21	Mur Segienam	180	0	2	2.9	00	1.13	39	8	21.16	0	Add & screw tightening
22	Mechanical fastening	0	0	2	0	0	0	92	5	10	-	Operation
23	Sambungan Pneumatik Lurus	360	0	1	2.9	10	1.5	38	6	10.4	1	Add & screw tightening
24	Sambungan Pneumatik L	360	0	1	2.9	10	1.5	38	6	10.4	1	Add & screw tightening
25	Mechanical fastening	0	0	2	0	0	0	92	5	10	-	Operation
26	Selang pneumatik	180	0	1	0	00	1.13	30	4	5.13	1	Operation
27	Sub - Perakitan Motor Cover	360	360	1	0	30	1.95	00	1.5	3.45	0	Place in Fixture
28	Sub - Perakitan Tube Holder	360	360	2	0	30	1.95	00	1.5	6.9	0	Place
29	Baut	360	0	10	2.9	10	1.5	38	6	77.9	0	Add
30	Mechanical fastening	0	0	10	0	0	0	92	5	50	-	Operation
31	Sub - perakitan tube roller	360	0	1	0	10	1.5	01	2.5	4	1	Add & screw tightening
31	Tefzel tube	180	0	1	0	00	1.13	01 & 09	10.5	11.63	1	Add

Total	63	29	37.57	164	429.98	11
-------	----	----	-------	-----	--------	----

No.	Komponen	Number of. Item	Time (s)
1	Sub - perakitan Motor Cap	13	128.05
2	Sub - perakitan Tube Rotating Gear	2	11.45
3	Sub - Perakitan Bracket Flowmeter	3	22.75
4	Sub - Perakitan Tube Holder	6	45.8
4	Sub - perakitan bracket transmisi	3	22.9
5	Sub - Perakitan Pipa Akrilik	3	14.71
6	Perakitan Keseluruhan	63	429.98
Total		93	675.64
Ema			0.0488426



12	1	Tube holder	Akrilik	150 x 46 x 6
11	1	Sub - perakitan bracket atas	Akrilik, profil siku, baut, & mur	Hal. 6 / 11
10	1	Selang pneumatik	Plastik	Hal. 5 / 11
9	1	Sub - perakitan tube rotating gear	Tube rotatif gear & sambungan pneumatik dua sisi	Hal. 6 / 11
8	1	Sub - perakitan flowmeter	Flowmeter, bracket flowmeter, mur segitiga, sambungan pneumatik & sambungan pneumatik baja	Hal. 4 / 11
7	1	Gear motor	Plastik & baja	Hal. 5 / 11
6	1	Flenge	Aluminium	Hal. 5 / 11
5	1	Motor torsi	Baja, aluminium, plastik, & karet	Hal. 3 / 11
4	58	Mur	Baja	M3 x 2,4 x 0,5 - 6H
3	60	Baut	Baja	M3 x 20 x 0,5 - 6g
2	1	Bracket transmisi	Akrilik	150 x 150 x 8
1	1	Sub - perakitan alas	Akrilik, profil siku, baut, & mur	Hal. 2 / 11

No.	Jml.	Komponen	Material	Catatan
		Skala : 1 : 4	Nama : Sonia Tzarina G. S.	Keterangan
		Satuan : mm	NPM : 0806454973	
		Tanggal : 12/07/2012	Pembimbing : Dr. Ir. R. Banardono A. S.	
Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia			Desain Awal Tube Coater	Halaman 1 / 11 A3

