

# PERANCANGAN *COVER CENTRIFUGE* BERBAHAN LOGAM PENGGANTI PLASTIK UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI BIAYA PRODUKSI

(Studi Kasus di PT Nusalab Global Investama)

Andi Raihan Arif<sup>1</sup>, Dandi Yunidar<sup>2</sup> dan Hanif Azhar<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> *Desain Produk, Fakultas Industri Kreatif, Universitas Telkom, Jl. Telekomunikasi No 1, Terusan Buah Batu – Bojongsoang, Sukapura, Kec. Dayeuhkolot, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, 40257*  
*andiarif@student.telkomuniversity.ac.id, hanifazhar@telkomuniversity.ac.id,*  
*dandiyunidar@telkomuniversity.ac.id*

**Abstrak :** Indonesia, sebagai negara kepulauan terbesar dengan jumlah penduduk yang terus berkembang, menghadapi peningkatan kebutuhan dalam sektor kesehatan setiap tahunnya. Saat ini, sebagian besar alat kesehatan yang digunakan di Indonesia masih bergantung pada produk impor, dengan persentase ketergantungan mencapai sekitar 70%. PT. Nusalab Global Investama, sebuah perusahaan manufaktur alat kesehatan, memproduksi alat centrifuge dengan menggunakan bahan plastik sebagai material penutup (*cover*). Namun demikian, fluktuasi harga bahan baku plastik sering kali menyebabkan biaya produksi menjadi tinggi dan kurang stabil. Penelitian ini mengusulkan penggunaan material logam sebagai alternatif *cover* untuk mengurangi biaya tersebut. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif komparatif, dengan teknik pengumpulan data berupa wawancara, observasi, dan dokumentasi, serta analisis data menggunakan uji independent sample t-test. Selain itu, metode SCAMPER diterapkan untuk merancang solusi inovatif. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan logam lebih efisien secara biaya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan efisiensi produksi dan daya saing produk perusahaan di pasar domestik.

**Kata Kunci:** *Centrifuge*, Material Logam, Efisiensi Produksi

**Abstract :** Indonesia, as the largest archipelago with a growing population, faces increasing needs in the healthcare sector every year. Currently, most of the medical devices used in Indonesia still rely on imported products, with the percentage of dependence reaching around 70%. PT Nusalab Global Investama, a medical device manufacturing company, produces centrifuge equipment using plastic as cover material. However, fluctuations in the price of plastic raw materials often cause high and unstable production costs. This research proposes the use of metal as an alternative cover material to reduce these costs. The research method used is comparative quantitative, with data collection techniques in the form of interviews, observation, and documentation, and data analysis using the independent sample T-test. In addition, the SCAMPER method was

*applied to design innovative solutions. The results show that the use of metal is more cost-efficient. This research is expected to contribute to the improvement of production efficiency and competitiveness of the company's products in the domestic market.*

**Keywords:** *Centrifuge, Metal Materials, Production Efficiency.*

## PENDAHULUAN

Alat kesehatan memegang peranan penting dalam sistem pelayanan kesehatan modern, baik untuk kebutuhan pencegahan, diagnosis, pengobatan, maupun pemulihan pasien (WHO, 2022). Di Indonesia, sekitar 70% kebutuhan alat kesehatan masih dipenuhi oleh produk impor (Kemenkes, 2023), sehingga menimbulkan ketergantungan yang cukup tinggi terhadap pasar luar negeri. Untuk mengatasi hal ini, pemerintah menetapkan industri alat kesehatan sebagai sektor prioritas dalam kerangka *Making Indonesia 4.0*, serta mendorong program Peningkatan Penggunaan Produk Dalam Negeri (P3DN) melalui regulasi Tingkat Kandungan Dalam Negeri (TKDN) yang diatur dalam PP No. 29 Tahun 2018. Upaya ini bertujuan meningkatkan efisiensi, daya saing, dan kemandirian industri nasional.

Bersamaan dengan meningkatnya kebutuhan akan alat kesehatan akibat program Jaminan Kesehatan Nasional (JKN), industri lokal dituntut untuk lebih inovatif dan adaptif. Salah satu perusahaan yang turut berkontribusi dalam produksi alat kesehatan dalam negeri adalah PT. Nusalab Global Investama. Didirikan pada tahun 2022, perusahaan ini memproduksi berbagai alat laboratorium seperti *centrifuge*, *urine analyzer*, dan *microscope binokuler*. Dalam pengembangan produknya, PT. Nusalab Global Investama menghadapi tantangan biaya produksi yang tinggi, terutama pada komponen *cover centrifuge* berbahan plastik yang dibuat dengan metode *injection molding*. Metode ini memerlukan biaya awal besar untuk pembuatan cetakan, sehingga tidak efisien bagi produksi berskala kecil.

Sebagai alternatif solusi, penggunaan material logam untuk cover *centrifuge* menjadi opsi yang menarik. Proses fabrikasi logam, seperti pemotongan CNC atau *bending*, tidak memerlukan cetakan khusus sehingga lebih efisien dalam produksi terbatas. Selain itu, logam memiliki keunggulan dari segi kekuatan, daya tahan, dan stabilitas bentuk, serta telah digunakan secara luas dalam perangkat medis karena sifat mekanis dan ketahanan korosinya yang baik (Wang et al., 2021). Menurut Mecheter et al. (2023), penggunaan logam dalam produksi skala kecil cenderung lebih ekonomis dibandingkan plastik yang memerlukan proses cetak massal.

Meskipun telah ada beberapa studi yang menyoroti teknologi alternatif seperti 3D *printing* dan pemilihan desain manufaktur sederhana, masih terbatas penelitian yang secara spesifik mengevaluasi efisiensi biaya produksi cover *centrifuge* dengan membandingkan material plastik dan logam dalam konteks manufaktur lokal berskala kecil.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang cover *centrifuge* berbahan logam dan membandingkan efisiensi biayanya terhadap cover berbahan plastik. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat ditemukan alternatif desain yang tidak hanya memenuhi aspek fungsional dan keselamatan, tetapi juga mendorong efisiensi biaya produksi dan mendukung kemandirian industri alat kesehatan nasional.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed method*, yaitu kombinasi antara metode kuantitatif dan kualitatif untuk memperoleh gambaran menyeluruh terkait efisiensi biaya produksi cover *centrifuge* berbahan logam dan plastik. Pendekatan kuantitatif dilakukan melalui metode komparatif untuk membandingkan biaya produksi kedua material (Sugiyono, 2019), sedangkan pendekatan kualitatif digunakan untuk memahami alasan pemilihan material,

desain produk, serta pengalaman langsung dari pelaku produksi melalui wawancara dan observasi.

Data biaya produksi diperoleh melalui simulasi perancangan berbasis aplikasi CAD, riset harga komponen di pasaran, serta hasil wawancara dengan vendor produksi. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh data biaya produksi dari masing-masing material, sementara sampel berupa variasi volume dan metode produksi yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling (Sugiyono, 2016). Sumber data berasal dari satu perusahaan manufaktur alat kesehatan, yakni PT. Nusalab Global Investama, yang memiliki akses dan pengalaman langsung dalam penggunaan kedua material tersebut.

Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan uji *independent sample t-test* untuk melihat perbedaan signifikan antara biaya produksi material logam dan plastik. Sementara itu, data kualitatif dianalisis secara tematik untuk menangkap aspek kontekstual dalam proses perancangan dan produksi. Validasi dilakukan oleh Manajer Produksi sebagai validator teknis, Teknisi sebagai perwakilan pengguna teknis, dan Analis Laboratorium sebagai pengguna akhir. Validasi ini bertujuan menilai fungsi, kenyamanan, dan kelayakan produk, sehingga hasil rancangan dapat dipastikan efisien secara biaya sekaligus layak digunakan di lapangan.

## HASIL DAN DISKUSI

### Analisis Data

*Centrifuge* merupakan alat penting dalam analisis laboratorium yang berfungsi untuk memisahkan komponen darah, seperti eritrosit, leukosit, trombosit, dan plasma, melalui proses pemutaran berkecepatan tinggi. Berdasarkan hasil wawancara dengan Manajer Produksi PT. Nusalab Global Investama, penggunaan material logam dalam pengembangan cover centrifuge dipilih sebagai strategi efisiensi biaya. Logam dinilai lebih rasional untuk produksi

berskala kecil karena tidak memerlukan investasi tinggi seperti halnya plastik yang membutuhkan cetakan khusus. Selain itu, pengadaan bahan baku logam dinilai lebih mudah karena tersedia secara lokal dan mendukung kepatuhan terhadap kebijakan Tingkat Komponen Dalam Negeri (TKDN). Strategi ini sejalan dengan prinsip efisiensi dalam manajemen operasi dan pengembangan berbasis sumber daya lokal (Slack et al., 2020).

Wawancara juga mengungkapkan bahwa perusahaan memilih bekerja sama dengan pihak ketiga (vendor produksi) untuk menghindari investasi langsung pada fasilitas produksi. Pendekatan *outsourcing* ini digunakan sebagai bentuk efisiensi operasional dalam pengembangan produk (Heizer & Render, 2014). Perusahaan juga menunjukkan komitmen terhadap kepatuhan regulasi melalui sertifikasi CPAKB dan CDAKB, sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 16 Tahun 2020 tentang TKDN.

Observasi dilakukan pada dua lokasi: PT. Nusalab Global Investama dan vendor produksi PT. Parametrik Pilar Utama. Di lokasi pertama, observasi dilakukan pada 11 dan 19 November 2024 untuk memahami proses riset dan alur pengembangan produk alat kesehatan. Sementara itu, di lokasi vendor dilakukan observasi pada 21 dan 28 November 2024 untuk mengamati proses produksi, penggunaan mesin, jenis material, serta estimasi biaya yang diperlukan. Hasil observasi memperkuat data wawancara, bahwa penggunaan logam memungkinkan proses produksi yang lebih fleksibel, adaptif, dan efisien dalam skala terbatas.



Gambar 1 Observasi Lapangan  
sumber: dokumentasi penulis, 2024

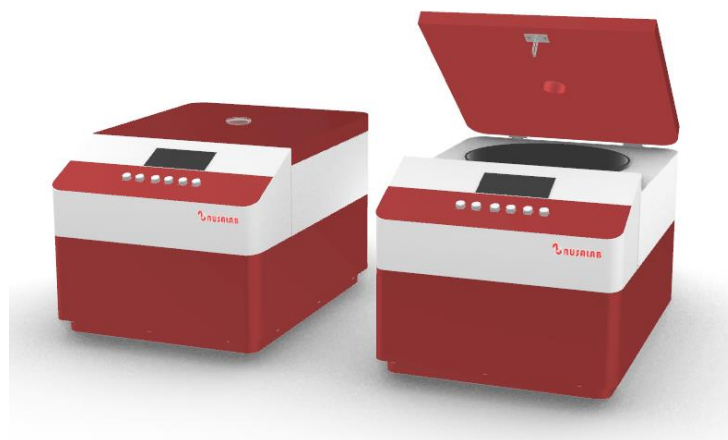
### Analisis Desain dan Material

Dalam perancangan *cover centrifuge* di PT. Nusalab Global Investama, pemilihan material logam dilakukan sebagai alternatif pengganti plastik untuk menjawab tantangan efisiensi biaya pada skala produksi kecil. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, penggunaan plastik menimbulkan biaya tinggi karena ketergantungan pada proses *injection molding* yang membutuhkan pembuatan cetakan khusus. Sebaliknya, logam dapat diproses tanpa cetakan, menggunakan metode seperti *bending*, *drilling*, *milling*, dan *welding*, yang lebih fleksibel dalam jumlah produksi terbatas

Material yang digunakan adalah SPCC (*Steel Plate Cold Rolled Coiled*), baja karbon rendah berstandar JIS G3141. Baja jenis ini termasuk baja karbon rendah dengan keunggulan utama berupa kelenturan tinggi dan kemudahan pembentukan (Daryadi et al., 2022), menjadikannya sangat cocok untuk proses fabrikasi menggunakan mesin CNC atau pengerjaan manual. Penggunaan material ini juga lazim dijumpai pada produk berpresisi tinggi seperti casing kulkas, *housing* motor, dan panel distribusi daya (Kounan Steel, 2022). Dari sisi performa, logam

SPCC memberikan ketahanan struktural yang baik, tampilan akhir yang rapi, dan mendukung prinsip keberlanjutan karena sifatnya yang mudah didaur ulang.

Desain produk disusun berdasarkan pendekatan fungsional, ergonomis, dan produksi massal terbatas. Proses perancangan melalui tahapan *mind mapping*, *product positioning*, serta *skoring* alternatif menghasilkan desain akhir yang mempertimbangkan keamanan pengguna, kemudahan perakitan, serta tampilan profesional. Berikut adalah desain yang dihasilkan



Gambar 2 Final Design  
sumber: dokumentasi penulis, 2024

### Analisis Biaya

Variabel biaya produksi adalah semua biaya yang dikeluarkan untuk membuat satu unit produk, baik dari bahan plastik maupun logam. Biaya ini mencakup investasi awal (seperti cetakan atau mesin), bahan baku, proses produksi, serta finishing dan quality control. Dalam perhitungan ini, biaya investasi dibagi ke 20 unit produksi agar bisa dibandingkan dengan biaya langsung lainnya. Tujuannya adalah untuk melihat mana metode yang lebih efisien dari sisi biaya per unit. Berikut adalah variabel biaya produksi yang telah dibuat

Tabel 1 variabel biaya produksi

| Komponen Biaya | Cover Plastik (Cetakan)<br>(Rp) | Cover Logam ( <i>Handmade</i> )<br>(Rp) |
|----------------|---------------------------------|-----------------------------------------|
|----------------|---------------------------------|-----------------------------------------|

|                                             |                                |                                             |
|---------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|
| Biaya Tetap (Investasi / 20 unit)           | 27.000.000                     | 16.955.145                                  |
| Biaya Bahan Baku                            | 11.520                         | 66.670                                      |
| Biaya Produksi ( <i>Molding/ Handmade</i> ) | 19.000<br>( <i>Injection</i> ) | 2.749.000<br>( <i>Laser, Bending, dst</i> ) |
| Finishing dan QC                            | 72.000                         | 135.000                                     |
| <b>Subtotal Biaya Produksi Langsung</b>     | <b>Rp. 102.520</b>             | <b>Rp. 2.815.670</b>                        |
| FOH ( <i>Factory Overhead</i> ) 15%         | 15.378                         | 422.351                                     |
| Margin Keuntungan 25%                       | 25.630                         | 703.918                                     |
| <b>Total Harga Produksi per Unit</b>        | <b>Rp. 27.143.529</b>          | <b>Rp. 20.897.083</b>                       |

sumber: dokumentasi penulis

### Analisis Uji t-test

Uji independent sample t-test dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata biaya produksi per unit cover centri-fuge berbahan plastik dan logam. Pengujian ini digunakan karena kedua kelompok data bersifat independen (tidak saling bergantung) dan mewakili dua populasi yang berbeda berdasarkan jenis bahan produksi. Berikut adalah pengolahan data menggunakan Excel Analysis Toolpak dengan uji t-test: *Two Sample Assuming Equal Variances*, diperoleh sebagai berikut

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

|                              | 2.8E+07  | 2.4E+07  |
|------------------------------|----------|----------|
| Mean                         | 26583131 | 20150821 |
| Variance                     | 6.98E+12 | 3.55E+12 |
| Observations                 | 19       | 19       |
| Pooled Variance              | 5.26E+12 |          |
| Hypothesized Mean Difference | 0        |          |
| df                           | 36       |          |
| t Stat                       | 8.640616 |          |
| P(T<=t) one-tail             | 1.32E-10 |          |
| t Critical one-tail          | 1.688298 |          |
| P(T<=t) two-tail             | 2.65E-10 |          |
| t Critical two-tail          | 2.028094 |          |

Gambar 3 Hasil Uji t-test

sumber: dokumentasi penulis, 2024

Hasil uji *Independent Sample T-Test* menunjukkan nilai  $t$  hitung sebesar 8,6406 yang lebih besar dari  $t$  tabel (2,028), serta nilai  $p$ -value sebesar 0,00000000026 yang jauh lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05. Dengan demikian, **hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak** dan **hipotesis alternatif ( $H_1$ ) diterima**, yang berarti **terdapat perbedaan yang signifikan** antara rata-rata biaya produksi *cover centrifuge* berbahan plastik dan logam. Temuan ini menunjukkan bahwa perbedaan material secara nyata memengaruhi besar kecilnya biaya produksi per unit.

#### Hasil Produk

Berikut adalah foto produk disajikan sebagai dokumentasi visual dari hasil perancangan berbahan logam. Gambar-gambar ini menunjukkan bentuk akhir produk, serta menjadi bukti bahwa desain telah direalisasikan dan siap untuk tahap pengujian lebih lanjut.



Gambar 4 Foto Produk  
sumber: dokumentasi penulis, 2024

Validasi

Validasi dalam penelitian ini bertujuan memastikan produk memenuhi standar fungsi dan kebutuhan pengguna. Proses ini mencakup dua tahap: validasi fungsional untuk menilai kinerja teknis, dan validasi desain oleh pengguna akhir terkait kenyamanan dan kemudahan penggunaan. Dua pihak terlibat dalam proses ini, yaitu Manajer Produksi sebagai ahli teknis, dan Analis Laboratorium sebagai pengguna langsung, guna menjamin objektivitas dan relevansi hasil evaluasi. Berikut adalah validasi fungsional yang dilakukan

LEMBAR UJI VALIDASI FUNGSIONAL

**A. Identitas**  
Nama Penyusun : Andi Rahlan Arif  
Nama Validator : Mohd Bagas Tri Admajo, S.Tr.Tem  
Pekerjaan : Manajer Produksi

**B. Tujuan**  
Lembar validasi ini ditujukan untuk mengetahui pendapat validator sebagai ahli yang memahami dan memahami yang baik dan benar, sehingga dapat menilai produk *centrifuge* yang dibuat dalam perancangan ini

**C. Petunjuk Pengisian**  
1. Berikan tanda (✓) pada kolom yang telah dibuat sesuai dengan penilaian validator terhadap produk *centrifuge* yang dibuat dalam perancangan ini  
2. Berikut merupakan kriteria penilaian:  
5 = Sangat baik  
4 = Baik  
3 = Cukup  
2 = Kurang  
1 = Sangat Kurang

**D. Tabel Penilaian**

| No | Parameter yang diuji                     | Kriteria Keberhasilan                                         | Hasil Uji |   |   |   |   |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|
|    |                                          |                                                               | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Pemutup dapat dibuka dan ditutup         | Pemutup terbuka dan tertutup tanpa hambatan                   |           |   |   | ✓ |   |
| 2. | Kekuatan magnet saat membuka dan menutup | Engsel tidak patah atau longgar saat digunakan                |           |   |   | ✓ |   |
| 3. | Ketahanan terhadap getaran               | Cover tidak lepas atau bergeser saat mesin menyala            |           |   |   | ✓ |   |
| 4. | Kemampuan saat beroperasi                | Tidak ada bagian longgar dan membahayakan pengguna            |           |   |   | ✓ |   |
| 5. | Kemampuan ukuran dengan body unit        | Cover pas dan presisi menutup seluruh bagian sesuai rancangan |           | ✓ |   |   |   |
| 6. | Eстетika dan perawatan                   | Warna tidak memudar, terdapat cap dan profesional             |           |   | ✓ |   |   |
| 7. | Proses pemasangan dan perawatan          | Cover dapat dipasang atau dilepas dengan mudah oleh teknisi   |           |   |   | ✓ |   |
| 8. | Ketahanan terhadap suhu ruang kerja      | Tidak terjadi deformasi pada suhu 25-30°                      |           |   |   | ✓ |   |

**E. Kritik dan Saran**  
Wajib terdapat bagian lubang yang bentuk muat akanakan leti letakdi letak Sani Al-Gasag, lalu terdapat bagian mana yang masih kurang cukup jika dilihat dari detail, dan yang terakhir masih terdapat Sudut yang cukup baik

**F. Kesimpulan**  
Perancangan Cover *Centrifuge* berbahan logam pengganti plastik, dinyatakan:  
1. Layak digunakan tanpa revisi  
2. Layak digunakan jika diperbaiki sesuai revisi  
3. Tidak Layak digunakan  
Mohon berikan tanda (O) pada nomor yang sesuai dengan kesimpulan ini

Tangerang, 13 Juni 2025

Mohd Bagas Tri Admajo, S.Tr.Tem

Gambar 5 Validasi Fungsional  
sumber: dokumentasi penulis, 2024

Adapun validasi fungsional yang dilakukan dengan pengguna akhir, berikut adalah lembar uji validasi fungsional yang dilakukan dengan pengguna akhir atau analis dengan menyesuaikan alur kerja dari analis atau tenaga kerja laboratorium, sebagai berikut

**LEMBAR UJI VALIDASI PENGGUNA**

**A. Identitas**  
 Nama Penyusun : Andi Rahman Arif  
 Nama Validator : Rizki Dicky Suardi, A.Md, Kes  
 Pekerjaan : Analis

**B. Tujuan**  
 Lembar validasi ini ditujukan untuk mengetahui pendapat validator sebagai pengguna alat kesehatan c, sehingga dapat menilai produk *centrifuge* yang dibuat dalam perancangan ini.

**C. Petunjuk Pengisian**  
 1. Berikan tanda (x) pada kolom yang telah dibuat sesuai dengan penilaian validator terhadap produk *centrifuge* yang dibuat dalam perancangan ini.  
 2. Berikut merupakan kriteria penilaian:  
 5 = Sangat baik  
 4 = Baik  
 3 = Cukup  
 2 = Kurang  
 1 = Sangat Kurang

**D. Tabel Penilaian**

| No | Parameter yang diuji                   | Kriteria Keberhasilan                                      | Hasil Uji |   |   |   |   |
|----|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|
|    |                                        |                                                            | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Tampilan desain menyehatkan            | Desain tampak profesional, proporsional, dan sesuai fungsi |           |   |   |   | ✓ |
| 2. | Kemudahan membukakan cover             | Dapat dibuka/ditutup dengan satu tangan tanpa hambatan     |           | ✓ |   |   |   |
| 3. | Kemudahan proses saat digunakan        | Uang dan sudut sesuai kenyamanan kerja tenaga laboratorium |           |   |   |   | ✓ |
| 4. | Kepuasan panel indikator               | Tampilan dan tampilan display mudah dibaca dan dipahami    |           |   |   | ✓ |   |
| 5. | Kemudahan desain luar                  | Tidak ada ruang tajam atau bagian yang mengganggu pengguna |           |   |   | ✓ |   |
| 6. | Keterbaca warna dan font               | Tampilan rapi, warna sesuai lingkungan laboratorium        |           |   |   | ✓ |   |
| 7. | Kebersihan saat diambuh                | Tidak gresy atau mudah bergores saat diambuh               |           |   |   | ✓ |   |
| 8. | Kemudahan dengan aksesnya laboratorium | Tidak mengganggu workflow analis                           |           |   |   | ✓ |   |

**E. Kritik dan Saran**  
 Dengan desain yang lebih baik, tentu dapat lebih mudah digunakan oleh tenaga kerja laboratorium, untuk kenyamanan pengguna, mungkin bisa dengan warna yang lebih rapi, serta desain yang lebih baik.

**F. Kesimpulan**  
 Perancangan Cover Centrifuge berbahan logam pengganti plastik, dinyatakan:  
 1. Layak digunakan tanpa revisi  
 2. Layak digunakan jika diperbaiki sesuai revisi  
 3. Tidak Layak digunakan

Mohon berikan tanda (X) pada nomor yang sesuai dengan kesimpulan ini  
 Tangerang, 16 Juni 2025  
 Rizki Dicky Suardi, A.Md, Kes

Gambar 6 Validasi Fungsional  
 sumber: dokumentasi penulis, 2024

## KESIMPULAN

Penelitian ini merespons permasalahan biaya produksi di PT. Nusalab Global Investama dengan merancang *cover centrifuge* berbahan logam sebagai alternatif pengganti plastik. Hasil uji *t-test* menunjukkan adanya perbedaan signifikan biaya produksi antar material, yang membuktikan bahwa pemilihan bahan berpengaruh nyata terhadap efisiensi biaya. Validasi desain menunjukkan produk layak digunakan dengan perbaikan. Temuan ini diharapkan menjadi acuan strategis bagi perusahaan dalam memilih material yang lebih efisien tanpa mengorbankan kualitas, serta membuka ruang untuk penelitian lanjutan terkait daya tahan material dan proses produksi secara keseluruhan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Daryadi, D., Hartono, H., Carli, C., Sunarto, S., Saputra, E., & Armanto, E. (2022). Rancang bangun presstool pembuka tutup botol jenis crown dengan kapasitas 262 unit/jam. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(1), 195. <https://doi.org/10.32497/jrm.v17i1.3487>
- Heizer, J., & Render, B. (2014). *Manajemen operasi: Manajemen keberlangsungan dan rantai pasokan* (Edisi 11). Jakarta: Salemba Empat
- Kounan Steel. (n.d.). *Cold rolled steel sheet (SPCC-SD, JIS G3141)*. Kounan Steel. Retrieved June 26, 2025, <https://www.kounansteel.com/products/cr-sheets>
- Mecheter, A., Tarlochan, F., & Kucukvar, M. (2023). A review of conventional versus additive manufacturing for metals: Life-cycle environmental and economic analysis. *Sustainability*, 15(16), 12299. <https://doi.org/10.3390/su151612299>
- Pemerintah Indonesia. (2018). Tujuan TKDN untuk mendukung program Peningkatan Penggunaan Produk Dalam Negeri (P3DN). *Peraturan Pemerintah No. 29 Tahun 2018, Pasal 61*
- Slack, N., & Brandon-Jones, A. (2019). *Operations management* (9th ed.). Pearson Education. <https://www.pearson.com/en-gb/subject-catalog/p/operations-management/P200000005429/9781292270340>
- Sugiyono. (2016). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta CV
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta CV
- Wang, Y., Duan, H., Zhang, Z., Chen, L., & Li, J. (2024). Research progress on the application of natural medicines in biomaterial coatings. *Materials*, 17(22), 5607. <https://doi.org/10.3390/ma17225607>

World Health Organization. (2022). Global Atlas of Medical Devices 2022.

Geneva: WHO. Retrieved from.

<https://www.who.int/publications/i/item/99789240062207>

