

DESAIN DAN PERMODELAN ULANG HAND DRYER JENIS *DOUBLE SLIMMING NOZZLE*

* M. Averoes Al-ghazales¹, Toni Prahasto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: averoes11@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas cara dan prosedur proses desain dan permodelan ulang *hand dryer double slimming nozzle* berdasarkan hukum dasar desain, prinsip desain, dan panduan desain menurut Pahl & Beitz dan Narayana dkk. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui proses desain dan permodelan dan menguji hasil desain dengan representasi detail engineering drawing yang mendeskripsikan karakteristik produk *hand dryer*. Produk ini dirancang ergonomis dan efisien berdasarkan susunan geometri. Proses pengkonsepian produk dan pembentukan produk dengan bantuan software CAD dilakukan untuk membentuk model *hand dryer double slimming nozzle*. Hal yang menarik dari *hand dryer* jenis ini yaitu *easy use*, ergonomis, *less energy*. Hasil desain berupa susunan 30 jenis komponen, 4 jenis subassembly, dan 1 full assembly *hand dryer*. Hasil desain juga diuji secara virtual dengan penyederhanaan beban gaya dan penyederhanaan aliran fluida pada komponen – komponen utama produk untuk mendeskripsikan karakteristik produk dan cara kerja produk ini.

Kata kunci: Desain, *Hand dryer*, *Engineering drawing*.

Abstract

This research discuss procedures and method of design process and modelling hand dryer product based on basic rules, principle of design, and guidance from Pahl&Beitz and Narayana dkk.. The purpose is to understand design process and modelling from beginning to get result and then verify the result. Engineering drawing and detail drawing was used to help that's. This product was staked with ergonomical and efficiency design due to the geometry configuration. Conceptual design and embodiment design together with software CAD has been used to create this entire model. The attractive matter from this kind of hand dryer is multifunctional product ,easy use, less energy and unique. The result contains arrangement parts with 30 kinds of component, 4 sub-assembly, and 1 fullassembly hand dryer. The simplification of force and simplification of fluid to regain the characteristic of product and the working principal has also be done.

Keyword: Design, *Hand dryer*, *Engineering drawing*.

1. PENDAHULUAN

Tangan merupakan salah satu aktuator utama pada manusia. Tangan selalu digunakan untuk melaksanakan rutinitas dalam kehidupan sehari-hari. Kebersihan pada tangan setiap hari memiliki pengaruh langsung terhadap kesehatan tubuh. Kebiasaan mencuci tangan merupakan hal yang baik untuk tujuan hidup bersih dan sehat. Namun dalam study kehygienisan pada kulit tangan manusia. Ditemukan bahwa hanya mencuci tangan saja itu tidak cukup. Kulit dalam keadaan lembab dapat menyebarkan sekitar 1000 bakteri mikrobial. Jumlah mikrobial pada kulit basah dapat berkurang secara signifikan ketika kulit dalam keadaan kering. Sehingga proses pengeringan sekarang menjadi kebutuhan vital untuk kehidupan bersih, sehat dan higienis. [1]

Ada banyak cara dalam mengeringkan kulit tangan yang basah habis dicuci. Penggunaan *paper towel* secara konvensional dalam tempat – tempat umum dapat menimbulkan beberapa masalah. Beberapa masalah serius yang ditimbulkan adalah tersumbatnya saluran pipa air akibat bekas *paper towel* yang telah digunakan, bekas *paper towel* juga dapat mengotori lantai ruangan Pengeringan dengan *paper towel* termasuk dalam *high operational cost*, karena membutuhkan penyekatan dan pembuangan. Efek lain pada penggunaan jenis paper yang sulit terurai dan sulit direcycle maka akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Sedangkan beberapa masalah muncul pada penggunaan *hand dryer* konvensional yaitu *energy hungry*, *less hiegienis*, dan *long drying*. [1]

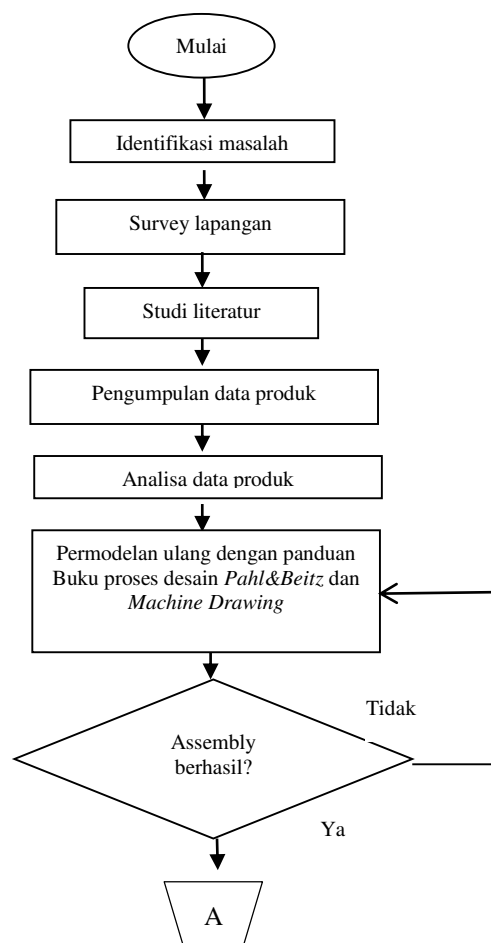
Produk *hand dryer* jenis *double slimming nozzle* telah dibuat dan dipasarkan oleh perusahaan Dyson Airblade. Perusahaan melakukan penelitian dan optimasi produk dari dimensi prime mover, dimensi ducting, dan dimensi nozzle yang digunakan. Optimasi produk dengan menggunakan mini centrifugal compressor berkecepatan 88.000 rpm ini menghasilkan kecepatan keluar nozle pipih sebesar 178 m/s, bentuk nozle pipih dengan area penampang berbentuk *thin*

rectangular ketebalan 0,3 mm. Selanjutnya perusahaan melakukan penelitian dari faktor yang lain meliputi bentuk geometri, arah kemiringan sudut tembak nozzle dan teknologi motor brushless hingga memenuhi spesifikasi hand dryer yang cepat, higienis, *less energy*, *lower running cost* dan *recyclable*. [2]

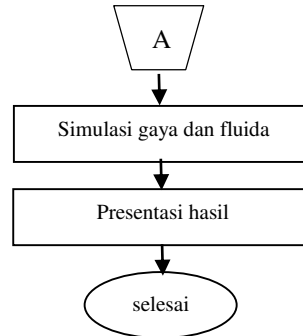
Tujuan dari Penelitian ini yaitu untuk melakukan desain dan permodelan ulang *Double slimming nozzle hand dryer* untuk menghasilkan parameter output yang mendekati spesifikasi produk Hand Dryer Dyson Airblade Company. Desain dirancang untuk memenuhi kombinasi fungsi utama dan fungsi bantu yang diperlukan untuk memenuhi prinsip kerja produk. Kelima kebutuhan tersebut dipenuhi dengan fungsi kerja yang terdapat pada semua komponen hand dryer. Masing – masing komponen didesain sesuai dengan subfungsi dan parameter target masing – masing dari segi dimensi geometri dan bentuk geometri seluruh komponen penyusun produk.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan prosedur proses desain Pahl and Beitz dan cara perepresentasian hasil model dengan prosedur gambar teknik menurut Narayana dkk [3]. Penelitian bermula dari identifikasi masalah dan survey lapangan pada produk sejenis yang ada dipasaran kemudian dilakukan pengkonsepan dan pembentukan desain hingga menghasilkan model, hasil analisa struktur dan hasil analisa fluida. Gambar 1 menjelaskan alur penelitian ini.



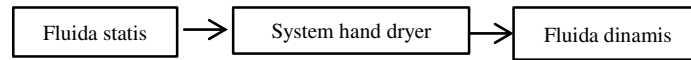
Gambar 1. Flowchart penelitian



Gambar 1. Flowchart penelitian (lanjutan)

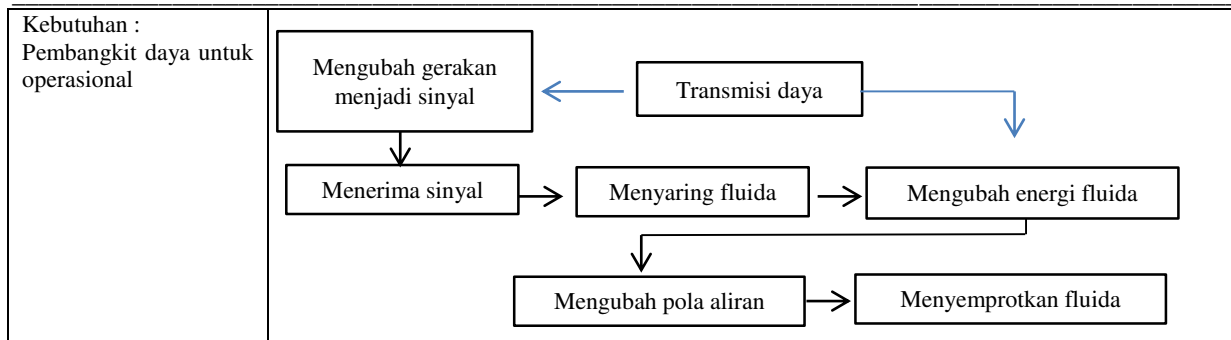
2.1 Pengkonsepan produk

Dalam pengerjaan penelitian ini, permodelan ulang produk *hand dryer double slimming nozzle* dilakukan dengan menelusuri proses desain pendekatan *Pahl&Beitz* yang difokuskan pada dua fase terpenting yaitu fase pengkonsepan dan pembentukan desain produk. Pemilihan langkah dan metode proses dari kedua fase tersebut dibatasi pada hal yang berkaitan dengan faktor geometri produk, fungsionalitas produk, prinsip kerja produk, assembly produk, gaya dan energi, dan keergonomisan produk. abstraksi produk dijelaskan pada Gambar 2 dibawah. [3]



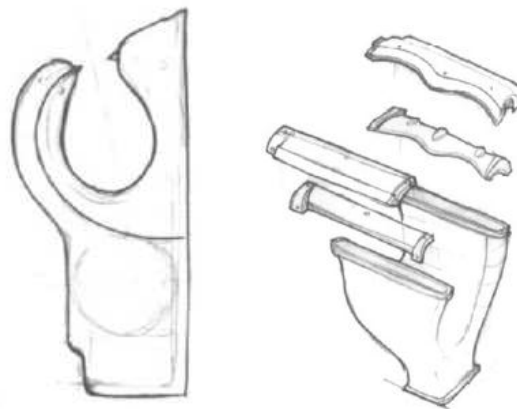
Gambar 2. Konsep general produk

Formulasi masalah	Struktur fungsi
Fungsi keseluruhan	→ Meringkan tangan →
Kebutuhan : pengubahan energi fluida	ON/OFF produk → Mengubah energi fluida → Menyemprotkan fluida
Kebutuhan : penyaringan udara sebagai sub-fungsi lanjutan	ON/OFF produk → Mengubah energi fluida → menyaring fluida ↓ Menyemprotkan fluida
Kebutuhan : Penggunaan mudah dengan free touch system	Mengubah gerakan menjadi sinyal ↓ Menerima sinval → Mengubah energi fluida → menyaring fluida ↓ Menvemprotkan fluida
Kebutuhan : Pengeringan tanpa heater	Mengubah gerakan menjadi sinyal ↓ Menerima sinyal → Mengubah energi fluida → menyaring fluida ↓ Mengubah pola aliran → Menyemprotkan fluida



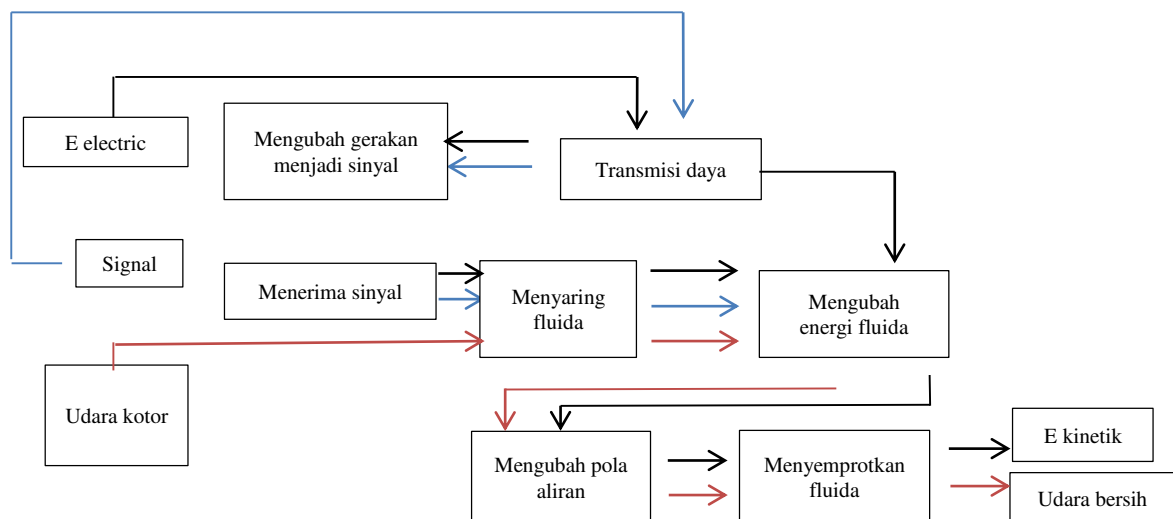
Gambar 3. Varian fungsi produk

Dari abstraksi produk didapat konsep kasar berupa sketch awal produk yang diilustrasikan pada Gambar 4 dibawah.



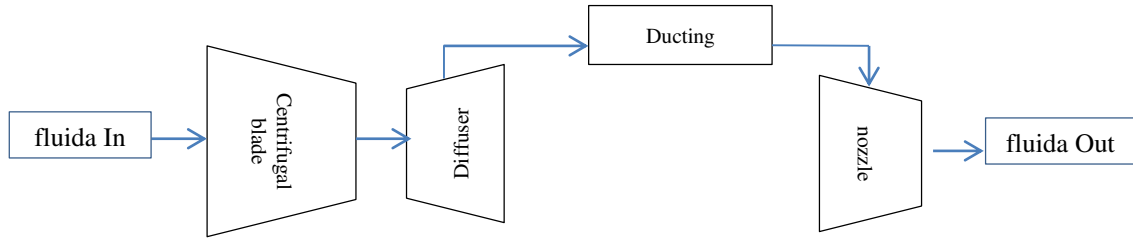
Gambar 4. Sketch awal product

Selanjutnya dilakukan kombinasi solusi prinsip kerja dan fungsi target dengan metode kombinasi sistematis yang tergambar dalam diagram alir energy, material, dan signal (EMS). Berikut merupakan skema klasifikasi diagram alir EMS Gambar 5, sebagai solusi struktur fungsi produk. [3]



Gambar 5. Skema Fungsi produk

Dari skema fungsi produk kemudian dapat dilakukan konfigurasi utama produk yang berisi komponen – komponen utama produk.



Gambar 6. Skema komponen utama produk

Selanjutnya dari konfigurasi komponen utama penyusun produk dilakukan pemilihan prinsip kerja untuk memenuhi struktur fungsi pada produk. Tabel 1 menjelaskan hubungan solusi prinsip kerja dengan fungsi target yang telah ditentukan pada diagram alir EMS sebelumnya.

Tabel 1. Prinsip kerja produk.

Solution principle Subfunction		1	2	3	4	5
1	Energi listrik > energi mekanik	Motor AC	Motor DC			
2	Pembangkit sinyal	Sensor Infrared	Sensor proximity			
3	pengubah energi fluida	Pump	Fan	blower	kompressor	
4	Pengubah pola aliran fluida	Slimming nozzle	Smooth ducting	No bending	Square ducting	Round ducting
5	Menyemprotkan fluida	Divergen nozzle	Konvergen nozzle	Flat spray nozzle	Hollow cone nozzle	Solid cone nozzle

(Keterangan : Garis biru bertitik menjelaskan varian prinsip kerja yang terpilih yang sesuai dengan target dan batasan desain).

2.2 Pembentukan produk

Setelah konsep terbentuk, selanjutnya dilakukan pencarian komponen utama dan komponen bantu dengan karakteristik target dan batasannya. Berikut solusi komponen kerja utama dan karakteristik komponen sebagai eksekutor prinsip kerja produk yang dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen kerja utama [4]

Fungsi	Komponen	Karakteristik komponen
Mengubah energi listrik menjadi energi mekanik putar.	Motor listrik (1)	Power (P) Speed (rpm)
Mengubah fluida statis menjadi fluida dinamis yang memiliki energi kinetik	Centrifugal blade (2)	Speed (rpm) Debit (Q) Kecepatan fluida absolut (V)
Mengubah energi kinetik fluida dinamis menjadi energi tekan	Diffuser (3)	Head (H)
Mentransmisikan fluida kerja bertekanan tinggi ke nozzle	Ducting (4)	Debit (Q)
Mengubah dan menyembrotkan fluida bertekanan dengan kecepatan tinggi	Nozzle (5)	Kecepatan fluida (V) Debit (Q)
Menyaring debu, mikroba, dan partikel mikro lainnya dari udara kotor	Filter udara (6)	Area penampang (A)

Rancangan awal produk merupakan pembentukan awal produk, berupa model konfigurasi instalasi komponen-komponen utama penyusun produk.



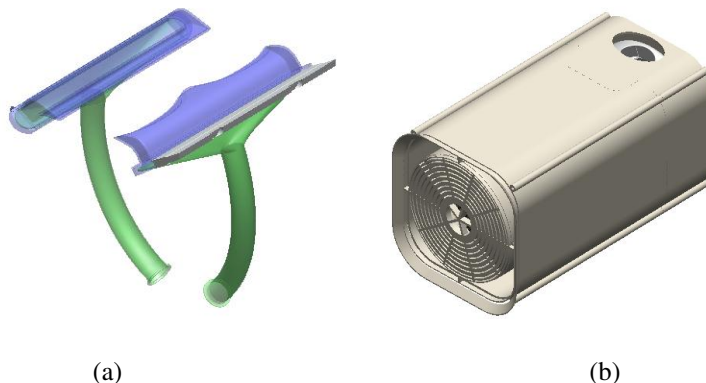
Gambar 7. Rancangan awal

Dilanjutkan dengan pencarian komponen bantu pada Gambar 7 berupa model komponen bantu wall mounting yang menempel pada komponen utama casing luar.



Gambar 8. Model casing dengan wall mounting hand dryer

Konfigurasi sistem nozzle, yang terdiri dari pasangan nozzle, pasangan ducting, dan dua komponen bantu mounting. Sedangkan komponen bantu pada kompresor terbagi menjadi 2, yaitu komponen bantu diffuser dan komponen bantu motor listrik yang terangkum dalam Gambar 8.



Gambar 9. Model, (a) konfigurasi nozzle (b) konfigurasi kompresor

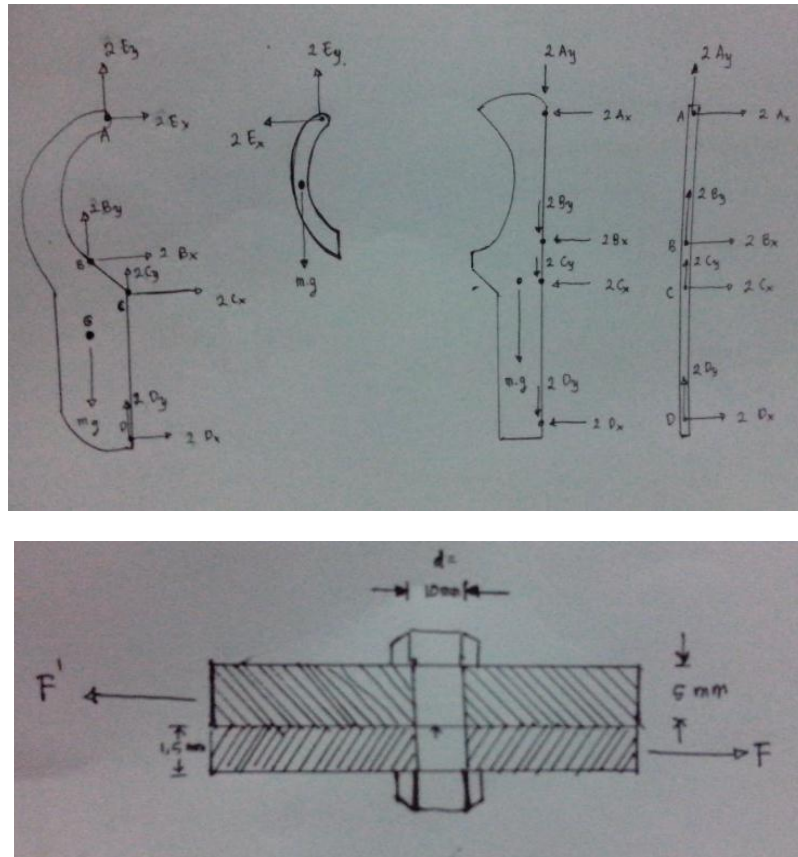
2.3 Penyederhanaan simulasi

Simulasi yang dilakukan berupa simulasi struktur menggunakan tools solidwork simulation [5] dan simulasi fluida menggunakan tool flow simulation [6]. Kondisi batas yang digunakan sebagai inputan didapat dari batasan desain dan perhitungan.

a. Penyederhanaan perhitungan gaya

Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter yang akan dimasukkan sebagai inputan kondisi batas penyederhanaan simulasi gaya. Dengan tujuan untuk mengetahui distribusi tegangan pada *casing sets* dan *wall mounting*. Material casing sets : aluminium alloy, dan wall mounting : cast iron.

Beban = berat casing + berat wall mounting + berat komponen penyusun = $\rho_{cas} \cdot V_{cas} \cdot g + \rho_{wall} \cdot V_{wall} \cdot g + \rho_{other} \cdot V_{other} \cdot g = \dots$ N massa total produk 10 kg, $load = 10 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m}^2/\text{s} = 98,1 \text{ N}$. Penjelasan DBB diilustrasikan pada Gambar 9.



Gambar 10. (a) DBB instalasi produk (b) DBB bolt mounting A-D

$$\begin{aligned} \sum F_y = 0, W - (2 A_y + 2 B_y + 2 C_y + 2 D_y) &= 0 \\ 98,1 - (2 A_y + 2 B_y + 2 C_y + 2 D_y) &= 0 \\ (A_y + B_y + C_y + D_y) &= 49,05 \text{ N} \\ A_y = B_y = C_y = D_y &= 12,26 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_D = 0, W \cdot x - (x_1 C_x + x_2 B_x + x_3 A_x) &= 0 \\ W \cdot x - (x_1 C_x + x_2 B_x + x_3 A_x) &= 0 \\ (98,1 \text{ N} \cdot 0,090 \text{ m}) - (0,226 \text{ m} \cdot C_x + 0,277 \text{ m} \cdot B_x + 0,553 \text{ m} \cdot A_x) &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} A_x = D_x \text{ dan } B_x = C_x \\ 4A_x - 4B_x = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Penyelesaian persamaan (1) dan (2) menghasilkan

$$A_x = D_x = 8,35 \text{ N}$$

$$B_x = C_x = 8,35 \text{ N}$$

Kemudian lanjut ke DBB sambungan non permanen,

Titik A dan D terdapat 4 sambungan bolt, interface rear casing dengan wall mounting dengan type standard counterbore with nut material wrought copper.

Properties standard counterbore with nut wrought copper [7]:

$$\begin{aligned}
 D_{\text{head}} &= 15 \text{ mm} && (\text{diameter kepala baut}) \\
 d_{\text{shank}} &= 10 \text{ mm} && (\text{diameter ujung baut}) \\
 E &= 200 \times 10^9 \text{ Pa} && (\text{modulus elastisitas wrought copper}) \\
 \nu &= 0,26 && (\text{poisson's ratio}) \\
 \alpha &= 1.1 \times 10^{-5} / \text{kelvin} && (\text{koefisien ekspansi termal}) \\
 S_{\text{bolt}} &= 206807000 \text{ Pa} && (\text{kekuatan baut}) \\
 SF &= 2 && (\text{safety factor baut})
 \end{aligned}$$

$$F = F' = A_y = 6,13125 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{F}{4 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2} = \frac{12,26}{4 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 0,01^2} = 39 \times 10^3 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{2 \cdot t \cdot d} = \frac{12,26}{2 \cdot 0,0065 \cdot 0,01} = 23,68 \text{ N/m}^2$$

$$\tau = 0,577 \frac{Sp}{n_d}$$

$$39 \times 10^3 = 0,577 \frac{Sp}{2} \quad \text{jadi } Sp = 13,52 \times 10^4 \text{ N}$$

Untuk menahan beban geser tersebut maka dicari nilai pre-load dari bolt [9] Maka pre-load,

$$F_l = 0,75 \cdot A \cdot Sp = 0,75 \cdot (2 \pi r t) \cdot 13,52 \times 10^4$$

$$F_l = 2,1 \times 10^{-4} \cdot 0,75 \cdot 13,52 \times 10^4 = \mathbf{21,29 \text{ N}}$$

b. Penyederhanaan perhitungan fluida

Perhitungan dilakukan sebagai inputan kondisi batas penyederhanaan simulasi fluida. Dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik aliran pada komponen utama produk. kebutuhan produk adalah *fastest and clean hand dryer*. *Fastest requirement* dipenuhi dengan parameter target keluaran nozzle. Kondisi udara keluar dari nozzle (kondisi 5) merupakan parameter target nozzle. Dari kondisi keluar nozzle dapat ditentukan kondisi masuk nozzle (kondisi 3/4), yang kemudian menjadi parameter target diffuser. Dari parameter target difuser dapat dicari kondisi masuk difuser (2), yang kemudian menjadi parameter target impeller centrifugal blade (1). [8]

Kondisi 5 :Kondisi keluar nozzle (parameter target desain nozzle) :

$$V_5 = 400 \text{ mph} = 178,82 \text{ m/s}$$

$$P_5 = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$\rho_5 = 1,23 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m}_5 = 0,045 \text{ kg/s}$$

Maka, kondisi udara masuk nozzle (4), udara keluaran diffuser adalah:

$$P_{3/4} = 16 \text{ bar} = 15,7908 \text{ atm} = 1,6 \text{ MPa}$$

$$\rho_4 = 8,32 \text{ kg/m}^3$$

$$V_4 = 0,339 \text{ m/s}$$

$$\dot{m}_4 = 0,045 \text{ kg/s}$$

Kondisi 3 = kondisi 4 :

$$P_3 = 16 \text{ bar} = 15,7908 \text{ atm} = 1600000 \text{ Pa}$$

$$\rho_3 = 8,32 \text{ kg/m}^3$$

$$V_3 = 0,339 \text{ m/s}$$

$$\dot{m}_3 = 0,045 \text{ kg/s}$$

Kondisi 2 :

$$V_2 = 252,16 \text{ m/s}$$

$$P_2 = 0,26 \text{ atm}$$

$$\rho_2 = 0,13 \text{ kg/m}^3$$

$$A_2 = 0,000235$$

Kondisi 1 :

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$\rho_1 = 1,23 \text{ kg/m}^3$$

$$V_1 = 0,1 \text{ m/s}$$

$$\dot{m}_1 = 0,045 \text{ kg/s}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari desain dan permodelan ulang ini berupa machine drawing, assembly drawing, detail drawing, exploded drawing. Berikut pemaparan beberapa hasil dari remodelling produk ini.

3.1 Exploded drawing

Pada desain keseluruhan produk direpresentasikan dengan gambar *exploded drawing double slimming nozzle hand dryer*, gambar exploded ini mempermudah pemahaman pada model produk hand dryer jenis ini. Gambar 10 berisi informasi lengkap konfigurasi komponen utama dan komponen bantu penyusun produk. [3]

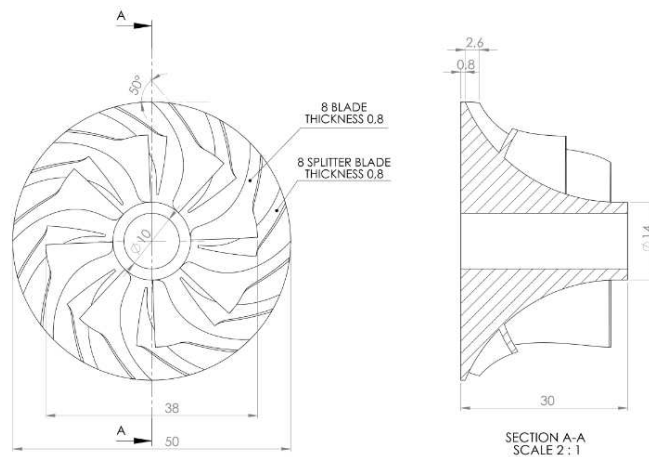
Dan untuk konfigurasi model solid diilustrasikan pada Gambar 11 dibawah.



Gambar 11. Detail Model Produk Hand Dryer

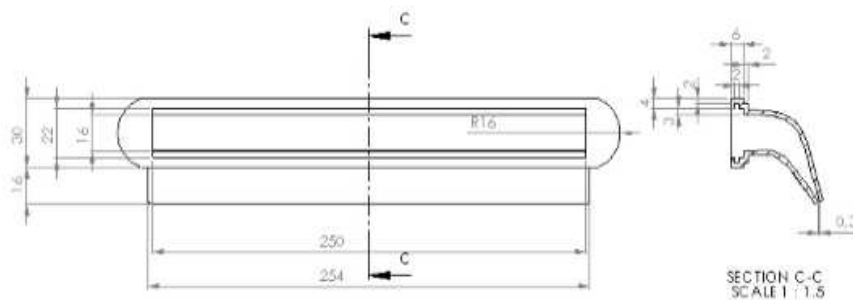
3.2 Detail drawing

Hasil desain dan permodelan komponen utama diilustrasikan dalam gambar detail dibawah. Gambar 12 menunjukkan detail mixed flow impeller dan Gambar 13 menunjukkan detail nozzle.



Gambar 12. Detail mixed flow impeller

Nozzle



Gambar 13. Detail nozzle

4. KESIMPULAN

- a. *Hand dryer* jenis *double slimming nozzle* merupakan jenis *hand dryer* tanpa heater yang hanya memanfaatkan kecepatan udara untuk mengikis air dan mengeringkan kulit tangan yang basah dan memanfaatkan aliran udara sebagai *heat exchanger* otomatis, sehingga daya operasi minimum dengan penggunaan optimum.
- b. Model ulang *hand dryer* dyson menghasilkan 1 jenis full assembly *hand dryer* terdiri dari 4 subassembly (subassembly casing, subassembly motor, subassembly diffuser, subassembly nozzle) yang tersusun dari 30 jenis komponen penyusun dengan 3 komponen utama diantaranya.
- c. Penyederhanaan analisa gaya pada komponen *casing sets* dan pada *assembly casing sets* menghasilkan faktor safety : 1.05
- d. Penyederhanaan simulasi aliran pada komponen utama menghasilkan kontur tekanan dan kecepatan yang hampir sama dengan data spesifikasi produk dan perhitungan manual sesuai dengan prinsip kerja komponen – komponen utama.
Nozzle : kondisi out (P = 0,1 Mpa , V = 156,67 m/s)
Diffuser : kondisi out (P = 1.66 Mpa , V = 5,29 m/s)
Centrifugal blade : kondisi out (P = 2,1 KPa , V = 286 m/s)

5. REFERENSI

- [1] *Dyson Airblade Brochure Long & Dyson Airblade Reference Guide.2013*
- [2] *Dyson- Airblade-Technical-Spesification-AB03.2013*
- [2] Narayana, KI, P Vanaiah, R Venkata Redi. 1994. *Machine Drawing 3rd Edition*. New Age International Publisher :Indian Institute Of Technology
- [3] Pahl,Beitz, J Feldhusen, K.H Grote. 1997. *Engineering Design A Systematic Approach 3rd Edition*. Springer :German
- [4] Munson, Young , Okiishi, Huebsch. 2000. *A Brief Introduction To Fluid Mechanics*. Wiley :USA
- [5] Shigley.2008. *Mechanical Engineering Design 8th Edition*. Mc Graw Hill : Budinas Nisbet
- [6] Fox And Mc Donalds.2011. *Introduction To Fluid Mechanics 8 Th Edition*. John Wiley & Sons,Inc: Manhattan College.