

Data Pencipta:

1. Nama : Ir. Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho, S.T., M.T.
Alamat : Jl. Medokan Sawah Timur 2D/No.4, Surabaya
E-mail : oktavianto@instrum-eng.its.ac.id
No. Telepon : 081233946404
Kode Pos : 60295

2. Nama : Mahendra Dwi Fahreza
Alamat : Jl. Keputih Perintis 1A No. 7, Keputih, Sukolilo
E-mail : mahendrafhrz1202@gmail.com
No. Telepon : 081268193214
Kode Pos : 60111

Lampiran I
Peraturan Menteri Kehakiman R.I
Nomor : M.01-HC.03.01 Tahun
1987

Kepada Yth. :
Direktur Jenderal HKI
Melalui Direktur Hak Cipta,
Desain Industri, Desain Tata Letak,
Sirkuit Terpadu dan Rahasia Dagang
Di Jakarta

PERMOHONAN PENDAFTARAN CIPTAAN

I. Pencipta :

| | | |
|--------------------|---|--|
| 1. Nama | : | Ir. Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho, S.T., M.T |
| 2. | : | Mahendra Dwi Fahreza |
| 3. | : | |
| 4. Kewarganegaraan | : | Indonesia |
| 5. Alamat | : | Jl. Medokan Sawah Timur 2D/No.4, Surabaya |
| | : | Jl. Keputih Perintis 1A No. 7, Keputih, Sukolilo |
| 6. Telepon | : | |
| 7. No. HP & E-mail | : | 081233946404 / oktavianto@instrum-eng.its.ac.id |
| | : | 081268193214/mahendrafhrz1202@gmail.com |
| | : | |

II. Pemegang Hak Cipta :

| | | |
|--------------------|---|--|
| 1. Nama | : | Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) |
| 2. Kewarganegaraan | : | Indonesia |
| 3. Alamat | : | Kantor Transfer Teknologi, DIKST, Gedung Pascasarjana, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111 |
| 4. Telepon | : | 031-5923458 |
| 5. No. HP & E-mail | : | 085850079107; man.sktt@its.ac.id |
| | : | |

III. Kuasa :

| | | |
|--------------------|---|-------|
| 1. Nama | : | |
| 2. Kewarganegaraan | : | |
| 3. Alamat | : | |
| 4. Telepon | : | |
| 5. No. HP & E-mail | : | |

- IV. Jenis dari judul ciptaan : A Multi-Sensor Smart Inhaler System for Adherence Monitoring and Aerosol Particle Optimization Using Real-Time Signal
- V. Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia
- VI. Uraian Ciptaan : Tertulis dilembar terpisah

Surabaya, 30 November 2025

Tanda Tangan :

Nama Lengkap : Agus Muhamad Hatta S.T., M.Si., Ph.D.
Direktur Inovasi dan Kawasan Sains Teknologi – ITS

Uraian Ciptaan :

Inovasi ini berupa sebuah sistem perangkat lunak interaktif yang secara khusus dikembangkan untuk melakukan pemodelan, simulasi, dan visualisasi performa dari sebuah *smart inhaler* yang dilengkapi dengan enam sensor serta enam aktuator. Sistem ini dibangun menggunakan pendekatan *real-time* signal modeling guna menganalisis pola inhalasi pengguna secara langsung, memantau tingkat kepatuhan terhadap penggunaan perangkat (*adherence monitoring*), serta mengoptimalkan proses penghantaran aerosol secara efisien. Seluruh elemen dalam sistem ini terintegrasi dalam sebuah platform berbasis C#, yang mampu menghasilkan empat belas sinyal secara simultan melalui proses komputasi numerik dan pengelolaan data dengan *buffering*. Representasi sinyal disajikan dalam berbagai domain analisis, yang tidak hanya memperjelas karakteristik pola pernapasan dan respons aktuator, tetapi juga mengungkap dinamika interaksi kompleks antara sensor dan aktuator dalam konteks operasional sistem secara keseluruhan.

Sistem ini mengimplementasikan pemodelan teknis yang merepresentasikan enam sensor utama, masing-masing menggambarkan parameter vital dalam proses inhalasi. Sensor aliran udara (*flow sensor*) berfungsi menghitung volume udara yang masuk selama proses inhalasi berlangsung. Sensor tekanan bertugas memantau fluktuasi tekanan diferensial sebagai respons terhadap tarikan napas. Sementara itu, sensor kelembaban mendeteksi tingkat kejemuhan uap air pada jalur inhalasi, yang mencerminkan kondisi lingkungan pernapasan. Sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) merekam data orientasi dan percepatan perangkat, sehingga memungkinkan deteksi kesesuaian sudut penggunaan inhaler. *Optical particle counter* digunakan untuk mengukur konsentrasi serta dinamika partikel aerosol yang terhirup. Selain itu, sensor SpO₂ memberikan estimasi tingkat saturasi oksigen pengguna sebagai indikator tambahan kondisi fisiologis. Seluruh sensor menghasilkan sinyal yang bersifat dinamis dan dapat dimodifikasi melalui pengaturan parameter dalam antarmuka grafis pengguna (GUI), memberikan fleksibilitas dalam skenario simulasi.

Dalam sistem ini, enam aktuator dimodelkan secara rinci guna merepresentasikan mekanisme pengendalian dan optimalisasi distribusi aerosol. Aktuator nozzle variabel berfungsi menyesuaikan lebar bukaan inhaler untuk mengatur kecepatan partikel aerosol yang dilepaskan. *Solenoid valve* dikendalikan untuk mengatur durasi serta intensitas pembukaan katup, memberikan kontrol presisi terhadap aliran obat. Aktuator umpan balik getar (*vibratory feedback*) memberikan stimulasi mekanis kepada pengguna sebagai pengingat atau motivator dalam penggunaan yang sesuai. Modul tampilan dosis (*dose-display*) secara real-time menyajikan informasi terkait jumlah dosis yang tersisa. Selain itu, elemen pemanas (*heater*) mengatur suhu lokal untuk memengaruhi stabilitas dan sifat fisik aerosol, sedangkan indikator LED menyampaikan status operasional perangkat secara visual. Semua aktuator ini dikembangkan dengan model parameter adaptif yang memungkinkan penyesuaian secara *real-time*, mendukung simulasi berbagai skenario penggunaan dalam konteks medis dan penelitian.

Untuk merepresentasikan tantangan teknis dalam kondisi implementasi nyata, sistem ini menyertakan fitur penambahan *noise* acak pada setiap sinyal sensor dan aktuator. *Noise* yang dimasukkan mensimulasikan berbagai gangguan seperti turbulensi aliran udara, getaran mekanis perangkat, interferensi elektronik, serta distorsi optik yang umum terjadi dalam perangkat inhaler komersial. Sebagai langkah mitigasi, sistem juga dilengkapi

dengan modul penyaringan digital menggunakan filter *Infinite Impulse Response* (IIR) orde rendah, yang berfungsi untuk mereduksi efek noise dan menghasilkan sinyal yang lebih bersih. Kombinasi antara mekanisme gangguan dan pemfilteran ini memberikan pengguna kemampuan untuk mengeksplorasi dampak distorsi terhadap interpretasi sinyal serta menguji efektivitas algoritma pemrosesan sinyal yang diimplementasikan dalam sistem.

Sistem ini disertai visualisasi sinyal secara *real-time* dalam empat domain analisis yang berbeda, masing-masing memberikan perspektif unik terhadap dinamika proses inhalasi. Dalam domain waktu, pengguna dapat mengamati perubahan sinyal secara kronologis untuk mengevaluasi dinamika pernapasan. Domain frekuensi digunakan untuk mengidentifikasi komponen osilasi serta puncak spektral yang menandakan ciri khas sinyal tertentu. Selanjutnya, domain s memungkinkan pengguna mengevaluasi envelope sinyal serta kestabilan sistem berdasarkan transformasi Laplace. Sementara itu, domain z memberikan visualisasi terhadap karakteristik sinyal dalam ranah bilangan kompleks, memetakan pola distribusi stabilitas serta respons frekuensi digital. Ketiga kondisi sinyal mentah (*raw*), terganggu (*noisy*), dan telah difilter (*filtered*) yang ditampilkan secara berdampingan, memberikan wawasan komprehensif bagi pengguna untuk membandingkan secara visual maupun kuantitatif pengaruh noise dan efektivitas proses pemfilteran.

Inovasi sistem ini menghadirkan pendekatan baru melalui integrasi komprehensif antara pemodelan sensor, pemodelan aktuator, simulasi noise, penyaringan digital, serta visualisasi sinyal multidomain dalam satu platform terpadu. Per hari ini, belum tersedia sistem simulasi smart inhaler yang mampu secara bersamaan memodelkan enam sensor dan enam aktuator dengan struktur sinyal yang kompleks namun tetap dapat dikonfigurasi secara interaktif. Keberadaan sistem ini sangat potensial untuk dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti penelitian perangkat inhaler cerdas, pengembangan teknologi medis berbasis sinyal, evaluasi algoritma pengoptimalan distribusi aerosol, studi kepatuhan pengguna, serta pembelajaran di ranah instrumentasi medis. Dengan demikian, ciptaan ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi inhaler generasi terbaru yang berbasis pendekatan pemodelan sinyal yang presisi dan adaptif.