

---

## Perancangan Digital Prototype of Foot-Operated Handsanitizer Stand

Hadi Saputra, Wahid Hasyim

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND

Email: [hadisaputra@akprind.ac.id](mailto:hadisaputra@akprind.ac.id)

---

### ABSTRACT

Research shown that the use of 17 drum hand sanitizers in the ICU surgical department was 100% contaminated with bacteria. During this pandemic, the transmission of the spread of the coronavirus must be reduced. You do this by using hand sanitizer liquid without touching the bottle. The economic conditions of the people who were affected during the pandemic have inspired to innovate existing hand sanitizer stand products. It is hoped that this research can produce a foot-operated hand sanitizer stand that is cheap and easy to manufacture. Innovation is done by making digital prototypes using Computer-Aided Design (CAD) and Computer-Aided Engineering (CAE). This research has produced a digital foot-operated hand sanitizer stand that is simple, easy to manufacture, and with materials that are easily available in the market.

**Keywords:** CAD, CAE, foot-operated hand sanitizer stand

### INTISARI

Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan 17 *handsanitizer drum* di ruang ICU departemen bedah 100% terkontaminasi bakteri. Pada masa pandemik ini, transmisi peyebaran *coronavirus* harus direduksi. Caranya adalah dengan menggunakan cairan *handsanitizer* tanpa menyentuh botolnya. Kondisi perekonomian masyarakat yang terdampak saat pandemik, menginspirasi penulis untuk melakukan inovasi produk *handsanitizer stand* yang telah ada. Harapannya penelitian ini dapat dihasilkan *foot-operated handsanitizer stand* yang murah dan mudah pembuatannya. Inovasi dilakukan dengan membuat *digital prototype* menggunakan *Computer Aided Design (CAD)* dan *Computer Aided Engineering (CAE)*. Penelitian ini menghasilkan *digital prototype foot-operated handsanitizer stand* yang sederhana, mudah pembuatan, dan dengan menggunakan material yang mudah diperoleh dipasaran.

**Kata kunci:** CAD, CAE, foot-operated handsanitizer stand

### PENDAHULUAN

Selama pandemik covid-19, penggunaan zat – zat berbahaya meningkat signifikan, yang dapat membahayakan pekerja kesehatan dan warga dunia. Penggunaan zat – zat tersebut dapat menyebabkan, (a) infeksi *coronavirus*, (b) *skin disorder* dan *heat stress* sebagai akibat dari penggunaan *Personal Protective Equipment (PPE)*, (c) terpapar oleh racun karena peningkatan penggunaan *disinfectants*, (d) *psychological distress*, (e) *chronic fatigue*, (f) *stigma, discrimination, physical and psychological violence and harassment* (World Health Organization, 2021b).

*Choronavirus disease (COVID-19)* merupakan infeksi penyakit yang disebabkan *coronavirus*. Penderita penyakit ini biasanya mengalami sakit saluran pernapasan tingkat ringan hingga menengah dan memerlukan penanganan secara khusus. Pekerja kesehatan, orang tua, dan orang dengan riwayat penyakit tertentu seperti *cardiovascular, diabetic, chronic respiratory*, dan *cancer* berpotensi tertular virus ini. Penyebaran virus ini terutama terjadi akibat percikan air liur atau bersin, sehingga penting bagi kita untuk memiliki etiket pernafasan (*respiratory etiquette*). Pencegahan transmisi virus ini dapat dilakukan dengan cara mencuci tangan atau menggunakan cairan berbasis *alcohol* secara teratur dan tidak menyentuh permukaan wajah (World Health Organization, 2021a).

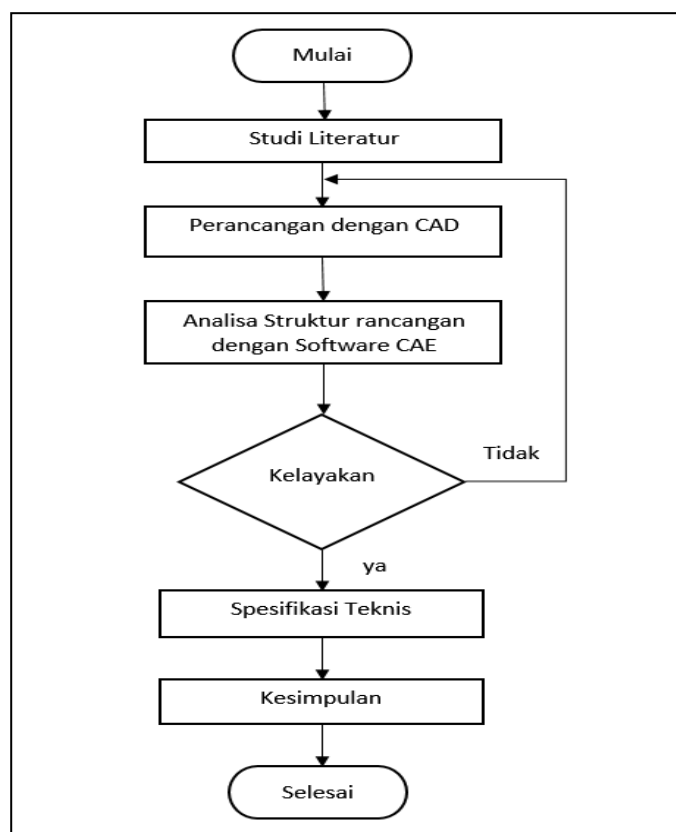
Perilaku dalam mencuci tangan menggunakan cairan *handsanitizer* berbasis alkohol dan kebiasaan menyentuh wajah harus menjadi perhatian dalam masa pandemik. Penggunaan PPE meningkat secara signifikan di masa pandemik *covid-19* saat ini. Salah satu contohnya adalah penggunaan *Hand Sanitizer Drums (HSD)* sebagai alat untuk mengeluarkan *handsanitizer* saat membersihkan tangan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Eiref et al.(2012) pada penggunaan 17 *HSD* di instalasi gawat darurat unit bedah diperoleh data peralatan ini 100%, terkontaminasi oleh lebih dari satu tipe bakteri. Kontaminasi ini terjadi pada bagian tombol pengeluaran cairan *alcohol/handsanitizer* sebesar 82%, pada bagian samping *HSD* 35%, dan di *nozzle* 23%.

Pertumbuhan bakteri berkisar diantara 1 hingga 50 koloni. Hal itu menunjukkan bahwa kontaminasi terjadi pada daerah yang sering kontak dengan tangan. Daerah ini merupakan daerah yang sulit untuk dibersihkan saat *maintenance* peralatan ini. Saat ini di pasaran sudah ada peralatan manual maupun otomatis *handsanitizer drums*. Tipe manual seperti yang digunakan oleh Wichaidit et al. (2020) dalam penelitiannya. Perancangan *handsanitizer drum* tipe otomatis telah dilakukan oleh Lee et al. (2020), tetapi proses pembuatannya rumit dan mahal. Kondisi ini menginspirasi penulis untuk melakukan inovasi peralatan *foot-operated handsanitizer stand* yang ada saat ini. Harapannya, peralatan ini dapat mencegah transmisi peyebaran bakteri dan virus, mudah proses pembuatan, dan murah harganya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses perancangan dalam penelitian ini dilakukan dengan urutan seperti pada diagram alir seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur tentang esensi perlunya penelitian ini dilakukan. Langkah selanjutnya dengan mempelajari literatur tentang produk yang telah ada hingga saat ini. Modifikasi produk yang telah ada dengan menggunakan *Computer Aided Design (CAD)*. Analisis awal rancangan dengan *Computer Aided Engineering (CAE)*. Hal ini diperlukan untuk *assessment* kekuatan struktur draft rancangan. Proses ini diperlukan untuk identifikasi awal bila ada kelemahan dari draft rancangan. Hal ini diperlukan untuk dapat menghasilkan rancangan yang efisien dan murah.

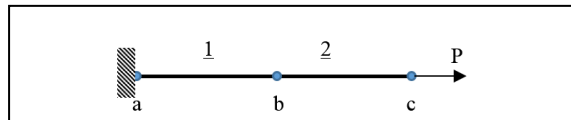
Proses iterasi diperlukan dalam proses perancangan ini. Pada akhir proses akan diperoleh spesifikasi teknis akhir rancangan ini. Proses analisis pada penelitian ini, dengan mempergunakan prinsip – prinsip dalam analisa static dan dinamika struktur seperti yang diuraikan oleh Hibbeler (2012). Serta dengan mempergunakan perangkat lunak CAE (Zywicz et al., 2012)

Analisis dengan mempergunakan perangkat lunak CAE memerlukan pengetahuan dasar tentang metode elemen hingga. Prinsip dasar perhitungan dengan menggunakan metode ini terdiri dari tiga tahapan yaitu tahap *Pre-processor*, *Solver*, dan *Post-processing* (Logan, 1987). *Pre-processing* merupakan tahap awal dalam proses analisis dengan *Finite Element Methods (FEM)*. Pemodelan problem fisik, diskritisasi model dengan pemilihan tipe elemen yang akan digunakan,

penentuan kondisi batas (*elemental constrains*) pada model/problem fisik, pembebanan yang akan terjadi berupa pembebanan *static* atau *dynamic* dan tipe formulasi yang akan digunakan, *explicite* atau *implicite formulations*, serta penentuan parameter – parameter yang akan diperlukan untuk proses analisa problem fisik yang meliputi data tegangan, regangan dan perpindahan serta data – data lainnya seperti shear force maupun moment yang terjadi, semua proses tersebut dilakukan ditahap ini. Pada umumnya perangkat lunak CAE memiliki variasi tipe elemen satu dimensi (1D), dua dimensi (2D), dan tiga dimensi (3D) (Dassault Systèmes Simulia, 2012).

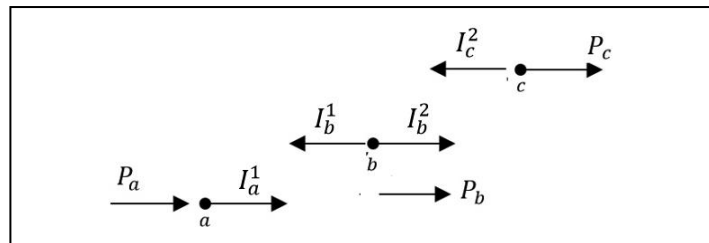
Pada penelitian ini, dipergunakan elemen tipe satu-dimensi (1D) dan element dua-dimensi (2D). Elemen satu dimensi (1D) dipergunakan untuk pemodelan poros. Sedangkan elemen dua-dimensi (2D) dipergunakan untuk pemodelan *step foot*.

*Solver* merupakan proses perhitungan pada perangkat lunak FEA. Konsep proses perhitungan *displacement* di perangkat lunak CAE/ABAQUS dengan formulasi implisit untuk elemen 1D. Uraian singkat tentang proses perhitungan dengan *implicite formulations* di tahap *solver* ini terjadi dapat dijelaskan seperti kasus pada Gambar 2 sebagai berikut (Dassault Systèmes, 2014).



Gambar 2. Batang bar dengan dua elemen, tiga nodal

*Free Body Diagram (FBD)* tiap nodal problem fisik Gambar 2, dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. *Free Body Diagram* problem fisik

Pada tiap nodal akan mengalami gaya internal dan gaya eksternal. Pada nodal a besar gaya eksternalnya  $P_a$  sedangkan gaya internalnya  $I_a^1$ . Pada nodal b besar gaya eksternalnya  $P_b$  dan gaya internalnya  $I_b^1$  dan  $I_b^2$ . Adapun pada nodal c besar gaya eksternalnya  $P_c$  dan gaya internalnya  $I_c^2$ . Beban P akan menyebabkan *displacement* pada batang bar tersebut. *Displacement* yang terjadi diasumsikan kecil. sehingga regangan yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan 1.

$$\varepsilon_{11} = \frac{u^b - u^a}{L} \dots\dots\dots(1)$$

Nilai  $u^a$  merupakan displacement pada nodal a, sedangkan  $u^b$  displacement pada nodal b, dan L adalah panjang elemen 1

Material yang digunakan diasumsikan elastis. Modulus elastisitas disimbulkan dengan E. Berdasarkan hukum *Hooke's* tegangan yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$\sigma_{11} = E \varepsilon_{11} \dots\dots\dots(2)$$

Besar gaya internal yang terjadi akibat beban P dinodal a, yaitu  $I_a^1$  dapat dihitung dengan persamaan 3, dan A merupakan luas penampang batang bar.

$$I_a^1 = \sigma_{11}A = \frac{EA}{L}(u^b - u^a) \dots\dots\dots(3)$$

Pada kondisi kesetimbangan jumlah gaya pada tiap nodal sama dengan nol. Penjumlahan gaya pada nodal a pada kondisi kesetimbangan dapat ditulis seperti pada persamaan 4.

$$P_a + \frac{EA}{L}(u^b - u^a) = 0 \dots\dots\dots(4)$$

Kondisi kesetimbangan pada nodal b akan menghasilkan persamaan 5.

$$P_b - \frac{EA}{L}(u^b - u^a) + \frac{EA}{L}(u^c - u^b) = 0 \quad \dots\dots\dots(5)$$

Sedangkan pada nodal c akan menghasilkan persamaan 6.

$$P_c - \frac{EA}{L}(u^c - u^b) = 0 \quad \dots\dots\dots(6)$$

Pada metode implisit penyelesaian persamaan kesetimbangan untuk displacement setiap nodal harus dilakukan secara simultan. Konsekuensinya persamaan kesetimbangan tiap nodal harus di selesaikan dalam bentuk matrik, bila properti tiap elemen sama, bentuk persamaan matriknya seperti pada persamaan 7.

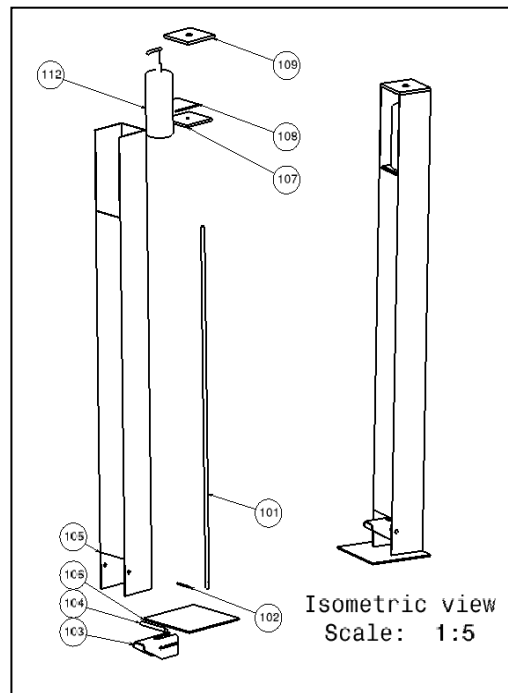
$$\begin{Bmatrix} P_a \\ P_b \\ P_c \end{Bmatrix} \left( \frac{EA}{L} \right) \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u^a \\ u^b \\ u^c \end{Bmatrix} = 0 \quad \dots\dots\dots(7)$$

*Post-processing* merupakan langkah terakhir dalam proses simulasi. Pada tahap ini parameter – parameter hasil perhitungan di tahap *solver* seperti yang direncanakan pada tahap *pre-processor* ditampilkan. Berdasarkan hasil simulasi tersebut analisa kelayakan struktur dilakukan. Proses iterasi perlu dilakukan bila kekuatan struktur lemah atau terlalu kuat. Pemilihan material yang terlalu kuat akan menyebabkan biaya produksi yang terlalu mahal.

Hasil penelitian ini berupa spesifikasi teknis dan digital prototype yang sudah siap untuk proses manufaktur.

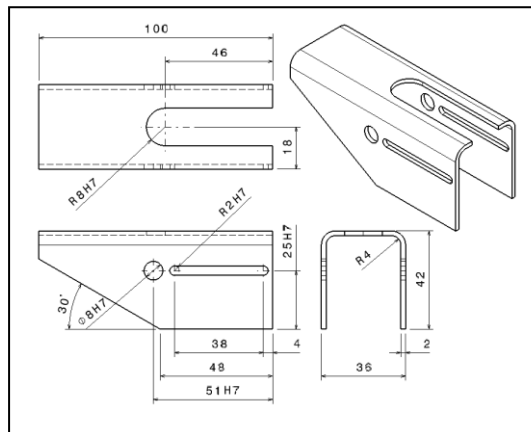
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Konsep rancangan *Foot-operated handsanitizer stand* yang akan di buat seperti terlihat pada gambar 4.



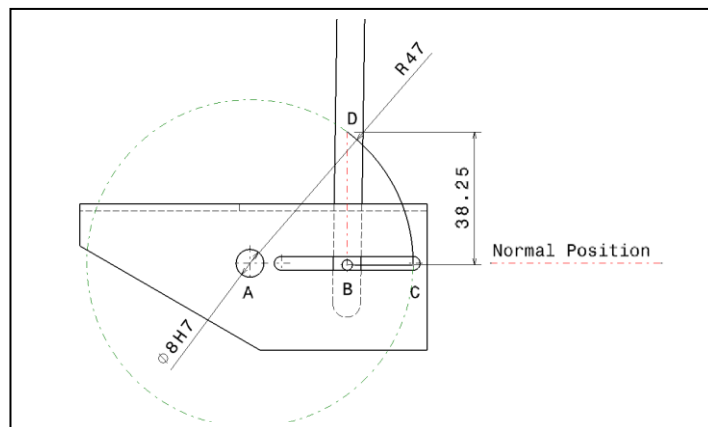
Gambar 4. Konsep rancangan *Foot-Operated Handsanitizer Stand*

*Step foot* merupakan komponen yang digunakan untuk mengkonversi beban pijakan kaki pengguna ke botol *handsanitizer*, komponen ini pada Gambar 4 ditunjukkan dengan nomor 103. *Detail design* komponen ini seperti dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Step foot*

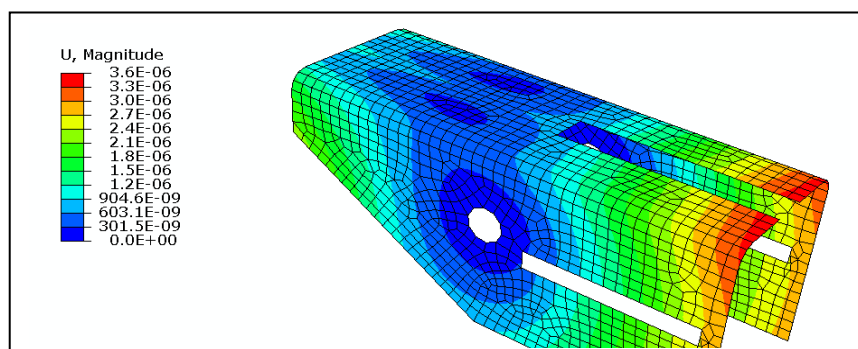
Kinematika komponen ini dapat diuraikan seperti gambar 6.



Gambar 6. Kinematika dari *step foot*

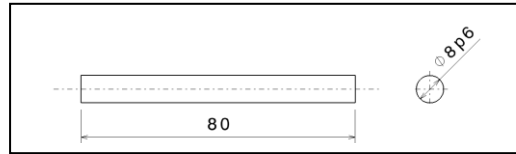
Titik A pada gambar 6 merupakan titik pusat putar komponen ini. Sedangkan titik B merupakan titik pusat poros batang *beam* dengan slider. Titik C merupakan batas maksimum perpindahan titik B di slider. Saat *step foot* digerakkan ke arah bawah dengan sudut  $90^\circ$  batang *beam* akan berpindah ke arah vertikal sebesar 38.25 mm pada titik D.

Komponen ini dirancang dengan *rigid* artinya saat mengalami beban maksimum besar deformasi yang terjadi kurang dari 0.1 mm. Analisa perancangannya dilakukan dengan menggunakan *Finite Element Analysis (FEA)* yang ada di *Abaqus*. Hasil simulasi dengan perangkat lunak tersebut seperti dapat dilihat pada gambar 7.

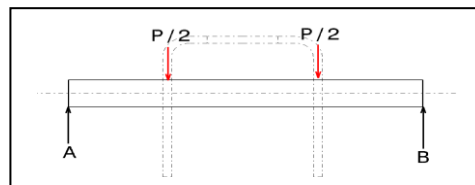


Gambar 7. Analisa *Step Foot* dengan *FEA*

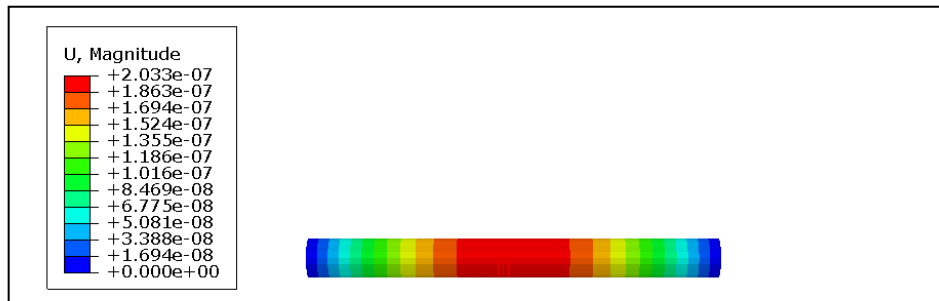
Maksimum *displacement* yang terjadi  $3.6E-6$  mm. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan struktur *step foot rigid* meskipun telah menerima beban maksimum sebesar 1.0 kg, akibat beban *handsanitizer* 600 mL beserta berat botol, 100 gram dan berat poros pengarah, 200 gram. Poros *step foot* merupakan komponen yang menumpu *step foot*. Pada Gambar 4 komponen ini memiliki nomor 104. Detail design komponen ini seperti pada Gambar 8.

Gambar 8. Poros *Step Foot*

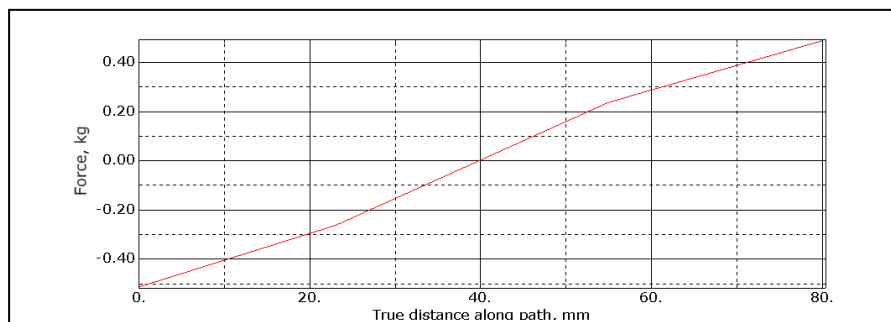
*Free Body Diagram (FBD)* komponen ini dapat dilihat pada Gambar 9. Komponen ini ditumpu dengan tumpuan roll A dan B pada kedua ujungnya. Gaya, P yang bekerja merupakan gaya terpusat sebesar 1 kg.

Gambar 9. *FBD* poros *step foot*

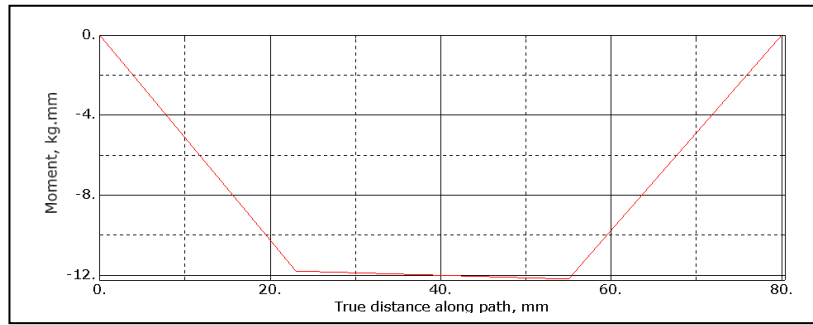
Hasil perhitungan defleksi poros *step foot* dengan *FEA* dapat dilihat pada Gambar 10.

Gambar 10. Defleksi poros *step foot*

Besar defleksi maksimum sebesar  $2.03E-7$  mm. Berdasarkan data ini disimpulkan poros dalam kondisi *rigid*. *Shear Force Diagram (SFD)* diprediksi seperti Gambar 11.

Gambar 11. *SFD* poros *step foot*

*Bending Moment Diagram (BMD)* diprediksi seperti Gambar 12.



Gambar 12. BMD poros *step foot*

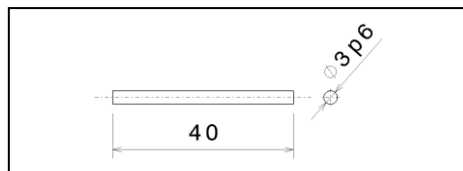
Besar Maksimum *Bending Moment* 12 kg.mm. Material yang digunakan st 37 artinya tegangan yieldingnya 37 kg/mm<sup>2</sup> (Younggi, 2021). Sehingga berdasarkan persamaan 8 berikut ini

$$\sigma_y = \frac{My}{I} \dots\dots\dots (8)$$

$$37 \text{ kg/mm}^2 = \frac{M \cdot 2\text{mm}}{\frac{\pi d^4}{64} \text{ mm}^4}$$

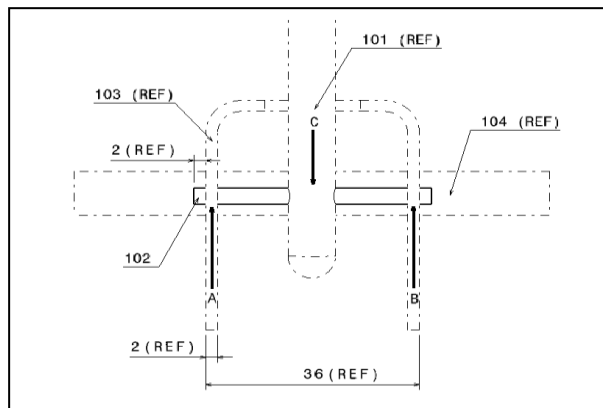
$$M = 37 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \times \frac{\pi(4\text{mm})^4}{64} \times \frac{1}{2\text{mm}} = 232,36 \text{ kg mm}$$

Dapat disimpulkan poros ini aman untuk digunakan pada rancangan ini. Komponen berikutnya adalah poros *slider* pada Gambar 1 memiliki nomor 102. Gambar dan ukurannya seperti dapat dilihat pada Gambar 13.



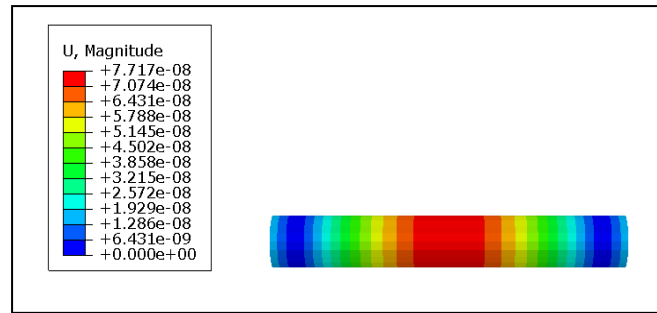
Gambar 13. Poros *Slider*

*Free Body Diagram (FBD)* komponen ini dapat dilihat pada Gambar 14. Komponen ini ditumpu dengan tumpuan roll A dan B pada kedua ujungnya. Gaya, P yang bekerja merupakan gaya terpusat dengan posisi di titik tengah batang dengan besar 1.0 kg. Gaya tersebut merupakan berat handsanitizer, poros dan batang nomor 101.



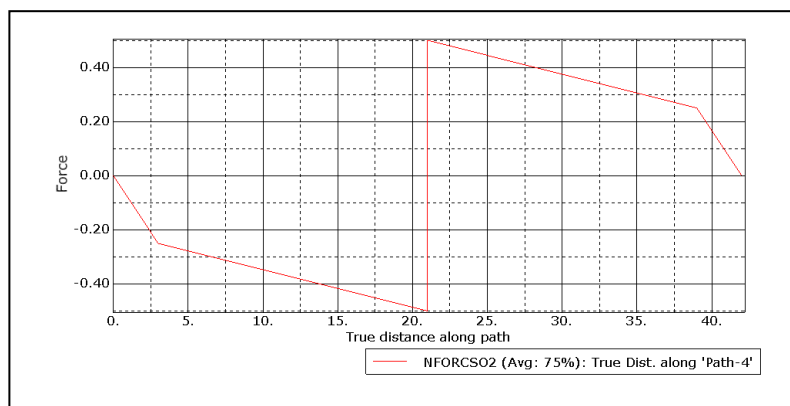
Gambar 14. FBD Poros *Slider*

Hasil perhitungan defleksi poros *slider* dengan *FEA* dapat dilihat pada Gambar 15.



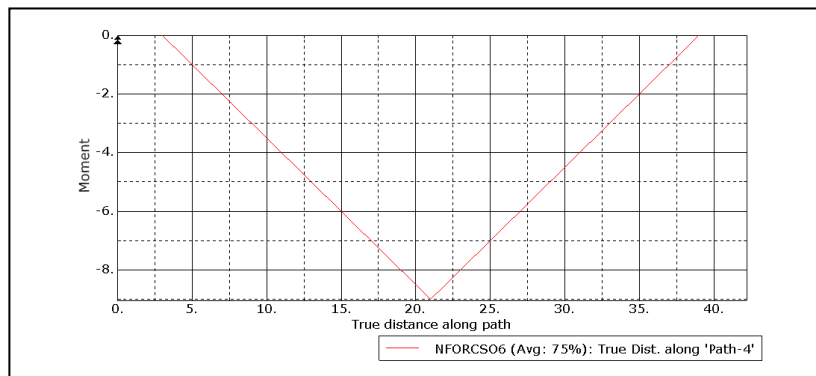
Gambar 15. Defleksi poros *slider*

Besar defleksi maksimum sebesar  $7.72E-8$  mm, sehingga poros rigid. *Shear Force Diagram (SFD)* diprediksi seperti Gambar 16.



Gambar 16. *SFD* poros *slider*

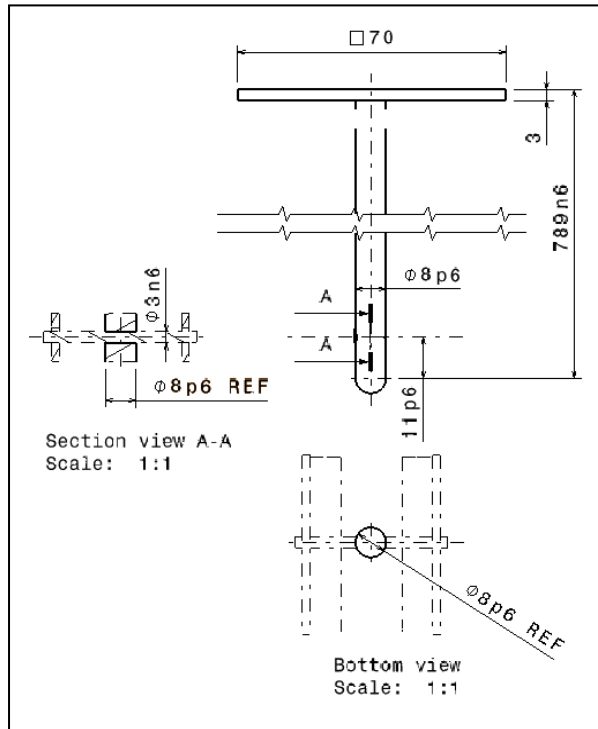
Sedangkan *Bending Moment Diagram (BMD)* diprediksi seperti Gambar 17.



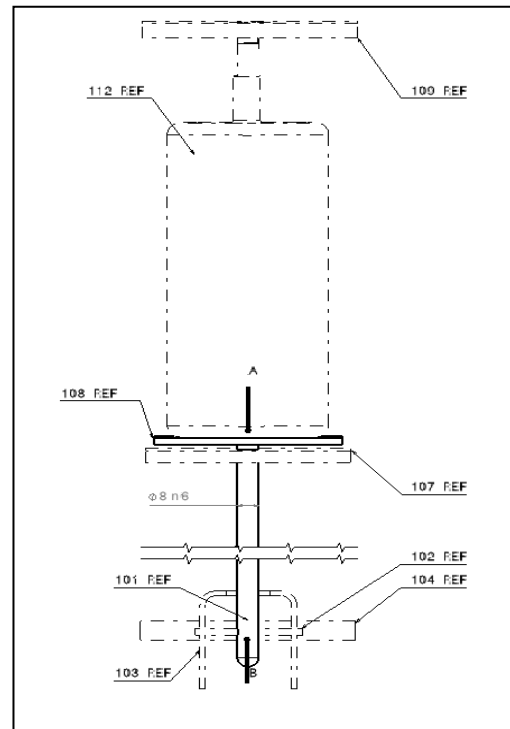
Gambar 17. *BMD* poros *slider*

Berdasarkan hasil simulasi besar bending moment  $9 \text{ kg mm}$ . Material yang digunakan untuk membuat poros ini st 37, sehingga sesuai dengan persamaan 8 dapat diperoleh nilai maksimum momennya adalah  $M = 98.0 \text{ kg mm}$ . Kesimpulannya poros ini aman digunakan pada mekanisme ini. Analisa komponen selanjutnya adalah komponen nomor 101 pada Gambar 4. Gambar dan ukurannya dapat dilihat pada Gambar 18. Sedangkan *Free Body Diagram (FBD)* komponen ini dapat dilihat pada Gambar 19



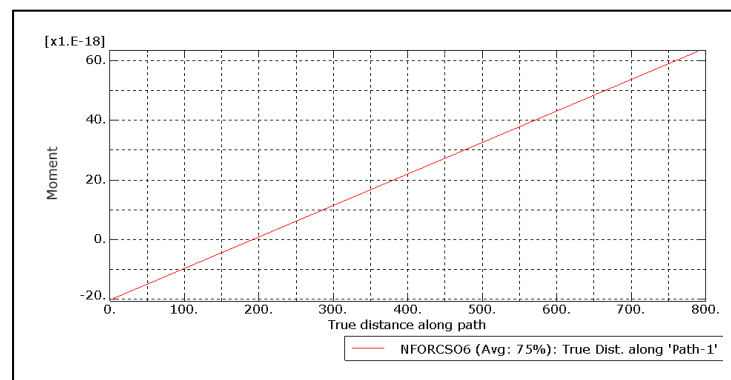


Gambar 18. Part 101



Gambar 19. FBD Part 101

Komponen ini mengalami Gaya tekan di titik A dan B. Gaya, yang bekerja merupakan gaya terpusat dengan besar 1.0 kg. Gaya tersebut merupakan berat handsanitizer, poros dan Gaya akibat pijakan kaki pengguna. Hasil perhitungan defleksi poros 101 dengan FEA sebesar  $7.48E-8$  mm. Berdasarkan data ini disimpulkan poros dalam kondisi *rigid*. Sedangkan *Bending Moment Diagram (BMD)* yang diprediksi dengan FEA seperti Gambar 20.



Gambar 20. BMD poros part 101

Berdasarkan hasil simulasi besar bending moment 9 kg mm. Material yang digunakan untuk membuat poros ini St 37, sehingga berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan 8 dapat diperoleh nilai maksimum momennya, sebesar,  $M = 1858.9 \text{ kg mm}$  dan dapat disimpulkan aman untuk digunakan pada mekanisme ini, karena masih di daerah linier elastis material St37.

## KESIMPULAN

Berdasarkan *draft digital design* dan analisa struktur dengan menggunakan CAD/CAE rancangan ini layak untuk dimanufaktur. Prediksi kekuatan dan kekakuan strukturnya cukup baik. Spesifikasi teknis produk ini. *Overall dimension*, tinggi total 1000 mm, lebar 150 mm, dan panjang 150 mm. Material yang dipergunakan st 37. Botol *handsanitizer* yang dipergunakan berkapasitas 1000 mL dengan ketinggian botol 135 mm.

## PENELITIAN SELANJUTNYA

Perlu rancangan baru yang lebih sederhana dengan fungsi yang sama serta biaya produksinya lebih murah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dassault Systèmes. (2014). ABAQUS 6.14 Getting Started with Abaqus: Interactive Edition. *ABAQUS 6.14 Getting Started*, 693. <http://abaqusdoc.ucalgary.ca/books/gsk/default.htm>
- Dassault Systèmes Simulia. (2012). Abaqus CAE User's Manual (6.12). In *Manuals*.
- Eiref, S. D., Leitman, I. M., & Riley, W. (2012). Hand Sanitizer Dispensers And Associated Hospital-Acquired Infections: Friend or fomite? *Surgical Infections*, 13(3), 137–140. <https://doi.org/10.1089/sur.2011.049>
- Hibbeler, R. (2012). *Twelfth Edition*. 665.
- Lee, J., Lee, J. Y., Cho, S. M., Yoon, K. C., Kim, Y. J., & Kim, K. G. (2020). Design of automatic hand sanitizer system compatible with various containers. *Healthcare Informatics Research*, 26(3), 243–247. <https://doi.org/10.4258/hir.2020.26.3.243>
- Logan, D. L. (1987). A first course in the finite element method. In Thomson (Ed.), *Finite Elements in Analysis and Design* (Fourth Ed, Vol. 3, Issue 2). Thomson. [https://doi.org/10.1016/0168-874x\(87\)90008-4](https://doi.org/10.1016/0168-874x(87)90008-4)
- Wichaidit, W., Naknual, S., Kleangkert, N., & Liabsuetrakul, T. (2020). Installation of pedal-operated alcohol gel dispensers with behavioral nudges and changes in hand hygiene behaviors during the covid-19 pandemic: A hospital-based quasi-experimental study. *Journal of Public Health Research*, 9(4), 423–427. <https://doi.org/10.4081/jphr.2020.1863>
- World Health Organization. (2021a). *Coronavirus*. [https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab_1)
- World Health Organization. (2021b). COVID-19: Occupational Health And Safety For Health Workers. *Who, February*, 1–16. [https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-HCW\\_advice-2021.1](https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-HCW_advice-2021.1)
- Younggi, D. (2021). *Teknik Mesin Manufaktur: Penomoran Baja Struktural Menurut DIN 17100*. <http://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2015/02/penomoran-baja-struktural-menurut-din.html>
- Zywicz, E., Deteresa, S., Simunovic, S., Lee, H., Starbuck, J. M., Boeman, R. G., Bank, C., ASTM International, ASTM D256, حائری روحانی, S., Test, C. V., Tests, O., Bv, G., Goldak, J., Nguyen, D., NN, Anónimo, Romanenko, A., Suslyaev, V., ... Banthia, V. K. (2012). Thin-walled structures as impact energy absorbers. *Materials and Design*, 2(1), 1–6. [https://doi.org/10.1016/S0263-8231\(02\)00082-4](https://doi.org/10.1016/S0263-8231(02)00082-4)