

Modifikasi Arah Aliran dan Penerapan *Cyclone Separator* Pada Alat Penghisap Aerosol

Budi Triyono, Dimas Farhan Siswantomo, Heri Widiatoro,
Ilham Azmi, Undiana Bambang

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559
E-mail : budi.triyono@polban.ac.id

ABSTRAK

Dalam masa pandemi virus Covid-19, aktivitas perawatan gigi dan mulut yang dilakukan dokter gigi sangat tinggi resiko terjadi penularan antara dokter gigi dan pasien atau sesama pasien dikarenakan aktivitas tersebut memproduksi aerosol yang merupakan salah satu media penularannya. Alat penghisap aerosol atau *extraoral suction* (EOS) banyak digunakan oleh dokter gigi yang berfungsi untuk menghisap partikel berukuran kecil yang dihasilkan saat penanganan gigi dan mulut. Penggunaan penghisap di klinik dokter gigi tersebut dapat mengurangi potensi penularan dan penyebaran virus Covid-19. Alat sejenis telah banyak tersedia di pasaran, namun belum dirancang khusus untuk mengantisipasi penularan virus Covid-19. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi EOS yang tersedia di pasaran dengan cara membalikkan arah aliran hisapan udara dan menambahkan *cyclone separator* sebagai pemisah cairan dan udara yang masuk ke alat tersebut serta dilakukan pula investigasi pengaruh modifikasi yang dilakukan terhadap peningkatan kinerja alat. Penerapan *cyclone separator* pada produk EOS hasil modifikasi produk *existing* yang telah dibuat pada penelitian ini terbukti cukup efektif dalam memisahkan udara dan cairan yang ikut terhisap hingga 83,15% sehingga dapat meningkatkan efektivitas alat dalam mencegah penyebaran virus Covid-19 dan dapat memperpanjang umur pakai filter yang dapat mengurangi biaya operasional.

Kata Kunci

Virus covid-19, dokter gigi, aerosol, *extraoral suction* (EOS), modifikasi, *cyclone separator*

1. PENDAHULUAN

Covid-19 merupakan penyakit yang disebabkan oleh *severe acute respiratory syndrome coronavirus* (SARS-CoV-2). Virus ini menyebabkan gangguan sistem pernapasan, mulai dari gejala ringan seperti flu, hingga infeksi paru-paru yang dapat menyebabkan pneumonia. Kasus pertama penyakit ini ditemukan di kota Wuhan, Cina, pada akhir Desember 2019. Selain mengganggu sistem pernafasan, bahaya dari penyakit ini adalah sangat mudah menular sehingga berpotensi menyebabkan terjadinya pandemi berkepanjangan. Pada tanggal 2 Maret 2020 pemerintah Indonesia mengumumkan kejadian wabah ini pertama kali ditemukan di Kota Depok. Dalam waktu kurang dari satu bulan, telah ditemukan penyebaran kasus covid-19 di 34 provinsi.

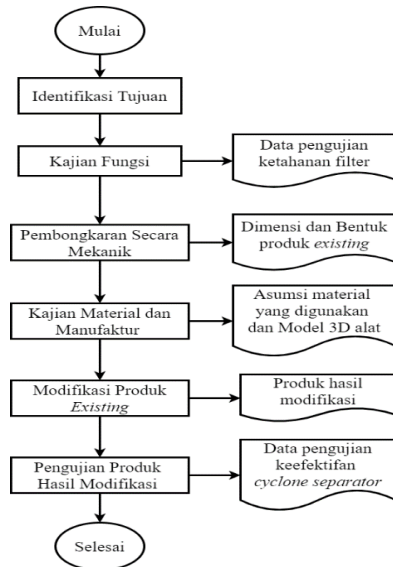
BNPB dan Kementerian Kesehatan Indonesia menghimbau untuk seluruh dokter gigi Indonesia menghentikan dahulu praktik selama masa pandemi ini [1]. Persatuan Dokter Gigi Indonesia menerbitkan buku dengan judul "*Panduan Dokter Gigi Dalam Era New Normal*" yang berisikan panduan pelaksanaan pelayanan gigi dan mulut agar dokter gigi dapat membuka praktiknya kembali pada masa pandemi COVID-19. Salah satu alat yang dibutuhkan untuk mengurangi resiko penularan COVID-19 pada klinik dokter gigi adalah penggunaan *Extraoral suction* pada

setiap aktivitas penanganan gigi dan mulut yang menghasilkan aerosol maupun droplet [2].

Saat ini telah tersebar beberapa produk *extraoral suction* yang tersedia di pasaran, namun belum dirancang khusus untuk mengantisipasi penyebaran virus Covid-19. Pada penelitian ini akan dilakukan *failure analysis* pada salah satu produk *extraoral suction* buatan lokal yang bertujuan untuk mengidentifikasi kekurangan dari alat tersebut serta akan dilakukan pengembangan produk dengan memodifikasi produk *existing* yang telah dikaji.

2. METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode rekayasa ulang yang merujuk pada teknik *reverse engineering* Robert W. Messler. Teknik tersebut meliputi: identifikasi tujuan, kajian fungsi, pembongkaran, kajian material, kajian manufaktur, dan evaluasi produk *existing* [3]. Dilanjutkan dengan teknik *adaptive redesign* Kevin N. Otto untuk melakukan proses modifikasi pada produk *existing*. Alur proses rekayasa ulang dan proses modifikasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Rekayasa Ulang dan Modifikasi Produk

2.1 Identifikasi Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan fungsi dari salah satu produk *existing extraoral suction* yang tersedia di pasaran dengan memodifikasi produk tersebut agar lebih aman digunakan dalam masa pandemi virus Covid-19.

2.2 Kajian Fungsi

Kajian fungsi dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap fungsi utama produk *extraoral suction* dalam menghisap aerosol maupun droplet dan pengujian terhadap fungsi bagian alat. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian daya hisap, kebisingan, dan daya tahan filter. Berdasarkan pengujian awal yang dilakukan didapatkan bahwa daya hisap produk *existing* adalah 12,5 kPa dan tingkat kebisingan produk *existing* pada mulut hisap adalah 73 dB.

Pengujian awal juga dilakukan dengan menguji ketahanan filter untuk mengetahui seberapa besar air yang dapat ditahan oleh filter. Pada pengujian tersebut didapatkan bahwa filter hanya dapat menahan air kurang dari 2 liter. Setelah 2 liter, filter akan meneteskan air ke filter dibawahnya. Hal ini mengakibatkan berkurangnya efisiensi filter dan mengurangi umur pakai filter itu sendiri. Pada penggunaan ekstrim diketahui kecepatan air pada penggunaan ultrasonic scaler untuk pembersihan karang gigi adalah 30 ml/min [4]. Jika pengerjaan *dental cleaning* 30 menit sampai 60 menit [5] dengan asumsi 1/3 volume air terhisap maka filter hanya dapat bertahan sampai penanganan 8 pasien gigi saja.

2.3 Kajian bentuk dan Dimensi

Pembongkaran secara mekanik dilakukan untuk melakukan kajian bentuk dan pengukuran dimensi terhadap setiap komponen produk *existing*. Disamping

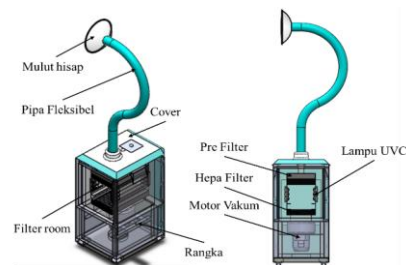
itu pembongkaran juga bertujuan untuk melakukan mempermudah kajian material dan manufaktur yang akan dilakukan selanjutnya. Proses pengukuran dan pembongkaran secara mekanik diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembongkaran dan pengukuran produk *existing*

2.4 Kajian Material dan Manufaktur

Kajian material produk *existing* pada penelitian ini hanya dilakukan dengan cara sentuhan dan visual sehingga material dari setiap komponen tidak dapat didefinisikan dengan benar. Kajian manufaktur produk *existing* dilakukan dengan mengidentifikasi bentuk serta memperkirakan proses pembuatan setiap komponen produk *existing*. Kajian manufaktur juga bertujuan untuk mempermudah pembuat model 3D detail dari produk *existing* seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Model Detail Produk *Existing*

2.5 Modifikasi Produk *Existing*

Proses modifikasi produk *existing* menggunakan metode *adaptive redesign* berdasarkan produk *existing* yang telah dianalisa. *Adaptive redesign* merupakan proses penyelesaian masalah terhadap produk *existing* dengan cara membuat prinsip solusi alternatif pada suatu subsistem, mengganti suatu subsistem, atau menambahkan subsistem baru pada produk eksisting [6].

Proses modifikasi akan berfokus terhadap peningkatan keamanan alat, kenyamanan dan daya tahan filter. Peningkatan keamanan alat dilakukan dengan mengubah arah aliran menjadi dari bawah ke atas serta penambahan komponen *cyclone separator* yang ditempatkan sebelum pre filter. Perencanaan siklon

separator akan menggunakan metode *classical cyclone design* (CCD). Tahapan CCD meliputi penentuan dimensi siklon, perhitungan kerugian tekanan, dan konsumsi daya dari penerapan siklon [7]. Sebelum menghitung kerugian tekanan diperlukan perhitungan mengenai kecepatan masuk udara siklon menggunakan Persamaan 1.

$$V_{in} = \frac{Q}{W.H} \quad (1)$$

V_{in} = Kecepatan masuk udara (m/s)
 Q = Debit udara (m³/s)
 H = Ketinggian saluran masuk (m)
 W = Lebar saluran masuk (m)

Setelah didapatkan besaran kecepatan udara masuk siklon, dapat dihitung kerugian tekanan akibat siklon dengan menggunakan Persamaan 2.

$$\Delta P = \frac{\alpha \cdot \rho \cdot V_{in}^2}{2} \text{ atau } \alpha = \frac{16 \cdot W \cdot H}{D_c^2} \quad (2)$$

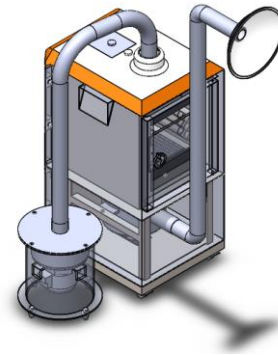
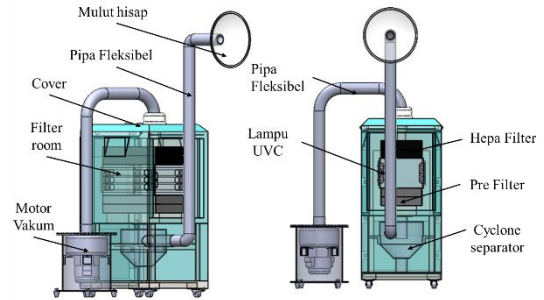
ΔP = Pressure-loss pada *cyclone separator* (Pa)
 ρ = Massa jenis udara (kg/m³)
 D_c = Diameter keluar gas (m)
 V_{in} = Kecepatan masuk udara (m/s)
 N_e = Jumlah putaran efektif
 H = Ketinggian saluran masuk (m)
 W = Lebar saluran masuk (m)
 α = Jumlah head pada kecepatan masuk
 K = Konstanta ($K = 12$ sampai 18 untuk standar siklon tangensial)

Hasil perhitungan kerugian tekanan dapat dijadikan acuan untuk mengetahui konsumsi daya akibat penerapan siklon dengan menggunakan Persamaan 3.

$$P_c = Q \cdot \Delta P \quad (3)$$

P_c = Konsumsi daya akibat siklon (Watt)
 ΔP = Pressure-loss pada *cyclone separator* (Pa)
 Q = Debit udara (m³/s)

Motor vakum dipisahkan dari badan utama *extraoral suction* dan disambung dengan menggunakan sebuah pipa fleksibel seperti ditunjukkan oleh rancangan alat di Gambar 4. Hal ini dilakukan untuk mengurangi suara bising yang dapat mengganggu proses penanganan gigi dan mulut.



Gambar 4. Gambaran Rancangan Modifikasi

2.6 Pengujian Hasil Modifikasi

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian produk hasil modifikasi yang meliputi pengujian daya hisap, pengujian kebisingan, dan pengujian keefektifan *cyclone separator*.

3. PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah tahapan-tahapan dan hasil dari proses rekayasa ulang dan modifikasi produk *existing extraoral suction* yang telah dilakukan

3.1 Daftar Tuntutan

Daftar tuntutan dari penelitian ini didapatkan berdasarkan kajian kebutuhan melalui pengujian produk *existing* yang telah dilakukan dan standar spesifikasi unit *extraoral suction* menurut Persatuan Dokter Gigi Indonesia (PDGI) yang tercantum dalam buku "Panduan Dokter Gigi Dalam Era New Normal".

Berdasarkan kajian kebutuhan yang telah dilakukan, didapatkan daftar tuntutan sebagai berikut:

1. Daya 500-1000 Watt
2. Kekuatan vakum 10-35 kPa
3. Kebisingan < 65 dB
4. Penerapan separator cairan dan udara

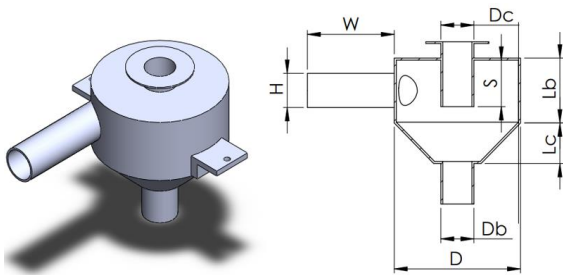
3.2 Perencanaan *Cyclone Separator*

Cyclone separator pada umumnya digunakan pada *vacuum cleaner* yang berfungsi untuk memisahkan partikel debu atau pengotor dari udara. Pada penelitian ini, penerapan *cyclone separator* bertujuan untuk memisahkan cairan seperti droplet, percikan saliva, dan

darah yang ikut terhisap unit *extraoral suction* dari udara yang akan difiltrasi oleh filter berlapis. Penentuan dimensi *cyclone separator* pada rancangan modifikasi akan menyesuaikan rangka dan tidak mengikuti perhitungan desain standar *cyclone separator* dengan alasan dimensi standar tidak dapat disesuaikan dengan daftar tuntutan perancangan. Tabel 1 dan Gambar 5 memberikan penjelasan dan ilustrasi mengenai bentuk dan dimensi *cyclone separator* yang akan diterapkan pada produk *existing*.

Tabel 1. Dimensi *cyclone separator*

Cyclone separator dimensions (mm)		
Diameter od cyclone body	D	160
Length of the body	Lb	80
Height of inlet	Lc	50
Width of inlet	H	42
Diameter inlet	W	110
Diameter gas exit	Dc	42
Diameter liquid exit	Dd	42
Length of vortex finder	S	58



Gambar 5. Bentuk *Cyclone Separator*

Sebelum melakukan perhitungan kerugian pada siklon dan konsumsi daya dibutuhkan data kecepatan masuk udara. Kecepatan masuk udara siklon dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$V_{in} = \frac{Q}{W \cdot H}$$

Berdasarkan panduan dokter gigi dalam era new normal, debit aliran minimum HVE adalah 3000 liter/menit atau setara 0,05 m³/s, maka:

$$V_{in} = \frac{0,05}{0,042 \times 0,110} = 10,82 \text{ m/s}$$

Setelah mendapatkan data kecepatan masuk udara, dengan diketahui massa jenis udara 1,22 kg/m³ kerugian tekanan pada siklon dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\Delta P = \frac{\alpha \cdot \rho \cdot V_{in}^2}{2}$$

$$\alpha = \frac{16 \cdot W \cdot H}{Dc^2}$$

$$\Delta P = 2988,31 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = 30,47 \approx 30,5 \text{ cmH}_2\text{O}$$

Konsumsi daya yang dibutuhkan akibat penerapan siklon dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini:

$$P_c = Q \cdot \Delta P$$

$$P_c = 149,41 \text{ Watt}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui kerugian tekanan akibat siklon sebesar 30,5 cmH₂O dan daya yang dibutuhkan sebesar 149,41 Watt.

3.3 Pembuatan Komponen

Pada tahap modifikasi *extraoral suction* dibutuhkan beberapa komponen baru untuk meningkatkan keamanan alat, kenyamanan dan daya tahan filter. Komponen tersebut adalah *cyclone separator* dan rumah motor vakum.

Cyclone separator pada penelitian ini akan dibuat menggunakan bahan stainless steel dimana material tersebut memiliki sifat material yang tahan karat. Adapun rancangan *cyclone separator* untuk modifikasi *extraoral suction* diperlihatkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Pembuatan dan pemasangan *cyclone separator*

Pada tahap modifikasi ini, komponen motor vakum dikeluarkan dari badan utama alat dikarenakan dudukan vakum motor sebelumnya digunakan sebagai tempat menyimpan *cyclone separator*. Maka dibutuhkan rumah motor vakum baru yang ditempatkan diluar badan alat penghisap aerosol.

Setelah komponen *cyclone separator* dan rumah motor pompa vakum selesai dibuat, maka selanjutnya dilakukan langkah perakitan dengan komponen-komponen lainnya. Gambar 6 menunjukkan produk yang telah dimodifikasi dan dirakit kembali dan siap untuk diuji.



Gambar 7. Produk Hasil Modifikasi

3.4 Prinsip Kerja

Penghisapan partikel aerosol maupun droplet akan dipacu dengan putaran motor vakum. Aerosol yang terhisap akan menuju *cyclone separator* untuk dilakukan proses separasi cairan dan udara. Cairan akan terjebak di bawah siklon, cairan terkontaminan akan disterilisasi menggunakan cairan desinfektan. Selanjutnya udara akan menuju filter room untuk proses filtrasi dengan filter berlapis. Kontaminan kurang dari 0,3 mikron akan terjebak di filter dan akan dilakukan proses sterilisasi oleh lampu UVC. Udara yang telah melewati proses filterisasi dan sterilisasi akan dikeluarkan melewati motor vakum dan dilepas ke ruangan sebagai udara bersih.

3.5 Pengujian Produk Hasil Modifikasi

Produk yang telah dimodifikasi selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui keefektifan hasil modifikasi. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian daya hisap, pengujian tingkat kebisingan, dan pengujian keefektifan *cyclone separator*.

3.5.1 Hasil Pengujian Daya Hisap

Pengujian daya hisap dilakukan untuk mengetahui perubahan daya hisap produk setelah dilakukan modifikasi. Daya hisap awal sebelum produk dimodifikasi adalah sebesar 12,5 kPa. Pengujian daya hisap dilakukan dengan cara mengukur tekanan vakum motor vakum yang ditunjukkan oleh perbedaan permukaan cairan pada manometer dengan air (H₂O) sebagai cairannya.

Perbedaan ketinggian air manometer yang didapatkan adalah 109 cm atau setara dengan 10,68 kPa, sehingga dapat disimpulkan bahwa daya hisap unit produk *existing* hasil modifikasi mengalami penurunan tekanan, penurunan tekanan ini disebabkan adanya kerugian tekanan tambahan pada *cyclone separator* dan pipa fleksibel dari rangka utama ke rumah vakum.

3.5.2 Hasil Pengujian Tingkat Kebisingan

Pengujian kebisingan dilakukan untuk mengetahui besarnya tingkat kebisingan yang dikeluarkan oleh produk setelah dilakukan modifikasi. Berdasarkan spesifikasi awal, produk ini mengeluarkan kebisingan kurang dari 65 dB. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tingkat kebisingan menggunakan alat pengukur tingkat kebisingan ketika alat dinyalakan. Pengukuran dilakukan di titik mulut hisap alat dan titik rumah motor alat. Tabel 2 adalah hasil pengukuran tingkat kebisingan

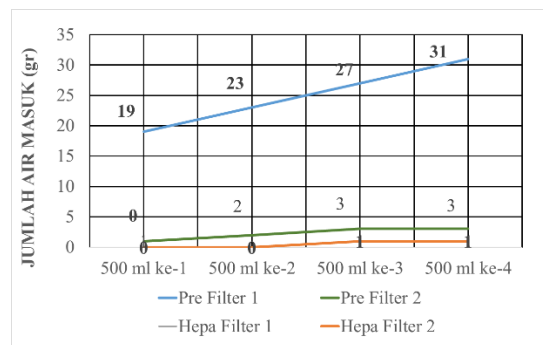
Tabel 2. Data Pengujian Kebisingan

Lokasi Pengukuran	Rata-Rata (dB)	Max (dB)
Mulut suction	67	71
Rumah motor vakum	74	81

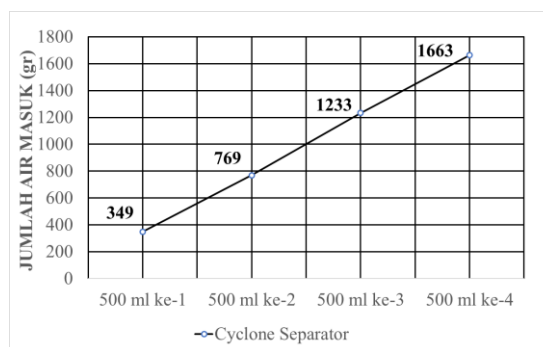
Hasil pengukuran tingkat kebisingan maksimal yang didapatkan adalah sebesar 71 dB di titik mulut hisap dan 81 dB di titik ruang motor. Dapat disimpulkan bahwa nilai tingkat kebisingan unit produk *existing* yang telah dimodifikasi ini mengalami pengurangan di titik mulut hisap. Pada ruang motor yang diletakan jauh dari *body* utama didapatkan tingkat kebisingan yang tinggi, hal ini dikarenakan rumah vakum belum dilengkapi peredam suara.

3.5.3 Hasil Pengujian Efektivitas *Cyclone separator*

Pengujian keefektifan *cyclone separator* dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif pengaplikasian *cyclone separator* pada produk *extraoral suction*. Pengujian dilakukan dengan cara menyemprotkan air dalam bentuk *spray* saat produk dinyalakan. Air yang masuk ke *cyclone separator* dan filter akan dikur dengan menimbang air dan filter.



Gambar 8. Jumlah cairan yang tertangkap pada pre filter dan HEPA filter



Gambar 9. Jumlah cairan pada *cyclone separator*

Gambar 8 dan 9 menunjukkan jumlah air yang masuk kedalam komponen *cyclone separator* dan filter. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pre filter hanya menangkap kurang dari 10% cairan yang masuk, sedangkan *cyclone separator* dapat berfungsi dengan sangat baik dengan menangkap 83,15% dari cairan yang disemprotkan ke dalam unit alat penghisap aerosol. Hal ini menunjukkan bahwa *cyclone separator* dapat berfungsi dengan efektif untuk memperpanjang masa penggunaan filter.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penerapan *cyclone separator* pada produk *extraoral suction* (EOS) hasil modifikasi produk *existing* yang telah dibuat pada penelitian ini terbukti secara efektif dapat memisahkan udara dan cairan yang ikut terhisap hingga 83,15% sehingga dapat meningkatkan keamanan dan efektivitas alat dalam mengantisipasi penyebaran virus Covid-19. Selain itu, penerapan *cyclone separator* juga dapat memperpanjang umur pakai filter sehingga dapat menekan biaya operasional untuk pembelian komponen habis pakai seperti pre-filter dan HEPA filter.

Alat hasil modifikasi ini belum dilengkapi dengan pengingat pembuangan cairan yang tertampung pada *cyclone separator* sehingga diperlukan indikator pengingat pembuangan cairan agar mempermudah operasional dan perawatan produk *extraoral suction* hasil modifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] CNN Indonesia, “BNPB: 20 Dokter Meninggal, Tak Semua Terkait Corona,” 6 April 2020. [Online]. Available: <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20200406144614-20-490794/bnpb-20-dokter-meninggal-tak-semua-terkait-corona>.
- [2] R. Amtha , I. Gunardi, I. Dewanto, A. Widyarman dan C. Theodorea, “PANDUAN DOKTER GIGI DALAM ERA NEW NORMAL,” *Monograph Press*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [3] R. W. Messler, “Methods of Product Teardown,” in *Reverse Engineering Mechanisms, Structures, Systems, and Materials*, New York: McGraw-Hill Education, 2014.
- [4] S. C. Trenter dan A. D. Walmsley, “Ultrasonic dental scaler: associated hazards,” *Journal of clinical periodontology*, vol. 30, no. 2, pp. 95-101, 2003.
- [5] Renaissance Dental Center, “How Long Does A Dental Cleaning Take?,” renaissancedentalcenter.com, [Online]. Available: <https://renaissancedentalcenter.com/dental-cleaning-how-long-take/>. [Diakses 22 Maret 2021].
- [6] K. N. Otto dan K. L. Wood, “A REVERSE ENGINEERING AND REDESIGN METHODOLOGY FOR PRODUCT EVOLUTION,” dalam *The 1996 ASME Design Engineering Technical Conferences and Design Theory and Methodology Conference* , California, 1996.
- [7] K. Bashir, “Design and fabrication of cyclone separator,” China University of Petroleum, 2015.