

## **LAPORAN AKHIR**

### **KONSORSIUM RISET DAN INOVASI COVID-19**



### **Rancang Bangun Prototipe Alat Pengetesan Real-time Reverse Transcriptions Polymerase Chain Reaction (RTPCR)**

#### **TIM PENGUSUL**

Dr. Machsus, ST., MT  
Dr. Muhammad Nur Yuniarto  
Dr. Wiwiek Hendrowati, ST., MT  
Indra Sidharta, ST., MSc  
Dr. Bambang Sampoerno, ST., MT.  
Dr. dr. Achmad Chusnu Romdhoni, Sp. THT-KL (K)  
Galih Priyo Atmojo, ST  
Etty Sri Heriati, ST., MM  
dr. Zahrotunnisa, M. Biotech  
Didik Purwanto

#### **LEMBAGA PENGUSUL**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**KEMENTERIAN RISET DAN TEKNOLOGI/BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL  
DAN  
LEMBAGA PENGELOLA DANA PENDIDIKAN  
KEMENTERIAN KEUANGAN  
TAHUN 2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

### PROGRAM KONSORSIUM RISET DAN INOVASI COVID-19 TAHUN 2020

---

**Judul Riset dan Inovasi** : Rancang Bangun Prototipe Alat Pengetesan Real Time Reverse Transcriptions Polymerase Chain Reaction (RT-PCR)

**Ketua Tim**

a. Nama Lengkap : Dr. Machsus, ST., MT  
b. NIP / NIK : 197309142005011002  
c. Asal Lembaga : Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
d. Alamat Lembaga : Kampus ITS Keputih Sukolilo, Surabaya 60111  
e. Nomor Handphone (HP) : 08123215364  
f. Alamat Email : machsusfawzy@gmail.com, machsus@ce.its.ac.id

**Lembaga Pengusul**

a. Nama Lembaga : Direktorat Inovasi dan Kawasan Sains Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
b. Nama Pimpinan Lembaga : Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA.  
c. Alamat Lembaga : Kampus ITS Keputih Sukolilo, Surabaya 60111  
d. Alamat Email : direktorat.inov-ks@its.ac.id  
e. Nomor Telepon : 031-5953759, 031-5955793

**Narahubung Tim**

Nama Lengkap : Dr. Muhammad Nur Yuniarto.  
Nomor Handphone (HP) : 081331273856  
Alamat Email : muhammad.nur3006@gmail.com

**Rekapitulasi Anggaran**

Total Usulan Anggaran : Rp. 999.993.750,-

Surabaya, 26 Juni 2020

Mengetahui,

Ketua Tim



Dr. Machsus, ST., MT  
NIP. 197309142005011002

Direktor Inovasi dan Kawasan Sains Teknologi



Dr. Achmad Affandi, DEA.  
NIP. 196510141990021001

# DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	2
DAFTAR ISI .....	3
ABSTRAK .....	5
1 PENDAHULUAN .....	7
1.1 Latar Belakang.....	7
1.2 Tujuan .....	9
1.3 Manfaat.....	10
2 TINJAUAN PUSTAKA DAN KEBARUAN RISET DAN INOVASI .....	11
2.1 Tinjauan Pustaka .....	11
2.2 Kebaruan Riset dan Inovasi .....	16
3 METODE Riset .....	18
3.1 Metode dan Tahapan Pengembangan Teknologi/Pelaksanaan Kajian .....	18
3.2 Struktur Organisasi Konsorsium .....	21
3.3 Rencana Kegiatan .....	22
3.4 Luaran .....	22
4 CAPAIAN KEGIATAN PENELITIAN.....	23
4.1 Perancangan, Prototyping dan Uji Fungsi <i>Thermal Cycler</i> .....	25
4.2 Perancangan, Prototyping dan Uji Fungsi <i>Fluorescence Detector</i> .....	31
4.3 Perancangan, Prototyping dan Uji Fungsi <i>Graphical User Interface</i> .....	35
4.4 Integrasi Komponen dalam Sistem Operasi Mesin rRTPCR .....	38
4.5 Rekapitulasi Capaian Kegiatan Penelitian .....	39
DAFTAR PUSTAKA .....	40
LAMPIRAN.....	42
Lampiran 1: Prototipe Mesin rRTPCR.....	42
Lampiran 2: Dokumen Desain Engineering (ED, BoQ, BoM) Mesin rRTPCR .....	42

Lampiran 3: Dokumen Harga Pokok Produksi (HPP) Mesin rRTPCR.....	42
Lampiran 4: Draft HKI Desain Industri Mesin rRTPCR .....	42

## ABSTRAK

Covid19 telah menjadi pandemi global. Hampir semua negara di dunia memiliki kasus positif virus covid19 dan tiap hari kasusnya mengalami kenaikan. Bahaya dari virus covid19 tidak terletak pada fatalitinya akan tetapi terletak pada kecepatan penularannya. Kecepatan penularan ini yang dapat melumpuhkan system Kesehatan sebuah negara karena akan timbul jumlah pasien covid19 yang sangat banyak dan melebihi kapasitas Kesehatan yang ada di suatu negara. Negara-negara di Eropa dan Amerika Serikat telah mengalami hal ini. Sehingga pada puncak kasus, banyak tenaga medis di negara-negara itu yang telah melakukan strategi pemilihan pasien mana yang akan ditolong dan pasien mana yang akan dibiarkan meninggal.

Kondisi seperti ini butuh penanganan dan strategi mitigasi yang tepat. Salah satu cara untuk merumuskan strategi mitigasi yang tepat adalah dengan mendeteksi sedini mungkin penyebaran virus Covid19. Deteksi dini penyebaran virus Covid19 ini dapat dilakukan dengan rapid test atau real-time Reverse Transcriptions Polymerase Chain Reaction (rRTPCR). Jumlah pengetesan awal ini harus banyak (massif) sesuai dengan jumlah populasi yang dimiliki suatu negara. Indonesia, negara dengan jumlah penduduk no 4 di dunia (+ 250 juta) memiliki masalah dalam hal jumlah pengetesan ini. Rasio pengetesan terhadap jumlah penduduk di Indonesia masih sangat kecil, hanya 0.25 per 1000 orang populasi. Hal ini disebabkan terbatasnya jumlah mesin pengetesan virus Covid19 ini. Mesin uji covid19 di Indonesia hanya berada pada rumah sakit atau badan test Kesehatan di beberapa provinsi besar. Akibatnya jumlah tes yang bisa dilakukan menjadi sangat minim. Minimnya jumlah pengetesan berakibat pada banyaknya orang yang positif Covid19 tapi tidak merasa atau tahu dirinya terinfeksi sehingga mereka tetap beraktifitas seperti semula dan menularkan virus yang ada pada dirinya ke orang lain. Ini terbukti dengan banyaknya kasus kematian akibat Covid19 pada pasien yang belum pernah ditest dan telah menularkan virusnya ke orang lain. Sebenarnya ada solusi untuk menekan laju penularan virus covid19 yaitu dengan melakukan total lockdown terhadap negara. Artinya dengan total lockdown rakyat tidak perlu ditest dan tidak perlu dipisahkan antara yang sudah terinfeksi dan yang tidak. Mereka hanya dibatasi tidak boleh keluar rumah sama sekali selama 1 atau 2 bulan. Bagi Indonesia total lockdown bukan solusi karena akan mematikan semua sektor dan sendi kehidupan.

Sehingga solusi yang harus dilakukan oleh bangsa Indonesia adalah dengan melakukan segregasi populasi yang terinfeksi dengan yang tidak sedini mungkin. Untuk melakukan hal ini diperlukan mesin uji atau mesin test rRTPCR yang sangat banyak. Permasalahannya adalah harga mesin rRTPCR yang ada di pasaran sangat mahal. 1 Unit mesin rRTPCR bisa mencapai angka 1,5 Milyar rupiah, sehingga kalau misalnya mesin rRTPCR ini harus ada di setiap kabupaten maka diperlukan anggaran

sebesar minimal sebesar 622 Milyar. Angka ini belum termasuk biaya untuk operasional dan pengujiannya yang bisa mencapai 1 juta per test. Jika test ini dilakukan pada 10% populasi maka akan dibutuhkan dana triliunan rupiah.

Berangkat dari masalah diatas, maka proposal penelitian ini diajukan untuk melakukan rancang bangun mesin rRTPCR dengan target hasil akhir adalah mesin uji rRTPCR yang harganya dapat terjangkau (dibawah 200 juta rupiah per unit). Selain itu jika mesin rRTPCR ini dapat dikuasai teknologinya maka bangsa Indonesia tidak perlu tergantung pada bangsa lain sehingga secara ketahanan nasional bangsa ini lebih terjamin. Perlu ditekankan disini bahwa mesin rRTPCR ini tidak hanya berguna untuk mendeteksi potensi ancaman virus seperti covid19 di masa mendatang akan tetapi juga digunakan untuk mendukung riset bioteknologi yang lain di bidang penyakit, imunitas, pangan dan bidang-bidang bioteknologi lainnya.

Rancang bangun mesin rRTPCR dalam proposal ini adalah pengembangan lanjutan dari mesin PCR hasil rekayasa tim peneliti. Dalam proposal ini mesin PCR yang sudah ada akan ditambahi dengan fitur Reverse Transcription. Fitur lain yang akan ditambahkan adalah fitur detector virus Covid19 dalam bentuk sinar fluorescent dengan panjang gelombang tertentu (menggunakan sumber cahaya dan filter tertentu) yang nantinya akan bisa digunakan untuk mendeteksi keberadaan virus dalam DNA yang ditest. Fitur terakhir yang akan ditambahkan adalah perangkat lunak antar muka cerdas (*Intelligent User Interface*) yang secara otomatis akan menarik kesimpulan apakah specimen uji DNA positif Covid19 atau tidak.

Pelaksanaan rancang bangun dalam proposal ini akan melibatkan tenaga ahli dari tiga institusi yaitu ITS-Surabaya, BBTCLPP Surabaya, dan RSUD. Tim ahli ITS akan bertanggung jawab dari sisi mekanikal dan sistem kontrol mesin rRTPCR ini. Sementara tim ahli dari BBTCLPP dan RSUD bertanggung jawab dari sisi kebutuhan operasional dan validasi mesin rRTPCR yang menjadi obyek penelitian dalam proposal ini. Dengan Kerjasama antar tenaga ahli yang sesuai dengan bidangnya diharapkan dalam 1 tahun prototipe mesin rRTPCR ini dapat diwujudkan.

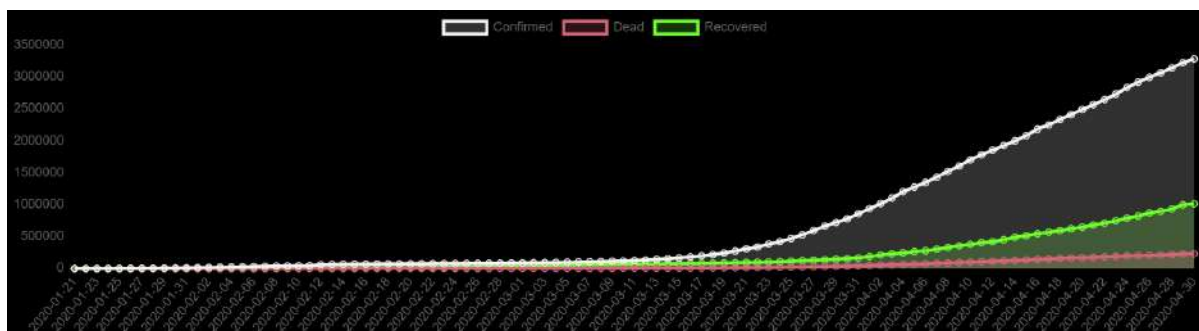
Capaian dari kegiatan penelitian dan pengembangan mesin rRTPCR diperoleh: Prototipe Mesin rRTPCR, Dokumen Desain Engineering Mesin rRTPCR, Harga Pokok Produksi (HPP) Mesin rRTPCR, dan Desain Industri Mesin rRTPCR, masing-masing sejumlah 1 unit, atau 1 set. Hasil penelitian ini masih perlu dikembangkan lebih lanjut untuk penyempurnaan prototipe, dan proses sertifikasinya ke instansi terkait.

**Kata Kunci: Covid19, Rapid Test, rRTPCR**

# 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Covid19 telah menjadi pandemi di seluruh dunia. Ratusan ribu orang di seluruh dunia telah meninggal dunia akibat virus ini. Jutaan lainnya telah terinfeksi virus ini sehingga mengakibatkan hampir semua sendi kehidupan di seluruh dunia berhenti. Krisis ekonomi akibat pandemi Covid19 ini menjadi hal yang nyata. Hampir semua aktifitas dihentikan untuk menghentikan penularan virus covid19 ini. Trend dari status jumlah infeksi diseluruh dunia masih memperlihatkan adanya peningkatan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Virus ini terdeteksi pertama kali pada bulan Januari 2020 dan hanya membutuhkan waktu kurang dari 4 bulan telah menginfeksi 3,5 juta orang di seluruh dunia dan mengakibatkan kematian sekitar 300 ribu orang sampai dengan tanggal 30 April 2020. Ini menunjukkan bahwa penularan virus ini sangat cepat dan dengan tingkat fatality rata rata di seluruh dunia mencapai 7.05%. Angka fatality ini cukup tinggi mengingat dapat diartikan dalam 100 orang populasi akan ada sekitar 7 orang yang meninggal dunia akibat virus Covid19 di seluruh dunia.



**Gambar 1. Status Covid19 di seluruh dunia pada tanggal 30 April 2020. [1]**

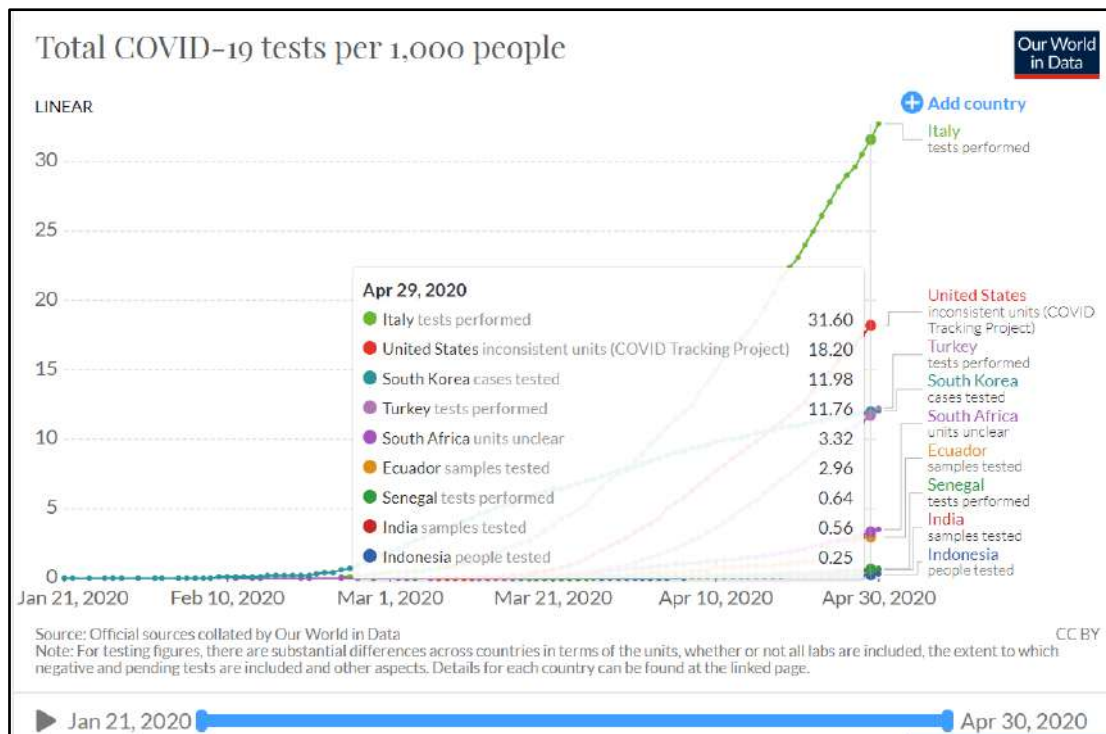
Bagaimana dengan kasus Covid19 di Indonesia? Berdasarkan data yang dirilis oleh covid19.go.id pada tanggal 1 Mei 2020 pukul 12.00 WIB, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, Indonesia memiliki 10.551 kasus positif Covid19 dengan jumlah pasien sembuh mencapai 1.591 orang dan pasien meninggal mencapai 800 orang. Dengan data ini dapat dilihat bahwa fatality rate Covid19 di Indonesia mencapai 7,6% atau sedikit lebih tinggi dibanding rata-rata dunia.



Gambar 2. Data status Covid19 di Indonesia per tanggal 1 Mei 2020. [2]

Banyak yang menyangsikan kebenaran data Covid19 di Indonesia karena rendahnya jumlah kasus yang terkonfirmasi positif. Hal tersebut dikarenakan minimnya jumlah pengetesan covid19 yang dilakukan oleh pemerintah Indonesia terhadap populasi rakyat di Indonesia seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa test covid19 yang dilakukan di Indonesia termasuk yang paling rendah dari seluruh negara di dunia dimana Indonesia hanya melakukan 0.25 orang untuk 1000 penduduk. Angka ini sangat kecil dibandingkan misalnya dengan Italia yang mencapai 31.6 orang untuk 1000 penduduk disana. Data ini yang membuat banyak pihak di dunia misalnya WHO yang sampai saat ini sangat mendorong diadakannya tes yang lebih banyak dan massif kepada Sebagian besar rakyat Indonesia. Mengapa jumlah tes sangat penting karena dengan diadakannya jumlah tes yang banyak kepada Sebagian besar rakyat maka akan dengan mudah dicari sumber penularan penyakit dan diambil Langkah-langkah mitigasinya.





**Gambar 3. Perbandingan jumlah tes COVID19 di negara negara di dunia. [3]**

Rendahnya jumlah pengetesan Covid19 di Indonesia disebabkan oleh beberapa hal diantaranya adalah ketersediaan alat pengetesan Covid19 yang harganya sangat mahal (Rp 1 M lebih) dan ketersediaan cairan reagen yang susah untuk didapatkan di Indonesia karena kedua hal tersebut Indonesia masih harus impor atau mendatangkan dari negara lain. Sampai saat ini hanya rumah sakit besar dan badan pengujian di propinsi yang besar yang memiliki kapasitas dan kemampuan untuk melakukan pengujian Covid19 di Indonesia. Ini menjadi masalah yang sangat serius dan harus segera ditangani dan dicarikan solusi agar masalah covid19 dapat diatasi dengan Langkah proaktif di Indonesia. Bukan seperti saat ini yang cenderung menunggu baru kemudian diobati. Hal ini juga yang mengakibatkan tingginya angka kematian akibat Covid19 di Indonesia. Oleh karena itu, Penelitian dan Pengembangan alat uji Covid19 dengan metode real-time Reverse Transcriptions Polymerase Chain Reaction (rRTPCR) dibutuhkan.

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari usulan ini adalah agar:

- Indonesia memiliki teknologi rRTPCR sendiri yang murah dan mudah untuk dioperasikan sehingga nantinya jumlah uji covid19 bisa dapat ditingkatkan jumlahnya. Sehingga pasien yang positif Covid19 dapat dideteksi sedini mungkin dan dapat dirumuskan cara-cara pencegahannya agar penyakit Covid19 tidak menular ke orang lain.

- b. Prototipe rRTPCR yang murah (target harga dibawah 250 juta rupiah) dengan menggunakan desain dari tim peneliti dan menggunakan komponen nasional yang tersedia

### **1.3 Manfaat**

Manfaat dari hasil penelitian dan pengembangan dalam proposal ini adalah:

- a. Dengan dikuasai teknologi rRTPCR yang murah ini maka jumlah pengujian terhadap ancaman sebuah virus yang menjadi epidemi atau pandemi dapat dinaikkan jumlahnya sehingga pemerintah bisa merumuskan mitigasi terhadap sebuah ancaman sebuah virus nantinya.
- b. Alat rRTPCR yang murah ini akan dapat memperkaya program-program penelitian tentang virus lain selain covid19 yang banyak di Indonesia salah satunya adalah Demam Berdarah Dengue (DBD) yang tingkat fatalitinya melebihi virus covid19.
- c. Teknologi rRTPCR ini akan membuka dimensi baru bagi penelitian tentang virus (cRNA ataupun DNA), penelitian tentang ketahanan pangan, penelitian tentang obat-obatan dan sebagainya.
- d. Indonesia bisa terlepas dari ketergantungan import alat-alat Kesehatan terutama mesin rRTPCR

## 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN KEBARUAN RISET DAN INOVASI

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Pada dasarnya ada dua metode pengujian covid19 yang biasa dilakukan dalam dunia medis. Yang pertama adalah dengan menggunakan metode test cepat (rapid test) dan yang kedua menggunakan metode real-time Reverse Transcriptions Polymerase Chain Reaction (rRTPCR). Perbedaan kedua metode tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



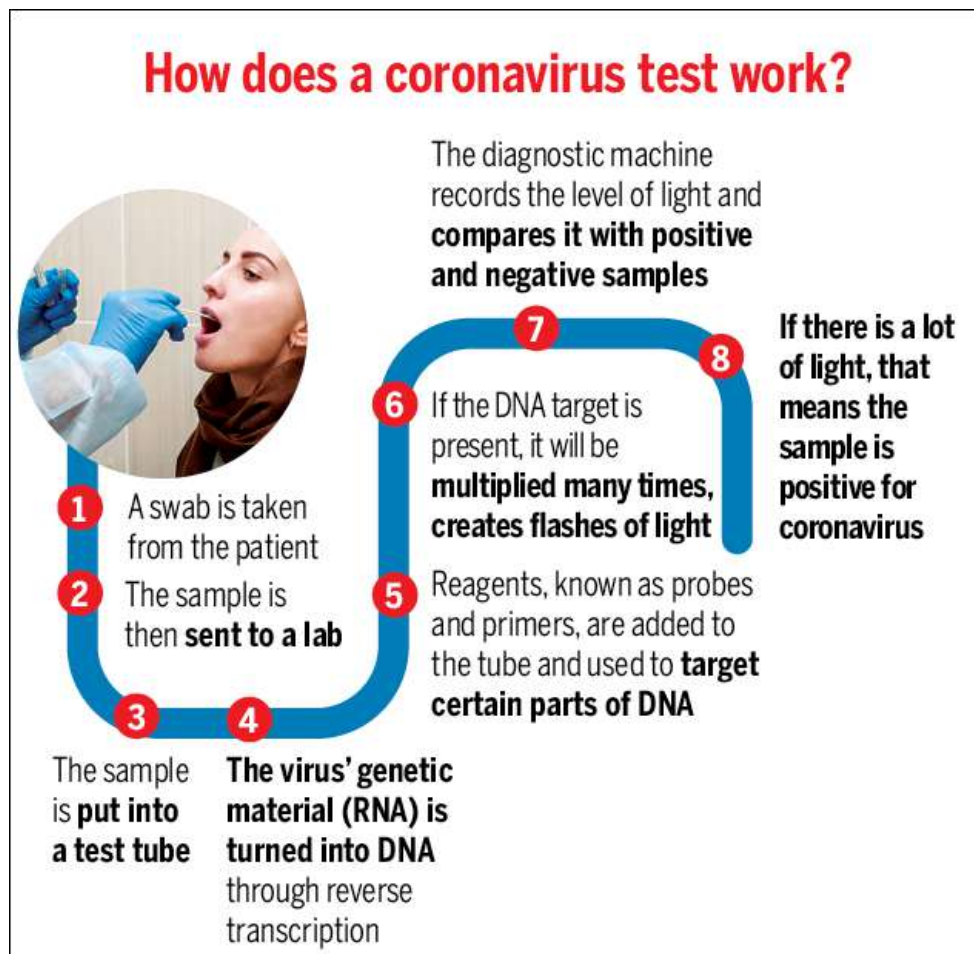
Gambar 4. Perbandingan metode test Covid19: PCR Test dan Rapid Test Kit [4]

Dari uraian gambar diatas dapat disimpulkan bahwa metode rRTPCR lebih baik dibandingkan dengan metode Rapid Test karena hasil uji atau test yang dilakukan lebih presisi dalam menentukan terinfeksi atau tidaknya seseorang dengan Covid19. Atas dasar hal ini maka tim peneliti mengusulkan untuk meneliti dan mengembangkan prototipe rRTPCR yang harganya terjangkau dan presisi.

Urutan proses pengujian dan pendeteksian virus Covid19 dalam tubuh pasien adalah sebagai berikut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5:

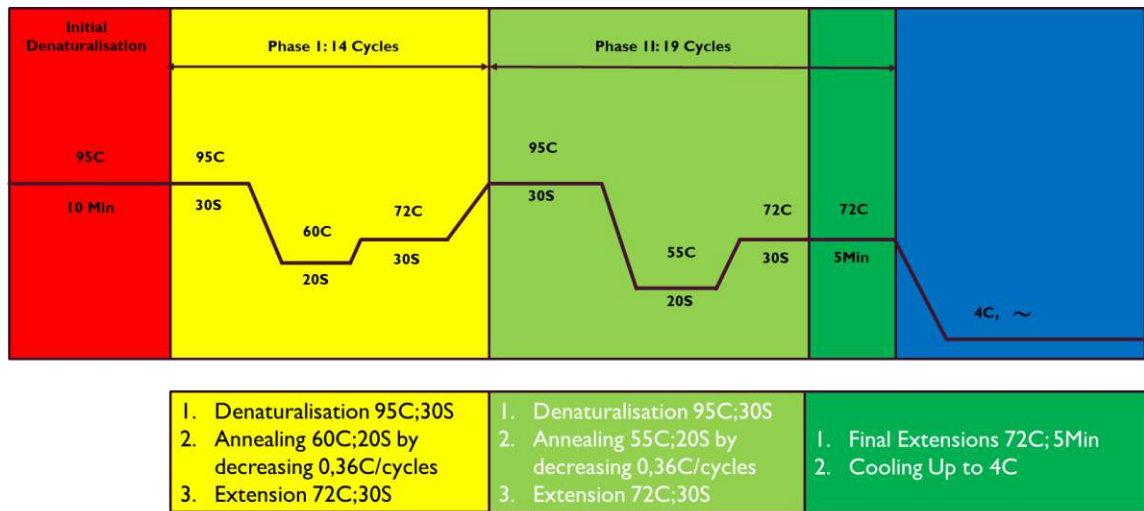
1. Sampel swab (cairan tenggorokan) diambil dari pasien dan dimasukkan ke dalam tube sample.
2. Tube yang berisi sampel swab tadi dikirim ke laboratorium untuk dianalisa dengan menggunakan mesin rRTPCR.
3. Tube diletakkan ke dalam mesin rRTPCR dan diproses melalui thermal cycle tertentu yang dimulai dengan Reverse Transcription untuk merubah RNA (kode genetic virus) menjadi DNA. Ini

dilakukan dengan pemanasan sample sampai temperature 50 – 60 C dan ditahan pada temperature tersebut selama minimal 30 detik.



Gambar 5. Prosedur pengujian dan pendeteksian virus Covid19 [5]

4. Setelah RNA virus berubah menjadi DNA, Langkah selanjutnya adalah menambahkan cairan reagent dan primer kedalam tube yang sudah berisi DNA hasil proses reverse transcription.
5. Proses selanjutnya adalah mengamplifikasi dan memultiplikasi DNA tadi dengan proses yang disebut Polymerase Chain Reaction (PCR). Proses PCR ini dilakukan dengan melakukan thermal cycle berupa pemanasan dan pendinginan DNA tadi dalam waktu tertentu dan sesuai dengan urutan pemanasan dan pendinginan yang tertentu pula. Proses ini disebut sebagai Thermal Cycling dan biasanya grafik thermal cyclingnya dapat mengikuti pola seperti dibawah ini.



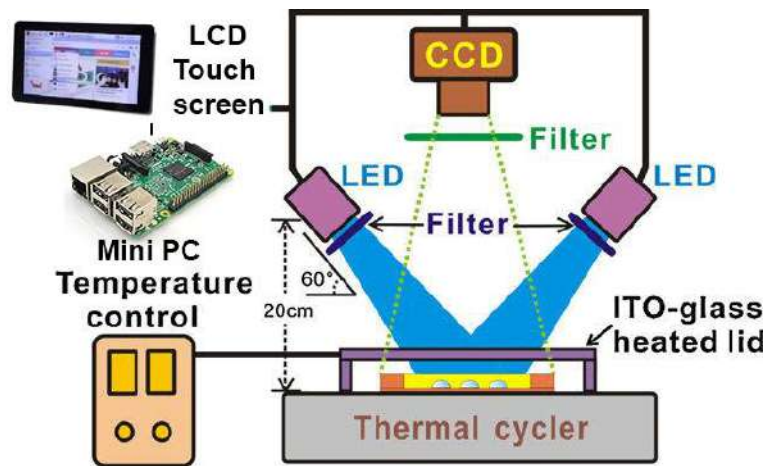
**Gambar 6. Proses Thermal Cycling untuk mengamplifikasi dan multiplikasi DNA [6]**

6. Setelah dilakukan thermal cycling, tube yang berisi DNA yang telah teramplifikasi kemudian dipaparkan pada cahaya tertentu yang biasanya sumbernya berasal dari lampu tungsten. Cahaya dari lampu tungsten ini kemudian difilter dengan filter khusus yang hasil cahaya yang telah terfilter bisa digunakan untuk mengidentifikasi ada atau tidaknya virus pada sampel DNA tadi dengan bantuan camera CCD dan software image recognition khusus. Pola pembacaan DNA dengan cahaya ini dibandingkan dengan sampel DNA yang positif terinfeksi Covid19 dan sampel DNA yang tidak terinfeksi. Jika memiliki pola yang sama dengan DNA terinfeksi maka sampel tadi adalah positif Covid19. Sedangkan jika pola DNA memiliki pola yang sama dengan sampel DNA yang tidak terinfeksi maka sampel DNA tadi adalah negative Covid19.

Berdasarkan uraian diatas, untuk melakukan test rRTPCR Virus Covid19 diperlukan sebuah alat yang disebut mesin rRTPCR. Mesin rRTPCR ini yang menjadi obyek penelitian dalam proposal ini. Di dalam mesin rRTPCR ini ada mesin yang disebut thermal cycler, alat deteksi dengan menggunakan cahaya dan software antar muka yang berisi algorithm image processing untuk membandingkan hasil pengujian sampel DNA dengan DNA standard yang positif dan negative virus covid19.

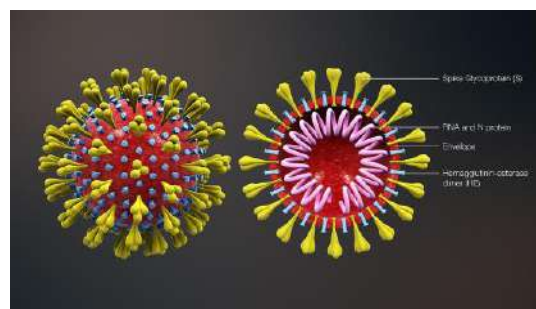
Ketiga hal tersebut yang akan dilakukan dalam usulan proposal penelitian ini yaitu:

1. Pengembangan Thermal Cycler yang dapat diprogram sesuai dengan berbagai kebutuhan cairan reagent
2. Pengembangan alat detector dengan menggunakan cahaya dan camera CCD
3. Pengembangan perangkat lunak untuk menentukan hasil uji berdasarkan image recognition dan algorithm cerdas lainnya.



**Gambar 7. Skema rancangan RTPCR berdasarkan alat thermal cycler (PCR) hasil penelitian sebelumnya**

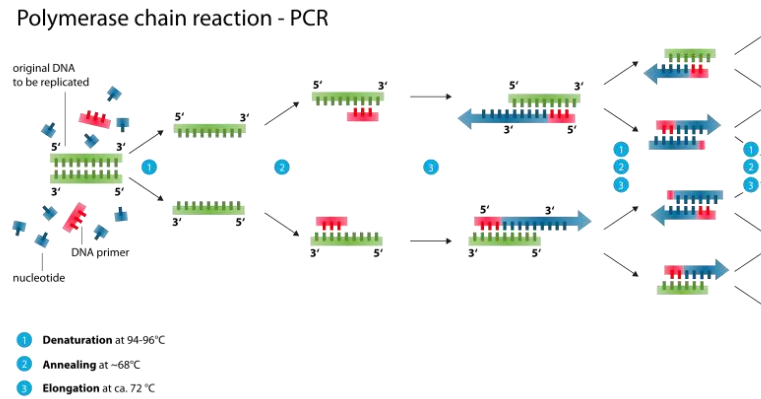
PCR atau polymerase chain reaction merupakan metode yang diciptakan oleh Mullis pada tahun 1983. Prinsip PCR berdasarkan pada polymerase DNA dimana rangkaian sekuen DNA direplikasi secara in vitro [7], [8]. Metode PCR dapat menghasilkan milyaran penggandaan dari suatu fragmen DNA. Salah satu peralatan yang digunakan oleh metode PCR adalah thermal cycler. Skema dan cara kerja thermal cycler hasil penelitian sebelumnya dapat diilustrasikan pada Gambar 7. Virus Corona merupakan virus beramplop dengan genom RNA utas tunggal plus dan nukleokapsid berbentuk heliks simetris. RNA memiliki kepanjangan Ribonucleic Acid atau Asam Ribonukleat. Merupakan rantai nukleotida yang dipunyai semua makhluk hidup seperti DNA. Namun RNA ini tidak bisa membentuk rantai ganda seperti DNA, dan hanya terdiri dari satu pita saja. Jumlah genom koronavirus berkisar antara 27–34 kilo pasangan basa, terbesar di antara virus RNA yang diketahui.



**Gambar 8. Struktur virus Corona [9]**

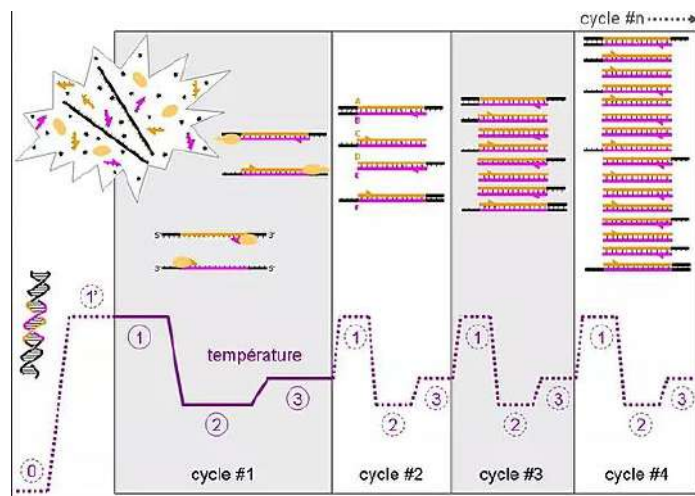
Untuk mendeteksi adanya virus corona pada manusia, dibutuhkan tes PCR (Polymerase Chain Reaction). Tes PCR merupakan duplikasi DNA pada sample ingus manusia agar lebih mudah dideteksi. Agar dapat diduplikasi dengan PCR, RNA harus diubah menjadi DNA, yakni deoxyribonucleic acid. Kebanyakan molekul DNA terdiri dari dua unting biopolimer yang berpilin satu sama lainnya membentuk heliks ganda. Proses mengubah RNA menjadi DNA adalah Reverse transcriptase (RT), yakni enzim yang digunakan untuk membentuk DNA komplemen (cDNA) dari template RNA.

Tes PCR (Polymerase Chain Reaction) dilakukan dengan denaturing, yakni pemanasan agar template dua untai DNA dipisahkan menjadi satu untai. Kemudian annealing, penurunan temperatur agar DNA primers dapat menempel pada template DNA. Lalu Extending, temperatur dinaikkan untuk membentuk untaian DNA baru yang dihasilkan Taq polymerase enzyme.



**Gambar 9. Duplikasi DNA pada proses PCR [10]**

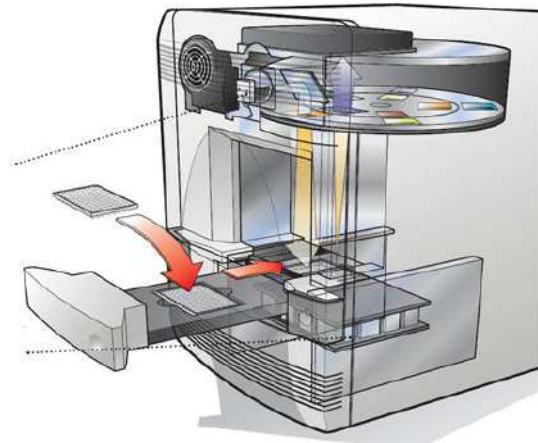
Selama beberapa kali proses siklus (36-50 kali) PCR (denaturasi, annealing, dan extension) dapat meningkatkan jumlah DNA secara eksponensial sebanyak  $2^n$ .



**Gambar 10. Siklus PCR [11]**

Metode PCR untuk pengetesan virus corona saat ini adalah real-time PCR atau *quantitative real-time PCR* (qPCR). Pada metode qPCR, peneliti tidak hanya dapat mendeteksi keberadaan suatu gen tertentu tetapi juga mengetahui kuantitas gen target pada sampel hingga membandingkan ekspresi gen pada sampel secara real-time dan cepat.

Brand: Applied Biosystems  
 Model: 7500 Fast Real-Time PCR System



Gambar 11. Mesin qPCR yang ada di pasaran [12]

## 2.2 Kebaruan Riset dan Inovasi

Tim peneliti sudah melakukan penelitian pendahuluan berupa pengembangan prototipe thermal cycler yang dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan pengguna, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12. Hasil penelitian ini telah ditunjukkan kepada calon pengguna (BBTKLPP Surabaya) dan mendapatkan feedback berupa arahan agar thermal cycler tadi dilengkapi dengan alat detector DNA virus, sehingga bisa menjadi alat rRTPCR.

Gambar 12 menunjukkan beberapa hasil dokumentasi peralatan thermal cycler yang telah berhasil dikembangkan oleh tim peneliti.

### PCR MACHINE



**Spesifikasi :**

1. Dimensi : 28.5 x 17 x 23 cm
2. Kapasitas : 25 x 0.2 mL tube
3. Temperatur range : 15 - 99 C
4. Temperatur resolution : 0.1 C, Akurasi : 0.5 C
5. Ramp rate heating : 2 C/s, cooling : 1.5 C/s
6. Programmable time , cycle and temperature protocol
7. Protokol : Initial denaturalization, annealing, extension, final extension, cooling
8. Power : 220 VAC, 120 W max



<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Denaturalization 95C 30s</li> <li>2. Annealing 60C 20s by decreasing 0.5C/cycle</li> <li>3. Extension 72C 30s</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Denaturalization 95C 30s</li> <li>5. Annealing 60C 20s by decreasing 0.5C/cycle</li> <li>6. Extension 72C 30s</li> <li>7. Final Extension 72C 30s</li> <li>8. Cooling Up to 4C</li> </ol>
--	---

Gambar 12. Prototipe PCR Thermal Cycler Hasil Penelitian Sebelumnya

Prototipe ini juga sudah ditunjukkan ke media Jawapos dan dimuat pada Jawapos, Edisi 8 Maret 2020 seperti gambar berikut ini.





**Gambar 13. Publikasi Media Jawapos, 8 Maret 2020**

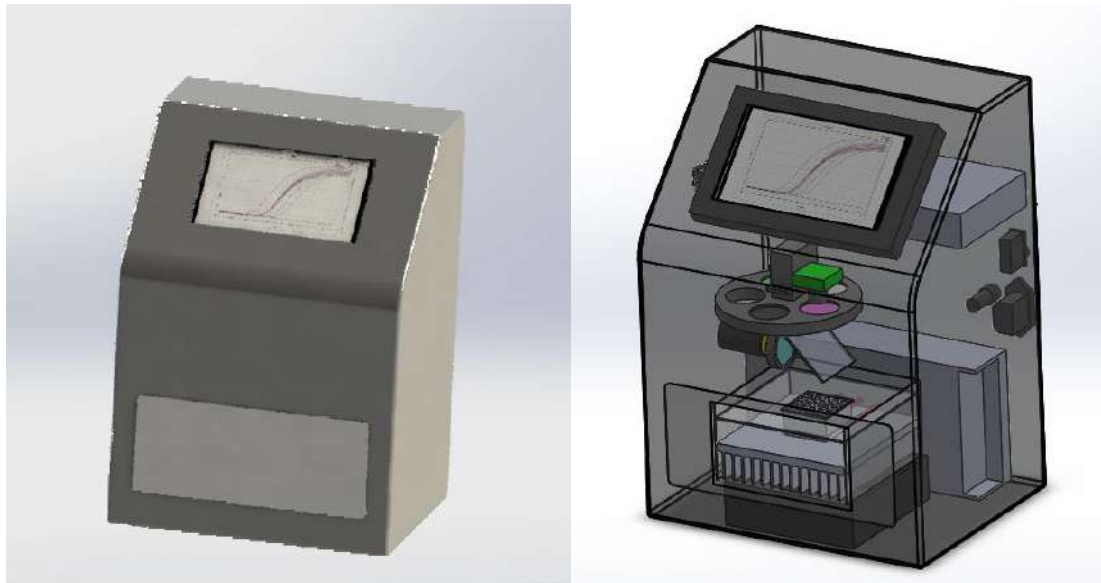
Rancang bangun mesin rRT-PCR dalam proposal ini adalah pengembangan lanjutan dari mesin PCR hasil rekayasa tim peneliti. Dalam proposal ini mesin PCR yang sudah ada akan ditambahi dengan fitur Reverse Transcription (memprogram ulang system control mesin PCR). Fitur lain yang akan ditambahkan adalah fitur detector virus Covid19 dalam bentuk sinar fluorescent dengan Panjang gelombang tertentu (mengggunakan sumber cahaya dan filter tertentu) yang nantinya akan bisa digunakan untuk mendeteksi keberadaan virus dalam DNA yang dites. Fitur terakhir yang akan ditambahkan adalah perangkat lunak antar muka cerdas (Intelligent User Interface) yang secara otomatis akan menarik kesimpulan apakah specimen uji DNA positif Covid19 atau tidak.

Mesin PCR berbasis metode thermal cycler telah banyak dikembangkan dengan mempertimbangkan biaya dan tingkat teknologi [6], [13]–[17]. Hal tersebut menunjukkan bahwa thermal cycler merupakan peralatan yang sangat penting, mengingat peralatan tersebut tidak hanya bisa digunakan di bidang kesehatan saja tapi di bidang ilmu hayati lainnya. Pengembangan peralatan PCR tersebut, tidak hanya mempertimbangkan faktor biaya, namun juga mempertimbangkan sumber daya lokal, efisiensi dan teknologi kontrol [14], [16]–[18]. Pengembangan teknologi terkait PCR merupakan salah satu bentuk usaha untuk meningkatkan system kesehatan suatu negara, sesuai dengan Laporan penelitian yang dibuat oleh WHO [19]. Manfaat akhir yang penting adalah meningkatkan kemandirian Bangsa terhadap alat-alat Kesehatan terutama mesin rRT-PCR.

### 3 METODE RISET

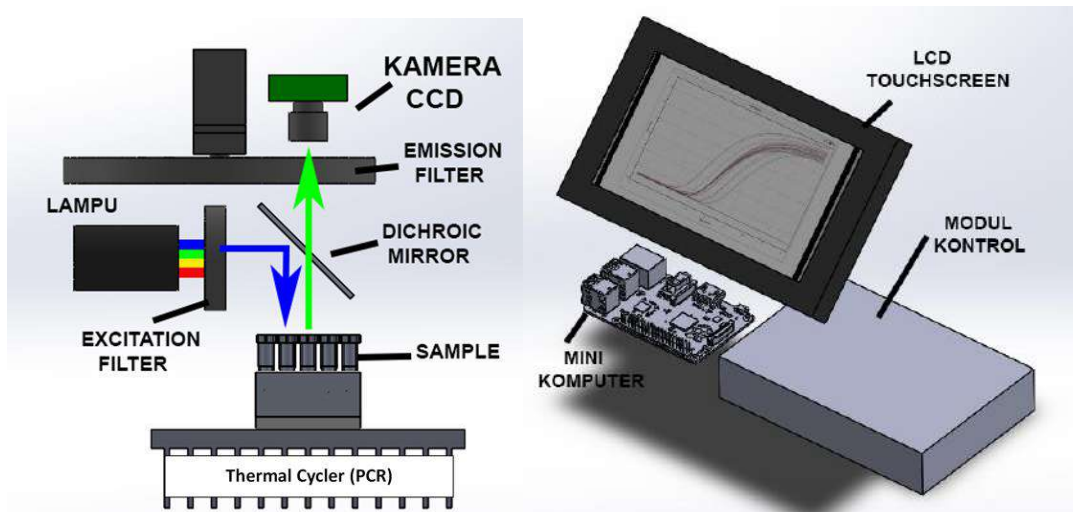
#### 3.1 Metode dan Tahapan Pengembangan Teknologi/Pelaksanaan Kajian

Sesuai dengan deskripsi yang sudah diuraikan pada bab sebelumnya, tim peneliti akan melakukan pengembangan mesin rRTPCR berdasarkan mesin PCR yang sudah selesai dibuat prototipenya. Rancangan mesin rRTPCR yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 14. Rancangan Mesin rRTPCR dalam usulan proposal ini.

Jika didetailkan mesin rRTPCR maka komponen didalamnya dapat diuraikan sebagai berikut:

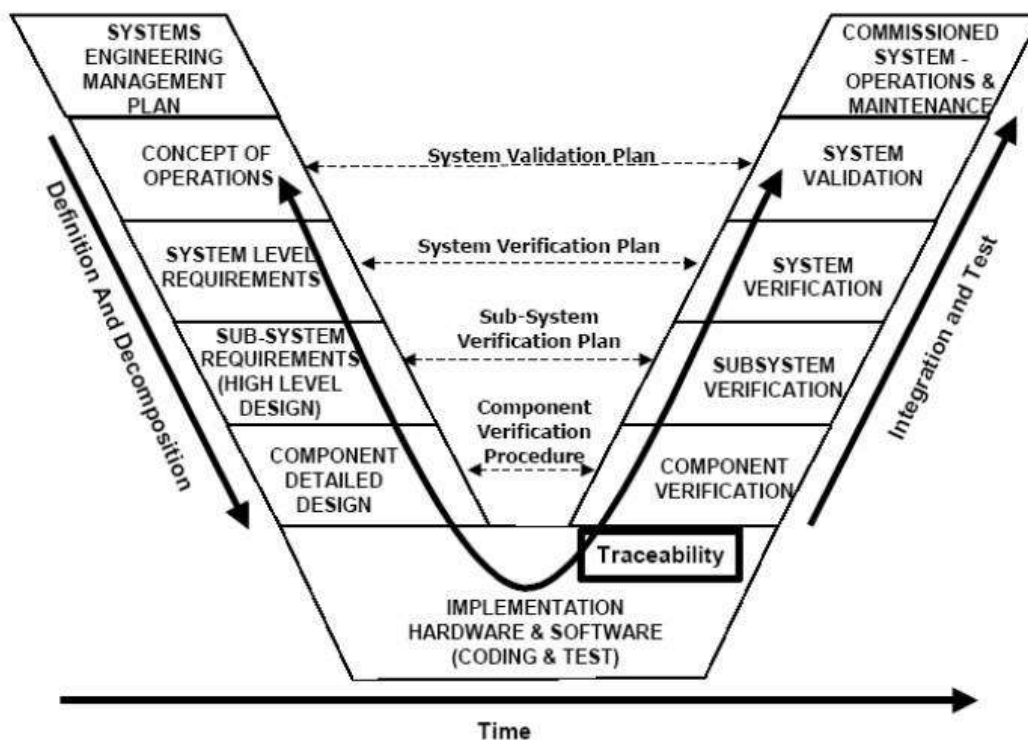


Gambar 15. Komponen mesin rRTPCR yang diusulkan dalam proposal ini

Sesuai dengan komponen yang ada di dalam mesin rRTPCR dalam Gambar 15 diatas, maka usulan penelitian dan pengembangan ini akan dibagi menjadi 3 bagian penelitian dan pengembangan yaitu:

- Pengembangan Thermal Cycler yang dapat diprogram sesuai dengan berbagai kebutuhan cairan reagent
- Pengembangan alat detector dengan menggunakan cahaya dan camera CCD
- Pengembangan perangkat lunak untuk menentukan hasil uji berdasarkan image recognition dan algoritma cerdas lainnya.

Mesin rRTPCR seperti yang terdapat pada gambar diatas adalah sebuah mesin yang terdiri dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Dalam terminologi rekayasa, perangkat yang terdiri dari *hardware* dan *software* disebut dengan *system engineering*. Metode riset dan tahapan pengembangannya akan dilakukan sesuai dengan kaidah *system engineering* dengan menggunakan V-Diagram seperti gambar dibawah ini.



Gambar 16. Metode riset dan tahapan pengembangan mesin rRTPCR

Secara singkat V diagram (Gambar 16) untuk tahapan penelitian dan pengembangan mesin rRTPCR dapat dijelaskan sebagai berikut.

#### Sisi kiri V Diagram

Sisi kiri diagram menguraikan tentang tahap awal proses penelitian dan pengembangan system engineering dalam hal ini mesin rRTPCR. Untuk usulan dalam penelitian dalam proposal ini tahap awal telah dilakukan oleh tim peneliti yaitu dengan berdiskusi dan *brainstorming* tentang mesin PCR

dan mesin rRTPCR yang menjadi obyek penelitian ini. Diskusi dan *brainstorming* dilakukan di ITS, Rumah Sakit Unair dan Gedung BBTCLPP-Surabaya. Hasil diskusi dan *brainstorming* inilah yang akhirnya tim peneliti sepakat untuk meneliti dan mengembangkan mesin rRTPCR yang murah akan tetapi dengan kualitas yang tidak kalah dengan mesin rRTPCR import.

*Feature* mesin rRTPCR yang disepakati bersama adalah:

- a. Mesin rRTPCR harus memiliki standard biosafety level 2
- b. Mesin rRTPCR harus bisa menguji, mengetest virus Covid19 dengan cepat
- c. Mesin rRTPCR harus dilengkapi dengan kamera dan software khusus untuk mendeteksi virus Covid19 dengan cepat dan real-time
- d. Mesin rRTPCR yang akan dikembangkan harganya harus terjangkau
- e. Perlunya sertifikasi mesin rRTPCR ini nantinya melalui BPKF

Berikut ini beberapa dokumentasi proses brainstorming tim peneliti.



**Gambar 17. Dokumentasi diskusi dan brainstorming tim peneliti di BBTCLPP-Surabaya**



**Gambar 18. Dokumentasi setelah selesai brainstorming di RSUA / RSKI Unair**

Hasil brainstorming adalah dokumen dan gambar serta spesifikasi teknis sesuai dengan penjelasan yang telah diuraikan diatas dan Gambar 14 tentang rancangan mesin rRTPCR.

### ***Sisi Bawah V Diagram***

Sisi bawah V diagram berisi kegiatan implementasi dan prototyping mesin rRTPCR. Kegiatan ini akan menjadi tugas dari engineer dari ITS untuk membuat prototipe dan uji level komponen mesin rRTPCR ini, yang terdiri dari:

- a. Prototipe mesin rRTPCR dengan protocol thermal cycle yang dapat diprogram sesuai keinginan user/pengguna (*hardware* dan *coding software*). Kegiatan ini akan dilakukan oleh tim engineer mekatronika ITS.
- b. Prototipe *fluorescent virus covid19* detector (*hardware* dan *coding software*) Kegiatan ini akan dilakukan oleh tim engineer optikal dan mekatronika ITS
- c. Prototipe antar muka yang cerdas untuk menentukan positif atau tidak sebuah sampel terhadap virus Covid 19 (*hardware* dan *software*). Kegiatan akan dilakukan oleh tim engineer mekatronika ITS.

### ***Sisi Kanan V Diagram***

Pada area sisi kanan v diagram adalah kegiatan verifikasi dan validasi desain dan prototipe mesin rRTPCR. Proses verifikasi dan validasi akan dilakukan bersama antara tim engineer dari ITS, tim medis dari RSUD dan tim user dari BBTCLPP Surabaya. Dengan Kerjasama tiga institusi ini diharapkan alat atau mesin rRTPCR yang dihasilkan nantinya betul betul sesuai dengan kinerja dari pengguna rRTPCR ini secara umum.

Selain proses verifikasi dan validasi, di sisi kanan V diagram ini juga akan dilakukan kelayakan harga dari mesin rRTPCR ini. Tim yang akan mengerjakan kegiatan adalah tim peneliti yang berasal dari Direktorat Inovasi dan Kawasan Sain Teknologi ITS.

## **3.2 Struktur Organisasi Konsorsium**

Tim peneliti yang akan melakukan penelitian dalam usulan proposal ini terdiri dari peneliti yang berasal dari tiga institusi yaitu dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Universitas Airlangga (Unair) dan Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Surabaya. Pembagian tugas dari masing-masing tim peneliti ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Pembagian tugas penelitian antara tim ITS, Unair dan tim BBTCLPP**

Institusi Peneliti	Tugas
<b>ITS</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Melakukan desain dan prototyping thermal cycler</li> <li>2. Melakukan desain dan prototyping alat deteksi covid19</li> <li>3. Melakukan desain dan prototyping perangkat lunak cerdas untuk menyimpulkan hasil uji sampel covid19</li> <li>4. Melakukan uji fungsi berdasarkan kaidah engineering</li> </ol>
<b>UNAIR &amp; BBTCLPP</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Melakukan validasi dan uji fungsi prototipe rRTPCR</li> <li>2. Memberikan umpan balik kepada tim peneliti dari ITS untuk penyempurnaan prototipe agar layak baik secara medis maupun operasional.</li> </ol>

### 3.3 Rencana Kegiatan

Sesuai dengan uraian aktifitas dan kegiatan di sub bab 3.1 maka rencana kegiatan penelitian dan pengembangan mesin rRTPCR ini dapat ditabelkan sebagai berikut:

No	Kegiatan	BULAN Ke-												
		-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Brainstorming dan Diskusi Mesin RTPCR	■												
2	Basic Desain Mesin RTPCR		■	■										
	Thermal Cycler		■	■										
	Fluorescent Detector		■	■										
	Software Antarmuka Pengguna Mesin RTPCR				■	■	■							
3	Uji Komponen Mesin RTPCR													
	Thermal Cycler		■	■	■	■	■	■						
	Fluorescent Detector		■	■	■	■	■	■						
	Software Antarmuka Pengguna Mesin RTPCR						■	■	■					
4	Integrasi Komponen Mesin RTPCR								■	■	■			
5	Uji level sistem integrasi Mesin RTPCR										■			
6	Validasi dan Verifikasi Mesin RTPCR											■	■	■
7	Revisi Desain Prototipe Mesin RTPCR (opsional)												■	■
8	Persiapan pengujian medis dan sertifikasi (Tahun kedua)													■

Dari jadwal diatas dapat dilihat bahwa usulan proposal ini adalah satu tahun (12 bulan) kegiatan. Sedangkan untuk pengujian medis dan sertifikasi akan dilakukan di tahun kedua. Proposal tahun kedua akan diusulkan secara terpisah di akhir kegiatan tahun pertama.

### 3.4 Luaran

Luaran yang dijanjikan dari kegiatan penelitian dan pengembangan mesin rRTPCR ini adalah:

- 1) 1 Unit prototipe mesin rRTPCR yang berfungsi secara baik dan benar sesuai kaidah medis
- 2) 1 paket dokumen desain engineering (Gambar Teknik, Bill of Quantity dan Bill of Material) dari mesin rRTPCR
- 3) 1 Paket Dokumen Harga Pokok Produksi dari mesin rRTPCR
- 4) 1 Unit Draft HKI tentang mesin rRTPCR ini

## 4 CAPAIAN KEGIATAN PENELITIAN

Capaian kegiatan penelitian diperoleh setelah melalui perubahan desain prototipe rRT-PCR, dan sekaligus membutuhkan addendum perpanjangan masa kontrak tanpa penambahan biaya (*No Cost Extension*). Pada pelaksanaan kegiatan riset ini dilakukan redesign prototipe mesin rRTPCR, sementara pada rencana kegiatan semula diasumsikan prototipe mesin rRTPCR bisa langsung berfungsi tanpa redesign. Proses pembuatan alat terus berlangsung, karena ternyata tak semudah bayangan saat perencanaan awal, dan ternyata detailnya sangat kompleks dan rumit. Oleh karena itu, kami harus melakukan beberapa kali *redesign* untuk memastikan prototipe mesin rRTPCR bisa berfungsi. Setiap perubahan desain tersebut tentu membutuhkan waktu, karena terjadi pekerjaan ulang dalam pembuatan prototipe mesin rRTPCR maupun uji coba.

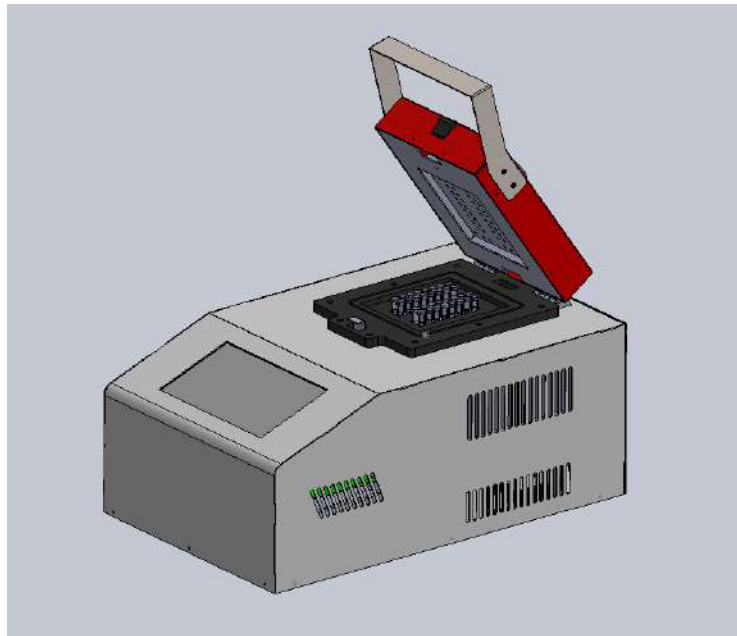
Pelaksanaan uji fungsi prototipe mesin rRTPCR dilakukan di BBTKLPP (Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit) Surabaya. Pengujian harus dilakukan secara bertahap untuk setiap subsistem, yakni subsistem *thermal cyclers*, dan subsistem *DNA detector*, serta pengujian sistem secara terintegrasi dengan subsistem *GUI (graphical user interface)*. Pengujian juga dilakukan secara berulang kali untuk memastikan setiap subsistem desain prototipe mesin rRTPCR berfungsi dengan baik, dan benar sesuai kaidah medis. Sementara pengujian tidak bisa dilakukan setiap saat karena harus menyesuaikan dengan ketersediaan waktu di laboratorium BBTKLPP Surabaya. Hal ini karena kegiatan pengujian harus mengikuti SOP di laboratorium pengujian Covid-19 BBTKLPP Surabaya, yang minimal harus berstandar Bio-Safety Level 2 (BSL-2).

Tim Riset rRTPCR ini juga mendapat kesempatan untuk melakukan desiminasi atau sosialisasi dalam kegiatan Webinar Series. Kegiatan tersebut diselenggarakan oleh Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan Kemendikbud RI kepada mahasiswa kedokteran secara nasional, yang telah berlangsung pada tanggal 12 Oktober 2020.



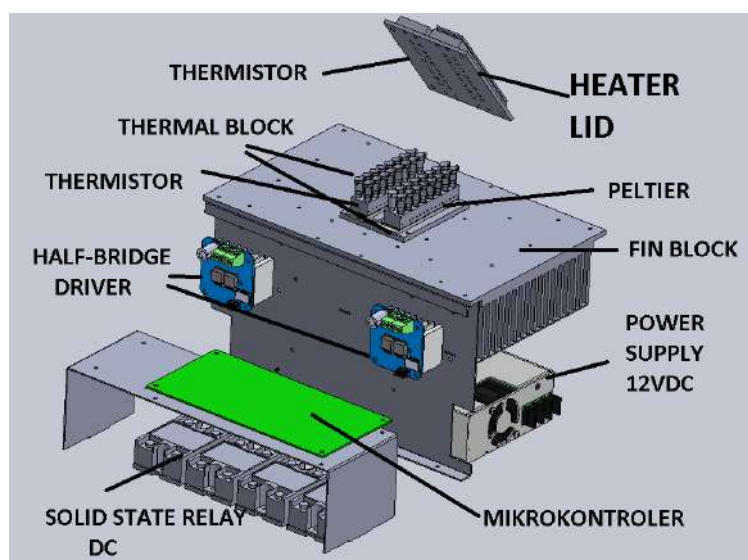
**Gambar 19.** Dokumentasi saat desiminasi dalam kegiatan Webinar Series

Prototipe mesin rRTPCR dirancang memiliki kapasitas 32 sampel tube 0.1 mL. Mesin ini memiliki block mesin terdiri dari 3 (tiga) sub-sistem atau sub-assembly utama, yaitu: *thermal cycler*, *fluorescence detector (excitation LED, emission Camera)*; dan *GUI (graphical user interface)*. Setelah melalui proses perubahan diperoleh desain prototipe mesin rRTPCR, seperti pada Gambar 20.



**Gambar 20.** Prototipe mesin rRTPCR

Desain sistem mesin rRTPCR terdiri dari beberapa komponen, sebagai berikut: *heater lid*, *thermistor*, *thermal blok perltier*, *fin block*, *half-bridge driver*, *microcontroller*, *solid state relas dc*, dan komponen penunjang lainnya. Secara skematik desain sistem mesin rRTPCR ditunjukkan pada Gambar 21.

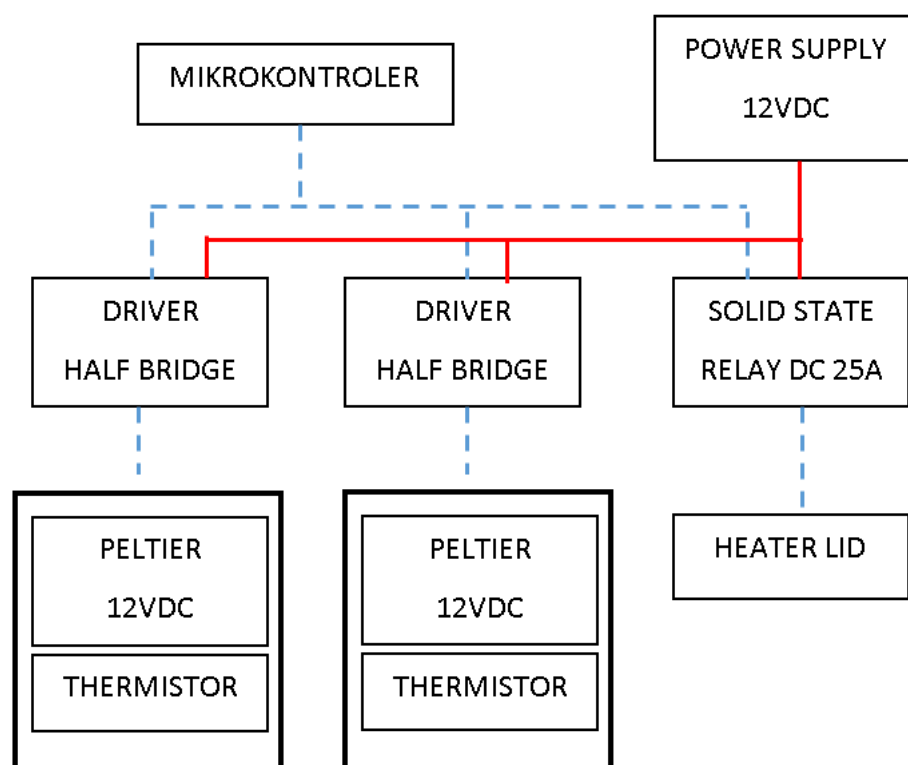


**Gambar 21.** Skema desain sistem mesin rRTPCR



#### 4.1 Perancangan, Prototyping dan Uji Fungsi *Thermal Cycler*

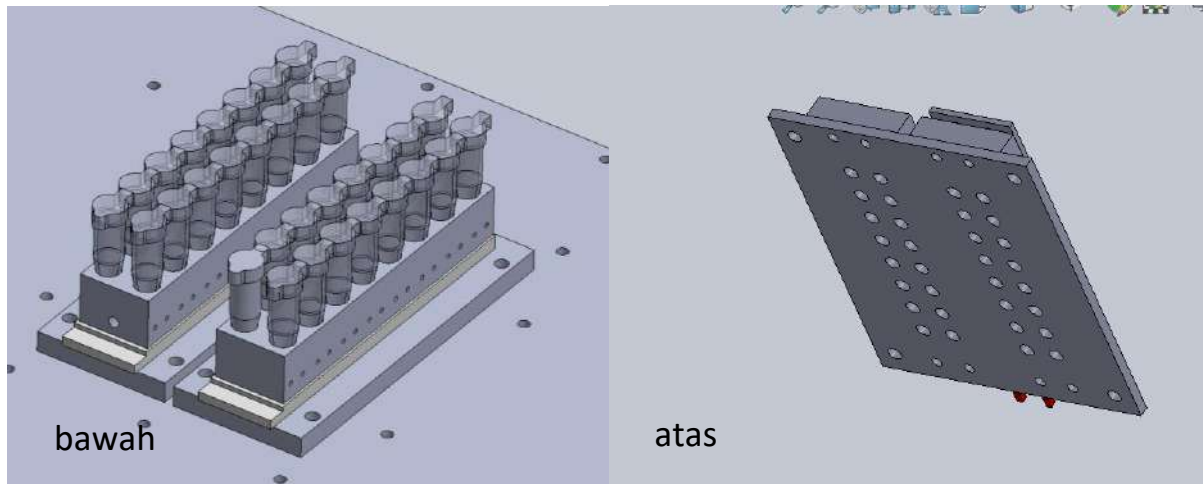
Perancangan dan prototyping sub-assembly thermal cycler berfungsi mengontrol suhu tube sampel, dan juga lid tube sampel yang ditempatkan di bagian atas. Suhu sampel bawah dijaga stabil dengan 2 (dua) thermal block, masing-masing sebanyak 16 tube. Total kapasitas mesin rRTPCR menjadi 32 tube sampel. Tiap block heater menggunakan satu buah peltier 12v DC. Peltier dapat mengontrol suhu antara 30-100 C dengan toleransi 0.0 – 0.1 C. Pada bagian lid tube digunakan heater dengan tegangan 12 VDC untuk mengontrol suhu 40-102 C agar sampel yang mengembun dapat menguap dan turun ke bawah lagi. Feedback suhu block dan lid didapat dari thermistor NTC 100K Ohm. Kerangka sistem kontrol thermal cycler mesin rRTPCR dapat dibaca pada Gambar 22:



**Gambar 22.** Kerangka sistem kontrol thermal cycler rRTPCR

Thermal block terdiri dari dua block aluminium dural yang berukuran 72x16x11 mm. Pada bagian bawah sampel dibuat lubang untuk memasukan fiber optic untuk mengukur intensitas emisi fluoroscence dan ada 1 lubang untuk pemasangan sensor thermistor untuk mengukur temperatur sampel. Pada bagian bawah digunakan elemen peltier Marlow 12VDC untuk memanaskan dan mendinginkan suhu. Pada bagian bawah peltier terdapat plat aluminium 5 mm sebagai reservoir suhu agar suhu heat block stabil.

Pada bagian atas Lid terdapat plat aluminium 2 mm berlubang yang ditemplei dengan elemen heater kapton 12VDC 20W untuk memanaskan lid agar jika cairan sampel mengembun pada lid sample tube, maka uap cairan akan menguap dan turun ke bawah lagi. Plat berlubang untuk memberikan sinar eksitasi biru pada bagian atas sampel.



**Gambar 23.** Thermal block bagian bawah dan bagian atas sampel

Pengujian Uji Fungsi Thermal Cycler dilakukan dengan metode PCR konvensional dan elektroforesis. Langkah kerja PCR melewati 3 tahap berikut: Denaturation / denaturasi (96°C): Pada proses denaturasi, panas mempengaruhi strand DNA akan terpisah menjadi DNA beruntai tunggal (*single-stranded*). Annealing / penempelan (55-65°C): Pada tahap penempelan ini, suhu annealing primer akan menempel dan berikatan pada daerah komplementer pada sekuen single-stranded DNA. Extension / elongasi (72°C): Pada suhu ini Taq polymerase melakukan pemanjangan membentuk strand DNA baru.

Hasil dari reaksi PCR dapat divisualisasi menggunakan Gel Electrophoresis. Prinsip dari gel electrophoresis yaitu pemanfaatan kutub positif dan negatif elektroda untuk menarik fragmen DNA di dalam matriks gel ber-arus listrik sehingga fragmen DNA terpisah berdasarkan ukurannya. Sebagai standar digunakan DNA ladder untuk mengukur ukuran suatu fragment DNA hasil PCR. Fragmen DNA dengan panjang yang sama membentuk 'pita' pada gel, yang dapat dilihat dengan mata jika gel diwarnai dengan pewarna pengikat DNA.

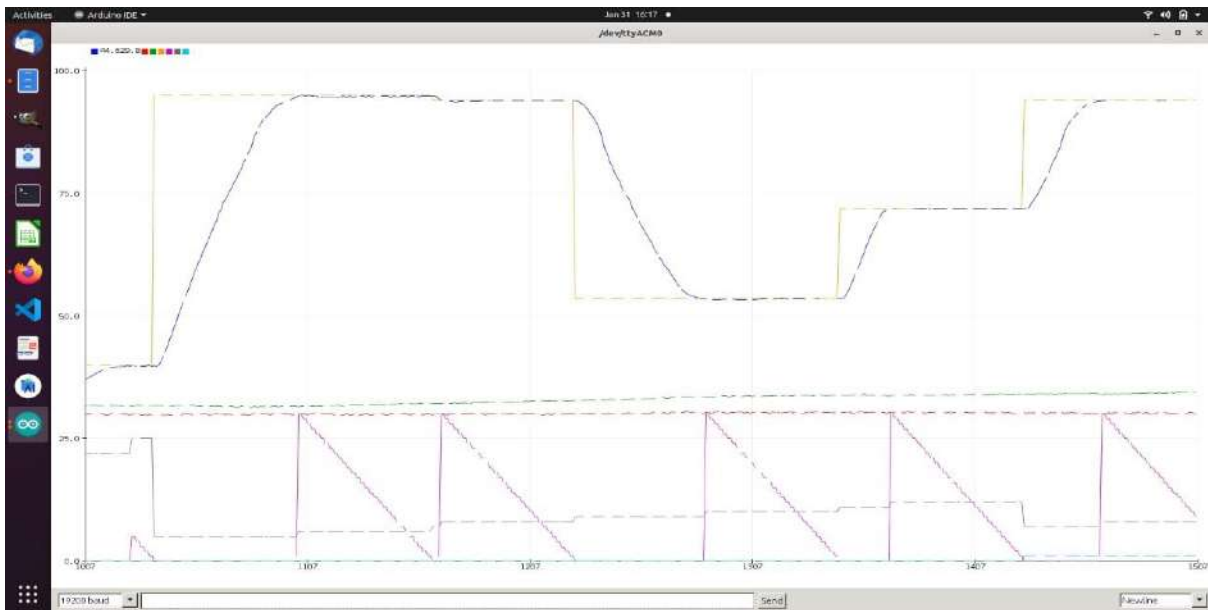
Polymerase Chain Reaction PCR berkerja dengan visualisasi menggunakan gel elektroforesis menggunakan mesin PCR konvensional. Dengan teknik ini, hasil PCR hanya dapat dilihat diakhir setelah proses selesai menggunakan gel elektroforesis.



**Gambar 24.** Uji fungsi thermal cycler dengan pendekatan PCR konvensional dan elektroforesis

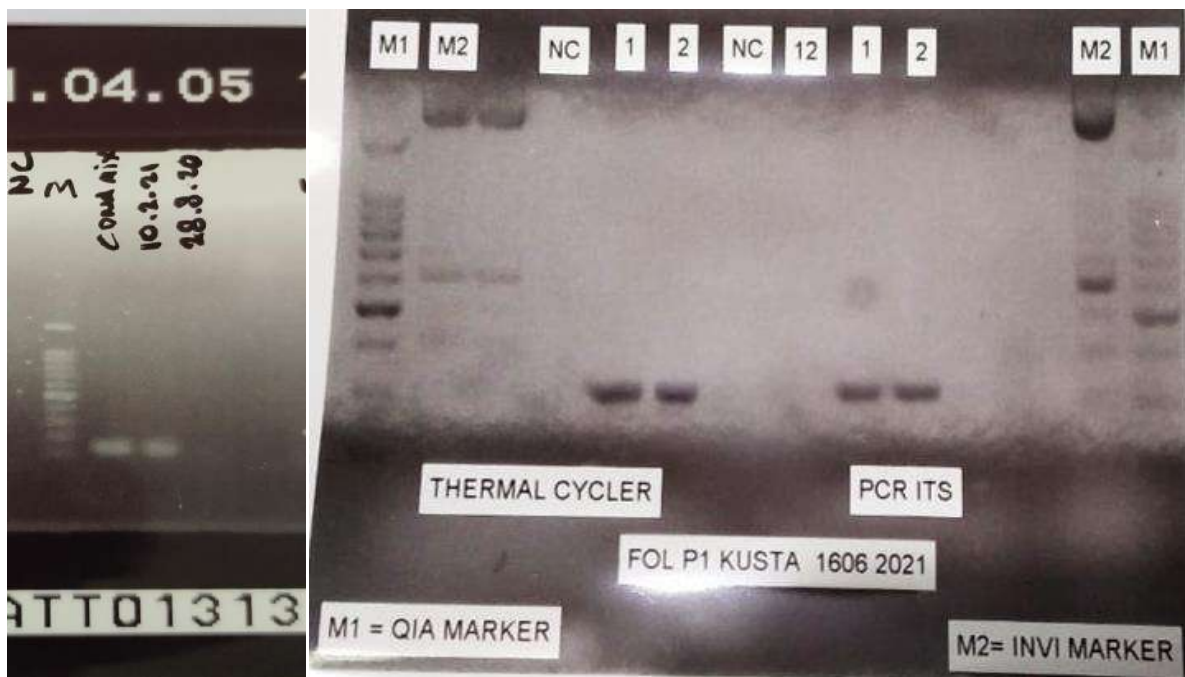


**Gambar 25.** Indikator grafik saat uji fungsi thermal cycler terjadi osilasi



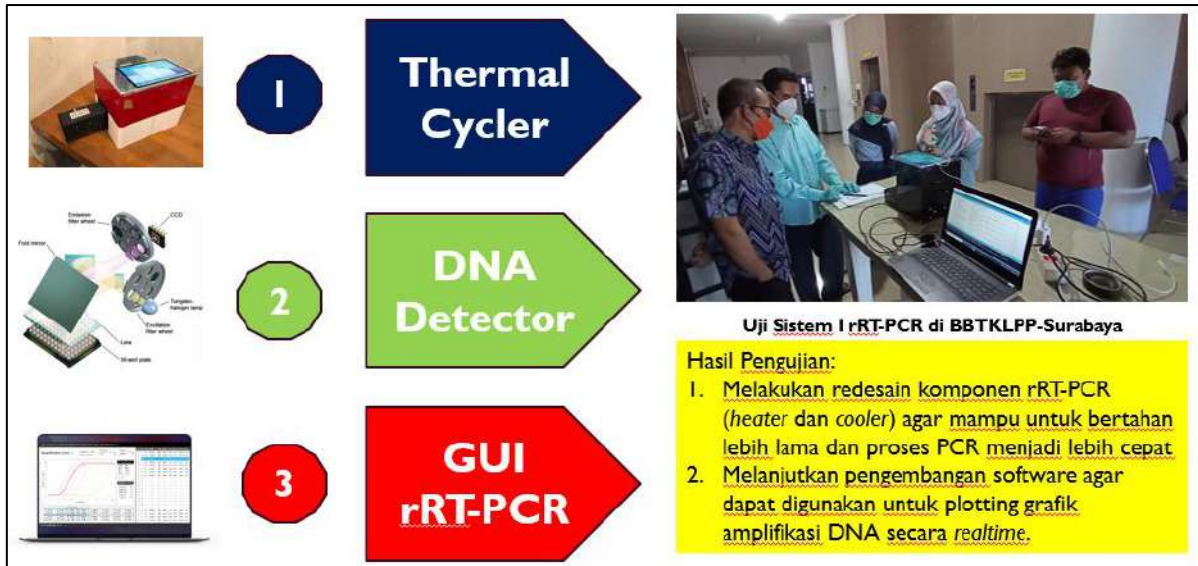
**Gambar 26.** Indikator grafik saat uji fungsi thermal cycler sudah steady

Hasil uji fungsi dengan metode PCR Konvensional yang dilanjutkan dengan analisis elektroforesi menggunakan spesimen virus dengue pada mei 2021, dan virus kusta, pada juni 2021 membuktikan Thermal Cycler sudah berfungsi dengan baik, seperti pada Gambar 27.



**Gambar 27.** Hasil analisis elektroforesis

Sebelum berhasil, pada tahap awal setelah dilakukan perancangan dan prototyping pada kegiatan penelitian dan pengembangan mesin rRT-PCR, maka dilakukan kegiatan uji sistem pertama untuk prototipe awal. Kegiatan pengujian ini dilakukan di BBTKLPP (Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit) Surabaya. Namun, saat itu terjadi kegagalan pada komponen *thermal cyclcer*, yakni untuk komponen *heater* dan *cooler*, seperti pada gambar berikut.



**Gambar 28.** Dokumentasi saat uji sistem I di BBTKLPP Surabaya

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap kegagalan pada Uji Sistem I rRT-PCR di BBTKLPP Surabaya itu, maka dilakukan beberapa hal sebagai berikut:

1. Melakukan redesain komponen rRT-PCR (*heater* dan *cooler*) agar mampu untuk bertahan lebih lama dan proses PCR menjadi lebih cepat.
2. Melanjutkan pengembangan *software* agar dapat digunakan untuk *plotting* grafik amplifikasi DNA secara *real-time*.

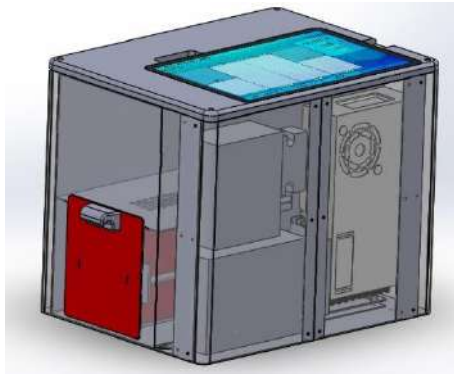
Kegiatan uji Sistem I rRT-PCR di BBTKLPP Surabaya termonitor oleh media Jawapos, dan mendapat liputan seperti pada gambar berikut.



Gambar 29. Kliping liputan ujicoba yang dimuat di Koran Jawapos

Prototipe rRTPCR berdasarkan desain revisi telah diproduksi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 31. Prototipe tersebut telah menggunakan komponen-komponen yang lebih handal daripada komponen pada prototipe awal. Casing prototipe tersebut masih menggunakan bahan dari plat baja untuk mempermudah proses fabrikasi. Kamera ccd diganti dengan kamera bawaan dari Tablet 10-inch berbasis android, yang juga berfungsi sebagai interface pada PCR. GUI dari prototipe PCR ditunjukkan pada **Error! Reference source not found.** GUI tersebut diakses melalui tablet android dan digunakan untuk setting siklus thermal pengujian dan proses analisisnya

Terdapat beberapa perubahan dari desain awal yang disampaikan pada proposal. Desain awal menggunakan kamera ccd untuk menangkap image yang dihasilkan proses PCR. Lampu dan excitation filter digunakan sebagai sumber cahaya untuk proses didalam PCR. Desain PCR baru ditunjukkan pada Gambar 30, dimana prototipe tersebut memiliki thermal block untuk 32 sampel. Pada desain baru, lampu programmable LED digunakan untuk menggantikan lampu dan excitation filter. Lampu programmable LED tersebut dapat diatur untuk mengeluarkan cahaya dengan nilai RGB dan intensitas tertentu.



**Gambar 30.** Desain revisi untuk prototipe mesin rRTPCR



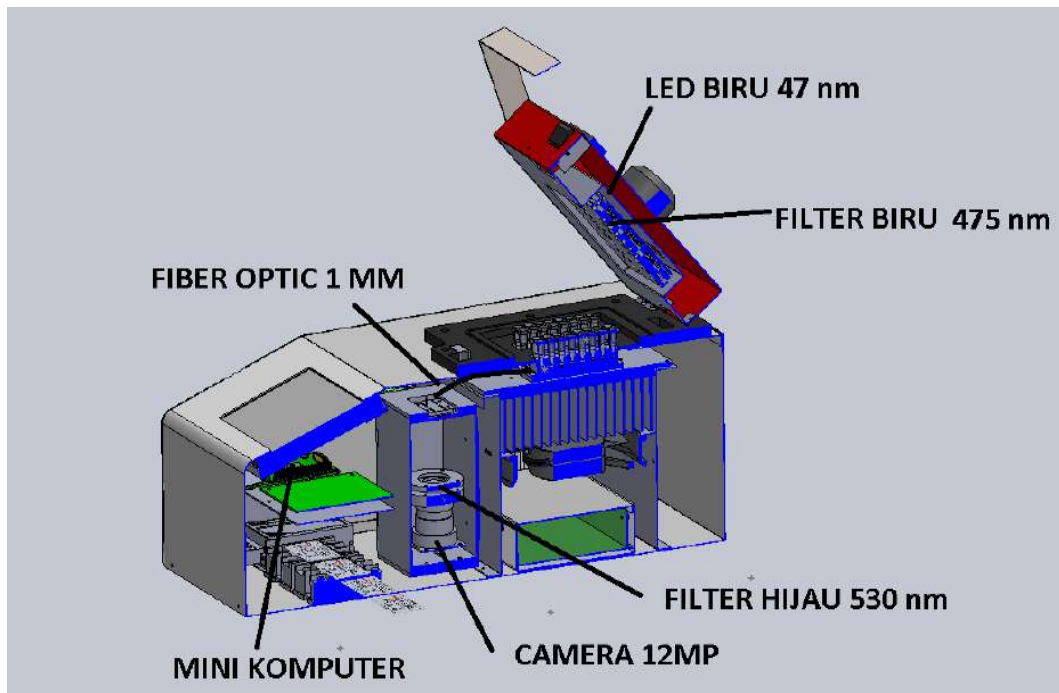
**Gambar 31.** Prototipe mesin rRTPCR

Prototipe mesin rRTPCR ini tidak berhasil, sehingga dilakukan redesain lagi seperti prototipe versi terakhir. Thermal cycler pada prototipe versi terakhir ini akhirnya dapat berfungsi dengan baik. Setelah itu, focus riset melangkah pada tahap berikutnya yakni perancangan, prototyping dan uji fungsi fluorescence detector.

#### **4.2 Perancangan, Prototyping dan Uji Fungsi *Fluorescence Detector***

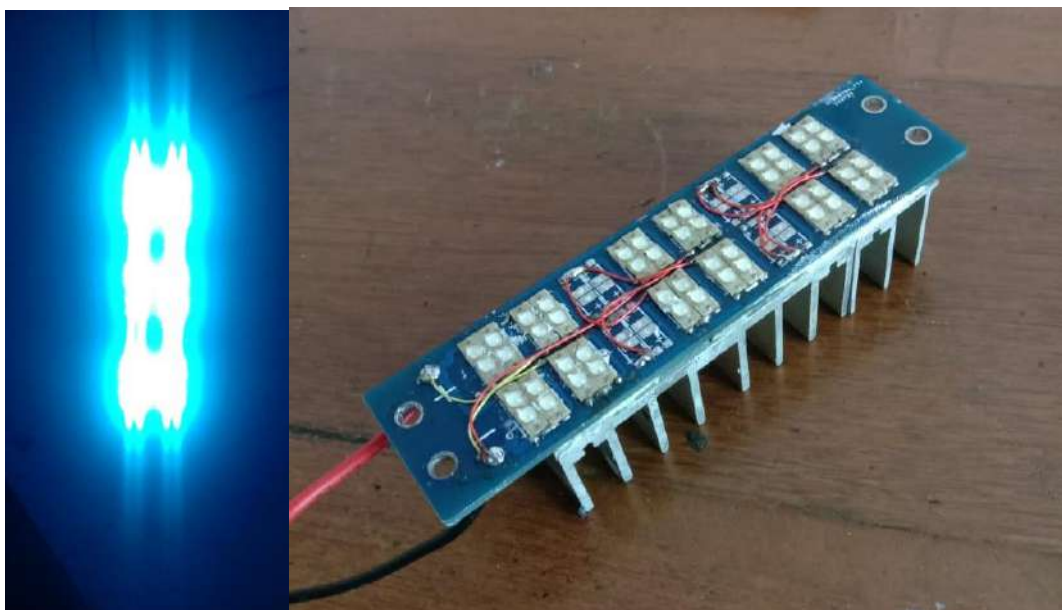
Perancangan, prototyping dan uji fungsi fluorescence detector meliputi excitation LED, dan emission Camera. Eksitasi Fluorescence dihasilkan dari sinar LED 470 nm yang difilter dengan filter biru 475 nm sesuai dengan spesifikasi FAM fluorescence. Pada bagian atas sampel tube. Sedangkan emisi fluorescence dari sampel difokuskan fiber optic 1 mm menuju box camera 12 MP. Pada fase anneal, led dan camera aktif dan menangkap gambar yang kemudian dianalisa oleh mini komputer agar

dilakukan *image processing* untuk menentukan nilai intensitas sampel sesuai dengan amplifikasi DNA sampel.



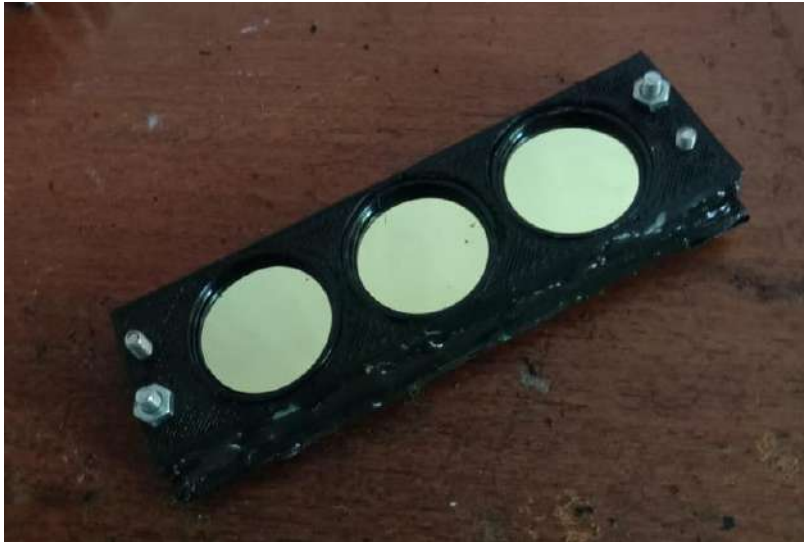
**Gambar 32.** Skema desain sistem Fluorescence Detector

Berikut ini adalah komponen LED dan juga filter optic sinar eksitasi:



**Gambar 33.** Rangkaian LED eksitator

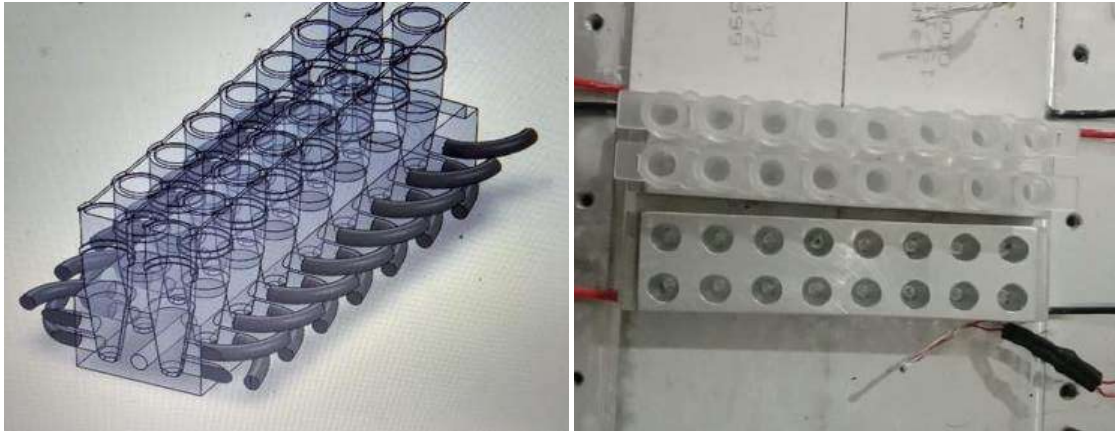




**Gambar 34.** Filter optic sinar biru 475 nm



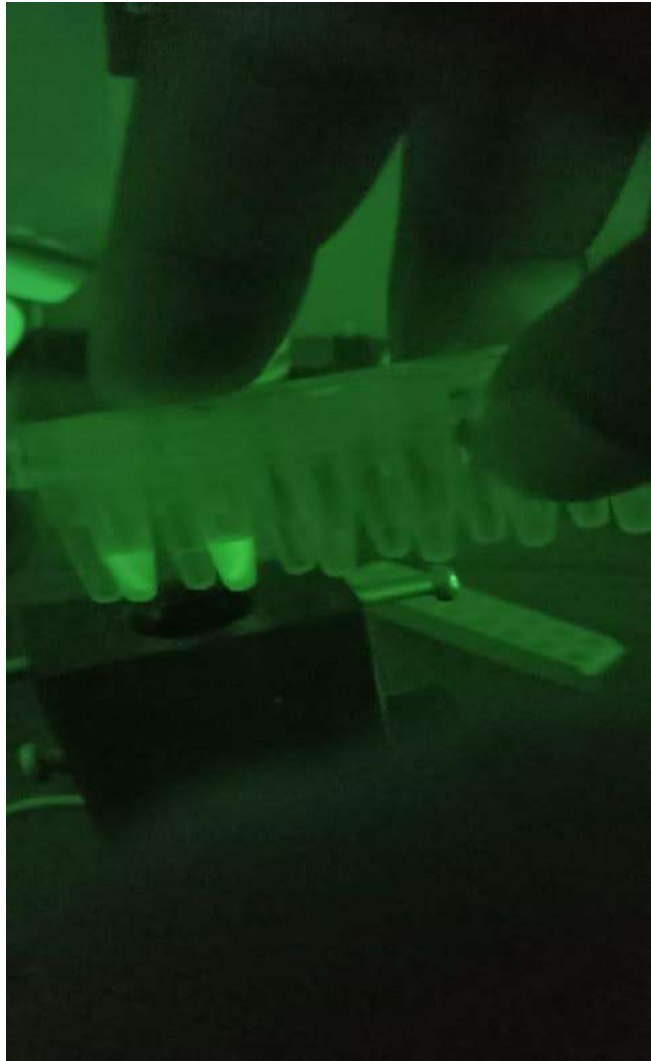
**Gambar 35.** Sistem penangkapan fluorescence dengan fiber optic



**Gambar 36.** Thermal block dengan fiber optic



**Gambar 37.** Penangkapan intensitas fluorescence pada sampel

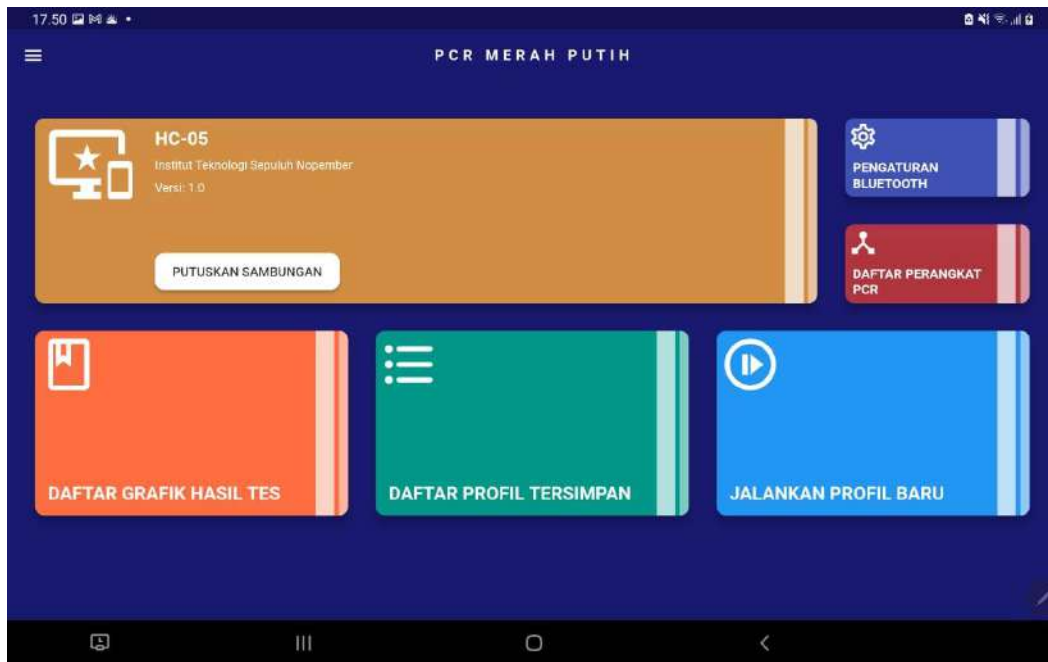


**Gambar 38.** Hasil penangkapan gambar dengan sinar eksitasi filter biru 475 nm dan emisi filter hijau 530 nm pada sampel FAM / SyBr Green

Setelah intensitas terukur, data dikirimkan pada perangkat tablet android untuk melakukan plot grafik intensitas vs jumlah cycle. Data dikirimkan melalui transmisi bluetooth. *GUI (Graphical User Interface)*.

#### **4.3 Perancangan, Prototyping dan Uji Fungsi *Graphical User Interface***

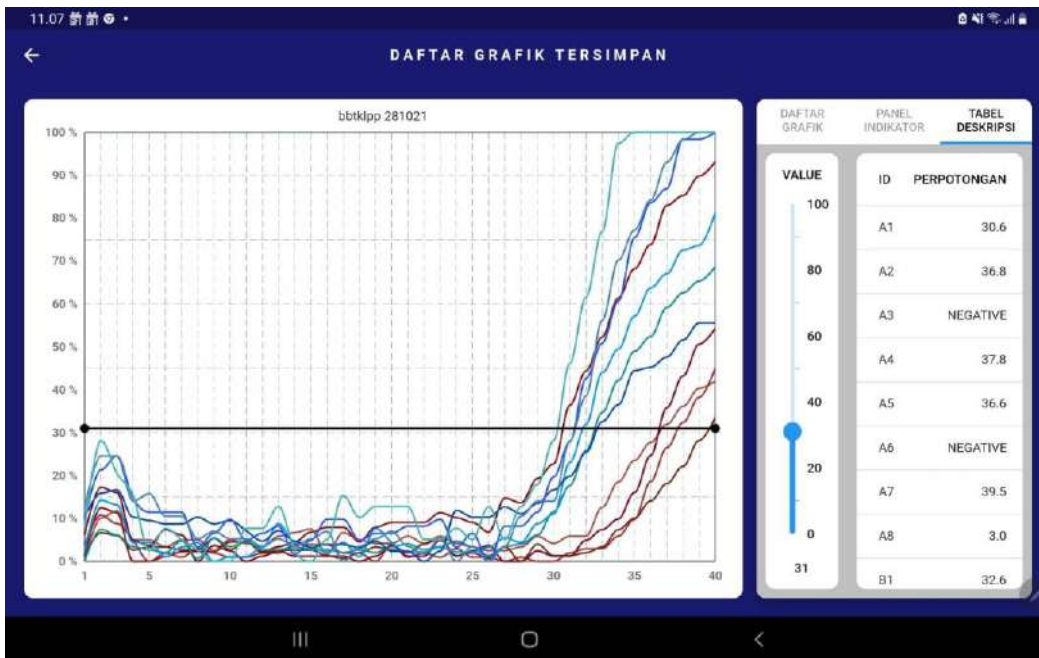
Perancangan, prototyping dan uji fungsi *graphical user interface (GUI)* dimaksudkan untuk menampilkan hasil pengujian secara visual. Informasi yang disajikan dalam bentuk beberapa menu dan fitur sehingga hasil pengujian rRTPCR dapat dibaca dengan mudah.



**Gambar 39.** Tampilan menu utama GUI rRTPCR



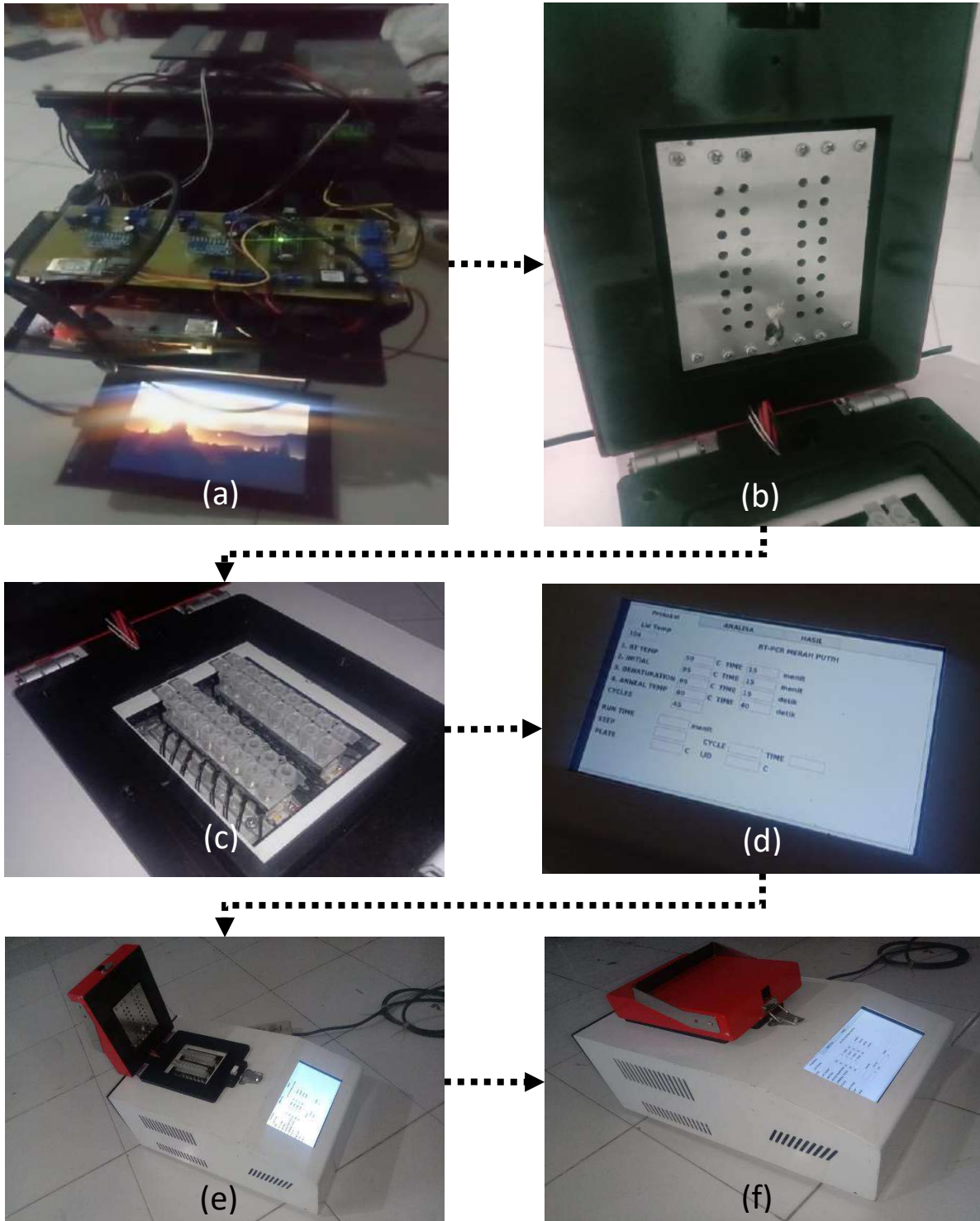
**Gambar 40.** Tampilan setting protokol temperatur GUI rRTPCR



**Gambar 41.** Tampilan GUI plot intensitas tiap siklus pada prototipe mesin rRT-PCR

#### 4.4 Integrasi Komponen dalam Sistem Operasi Mesin rRTPCR

Keempat sub sistem mesin rRTPCR kemudian diIntegrasikan Komponen dalam Sistem Operasi Mesin rRTPCR. Mesin dioperasikan melalui perangkat tablet android dengan komunikasi via bluetooth. Berikut adalah gambar tampilan integrasi mesin rRTPCR:



Gambar integrasi sistem rRTPCR

#### 4.5 Rekapitulasi Capaian Kegiatan Penelitian

Capaian dari kegiatan penelitian dan pengembangan mesin rRTPCR, ditunjukkan pada Tabel 4.5. Detail terkait capaian kegiatan dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 4.5. Capaian kegiatan penelitian

No	Luaran	Judul / Deskripsi	Target	Realisasi
1	Prototipe Riset	Prototipe Mesin rRTPCR	1 unit	1 unit
2	Dokumen Desain Engineering	Desain Engineering (Gambar Teknik, Bill of Quantity dan Bill of Material) Mesin rRTPCR	1 set	1 set
3	Dokumen HPP	Harga Pokok Produksi (HPP) Mesin rRTPCR	1 set	1 set
4	Draft HAKI	Desain Industri Mesin rRTPCR	1 set	1 set

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] "TrackCorona - COVID-19 Tracker and Live Map." <https://www.trackcorona.live/> (accessed May 06, 2020).
- [2] G. T. P. P. COVID-19, "Peta Sebaran | Gugus Tugas Percepatan Penanganan COVID-19." <https://covid19.go.id/peta-sebaran> (accessed May 06, 2020).
- [3] "To understand the global pandemic, we need global testing – the Our World in Data COVID-19 Testing dataset," *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/covid-testing> (accessed May 06, 2020).
- [4] D. Trisdianto, "Yuk Kenali Rapid Test dan PCR," *Asia Federasi*, Jun. 04, 2020. <https://www.afederasi.com/breaking-news/yuk-kenali-rapid-test-dan-pcr/> (accessed May 06, 2020).
- [5] "How COVID-19 test works: Know the basics." <https://gulfnnews.com/world/how-covid-19-test-works-know-the-basics-1.1585053677091> (accessed May 06, 2020).
- [6] T. G. Montague *et al.*, "Gene expression studies using a miniaturized thermal cycler system on board the International Space Station," *PLOS ONE*, vol. 13, no. 10, p. e0205852, Oct. 2018, doi: 10.1371/journal.pone.0205852.
- [7] K. Kadri, "Polymerase Chain Reaction (PCR): Principle and Applications," in *Synthetic Biology*, Intechopen, 2019.
- [8] K. R. Sreejith, C. H. Ooi, J. Jin, D. V. Dao, and N.-T. Nguyen, "Digital polymerase chain reaction technology – recent advances and future perspectives," *Lab Chip*, vol. 18, no. 24, pp. 3717–3732, Dec. 2018, doi: 10.1039/C8LC00990B.
- [9] "2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) Update: Uncoating the Virus," *ASM.org*. <https://asm.org/Articles/2020/January/2019-Novel-Coronavirus-2019-nCoV-Update-Uncoating> (accessed May 06, 2020).
- [10] "Microfluidic PCR & qPCR," *Elveflow*. <https://www.elveflow.com/microfluidic-reviews/general-microfluidics/microfluidic-pcr-qpcr-rtpcr/> (accessed May 06, 2020).
- [11] "The Thermocycles," *sqbi*. <https://basics-of-pcr.wixsite.com/sqbi/about2> (accessed May 06, 2020).
- [12] "Applied Biosystems™ 7500 Fast Dx Real-Time PCR Instrument, with tower computer." <http://www.thermofisher.com/order/catalog/product/4406985> (accessed May 06, 2020).
- [13] K. Chan *et al.*, "A rapid and low-cost PCR thermal cycler for infectious disease diagnostics," *PloS one*, vol. 11, no. 2, p. e0149150, Feb. 2016, doi: 10.1371/journal.pone.0149150.



- [14] G. Wong, I. Wong, K. Chan, Y. Hsieh, and S. Wong, "A Rapid and Low-Cost PCR Thermal Cycler for Low Resource Settings," *PLOS ONE*, vol. 10, no. 7, p. e0131701, Jul. 2015, doi: 10.1371/journal.pone.0131701.
- [15] M. Ahmed Rana, T. A. Shakeel, and Z. Ahmed, "Development and Manufacturing of World Grade Programmable Thermal Cyclers for Polymerase Chain Reaction in Pakistan: A Case of Biomedical Engineering," *Journal of Biomedical Engineering and Medical Devices*, vol. 03, no. 01, 2018, doi: 10.4172/2475-7586.1000133.
- [16] C. K. Soon, N. A. Devi, K. B. Gan, and S.-M. Then, "Design and development of polymerase chain reaction thermal cycler using proportional-integral temperature controller," *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, vol. 14, no. 2, pp. 213–218, Jun. 2018, doi: 10.11113/mjfas.v14n2.765.
- [17] C.-Y. Park, Y.-H. Park, Y.-S. Kim, H.-J. Song, and J.-D. Kim, "Performance evaluation of cost-optimized thermal cycler," *Technology and Health Care*, vol. 24, no. s1, pp. S179–S185, Jan. 2016, doi: 10.3233/THC-151067.
- [18] M. Tarik *et al.*, "Validation of quantitative polymerase chain reaction with Southern blot method for telomere length analysis," *Future Sci OA*, vol. 4, no. 4, Jan. 2018, doi: 10.4155/fsoa-2017-0115.
- [19] WHO Regional Office for South East Asia, *Establishment of PCR Laboratory in Developing Countries*, 2nd ed. India: World Health Organization, 2016.

## **LAMPIRAN**

**Lampiran 1:** Prototipe Mesin rRTPCR

**Lampiran 2:** Dokumen Desain Engineering (ED, BoQ, BoM) Mesin rRTPCR

**Lampiran 3:** Dokumen Harga Pokok Produksi (HPP) Mesin rRTPCR

**Lampiran 4:** Draft HKI Desain Industri Mesin rRTPCR

# PROTOTIPE MESIN rRTPCR



Rangkaian Komponen Mesin rRTPCR



Thermal Block Bagian Atas Sampel (Lid)



Thermal Block Bagian Bawah Sampel



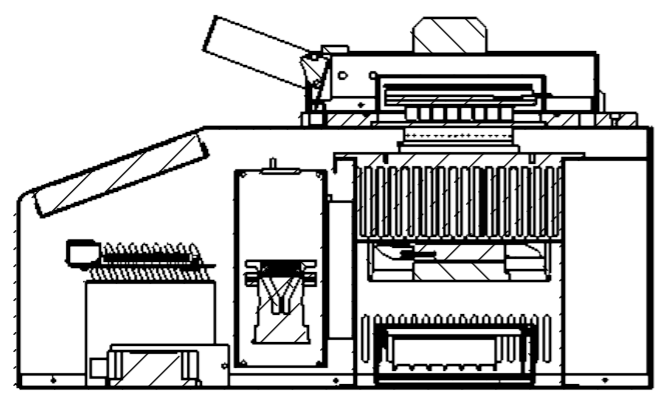
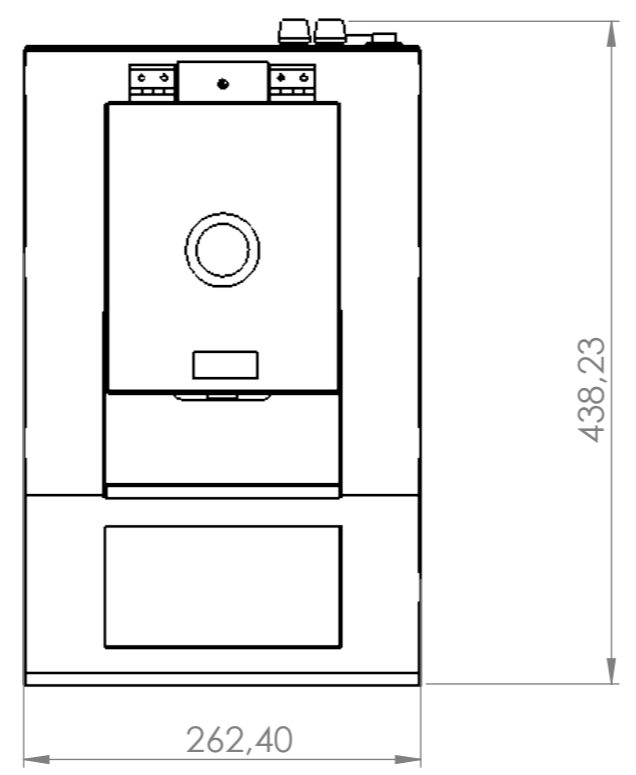
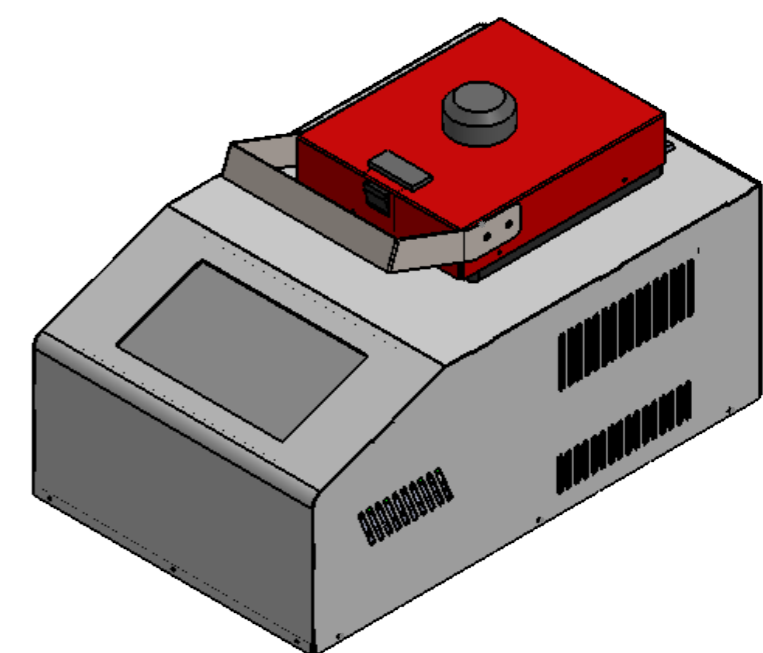
Tampilan Setting Protokol rRTPCR



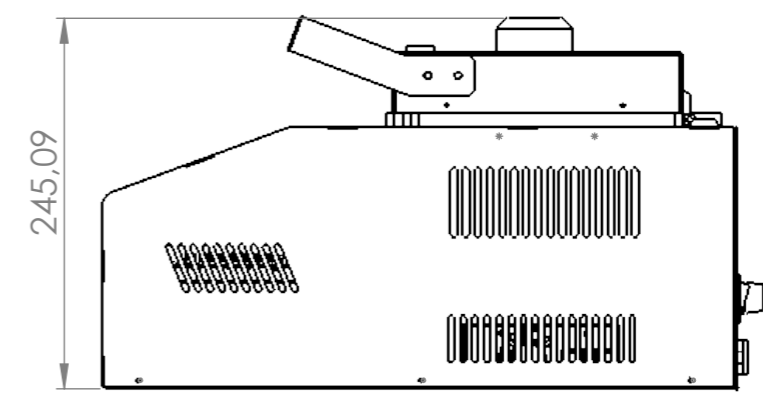
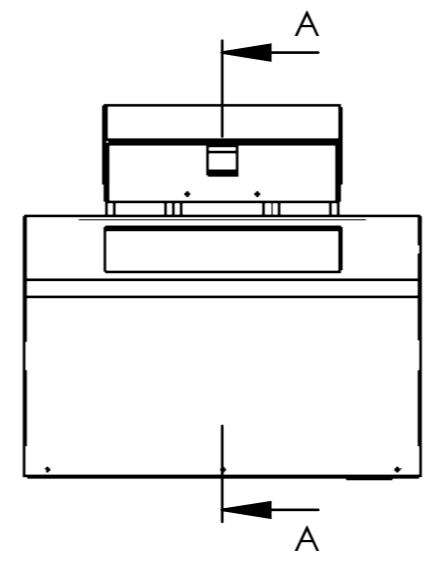
Prototipe Mesin rRTPCR (Kondisi Terbuka)



Prototipe Mesin rRTPCR (Kondisi Terutup)



SECTION A-A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN			NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:		
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A							MATERIAL:		DWG NO.		
									RTPCR32		
							WEIGHT:		A3		
									SHEET 1 OF 1		
							SCALE:1:5				

4 3 2 1

F

F

E

E

D

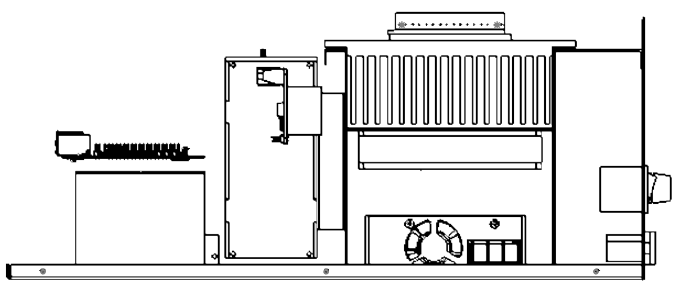
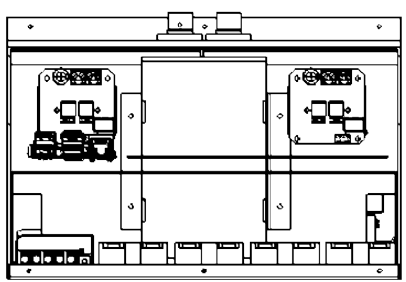
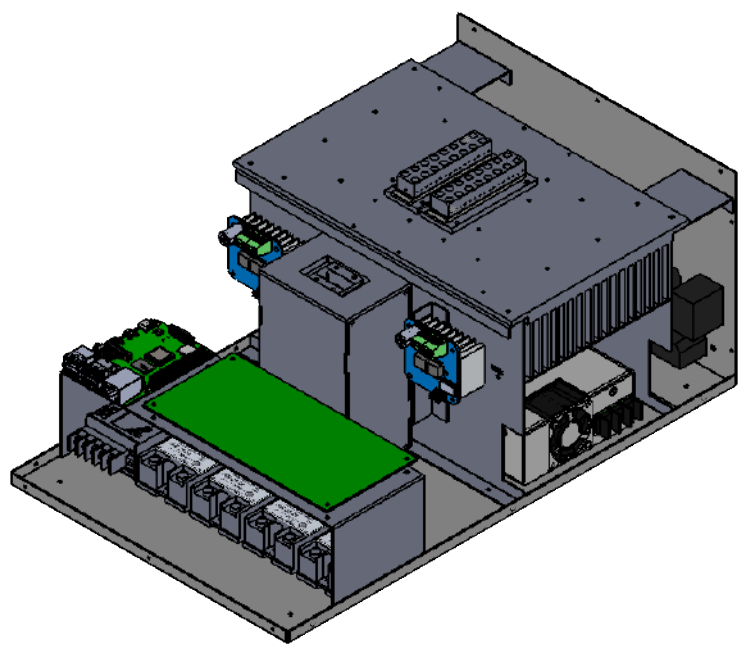
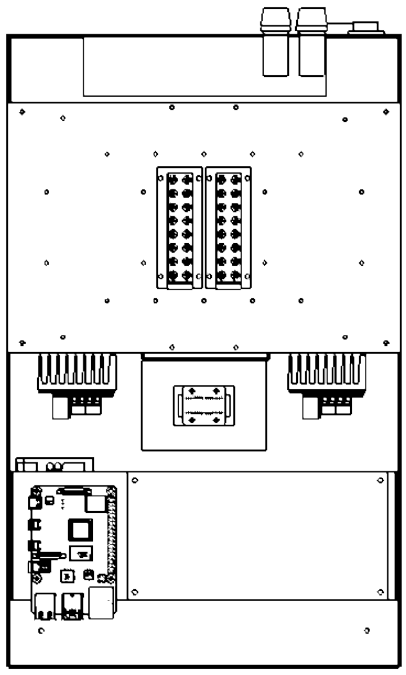
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:	
DWG NO.	<b>BODI BAWAH ASSY</b>
SCALE:1:10	SHEET 1 OF 1

MATERIAL:

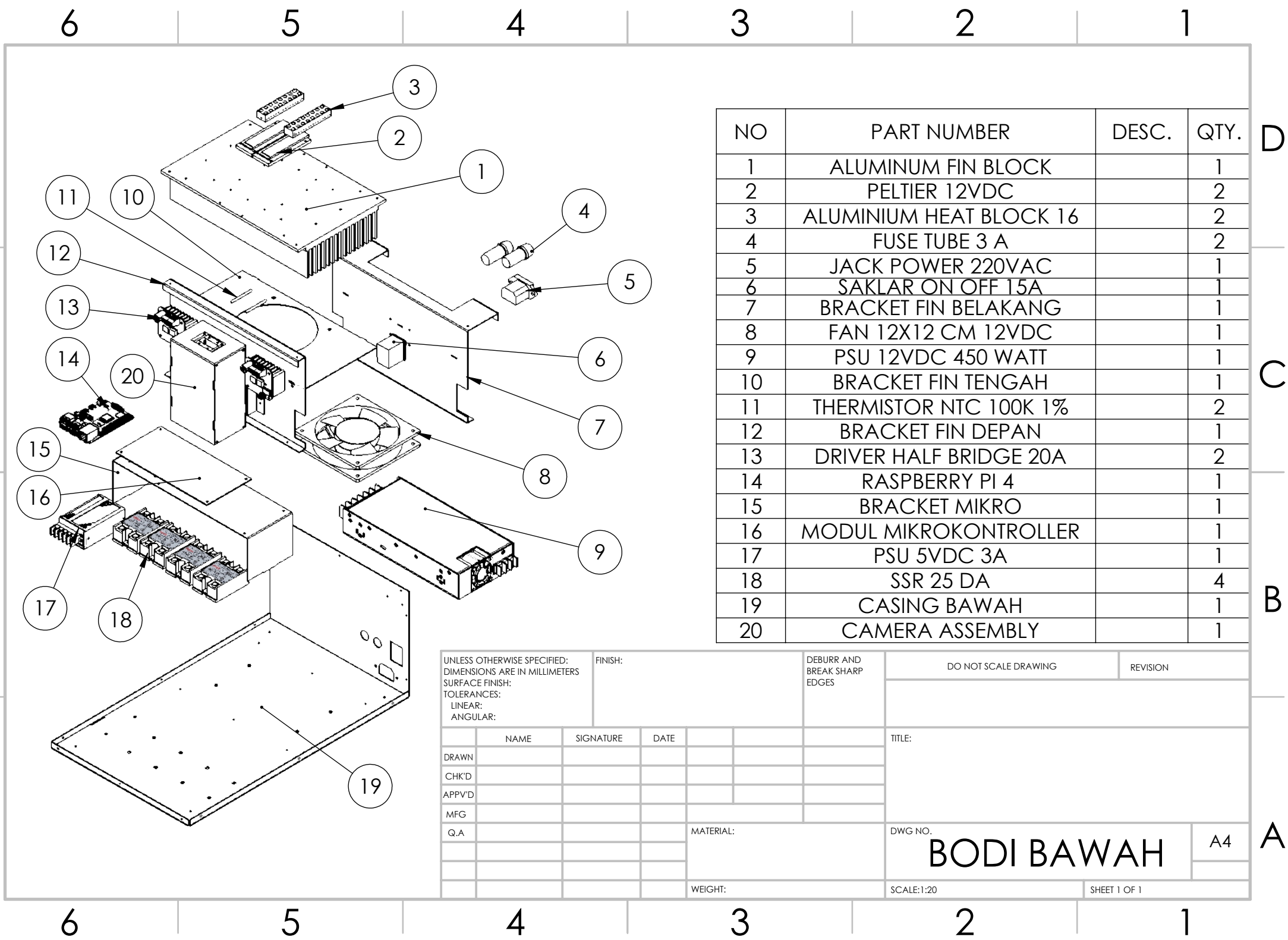
WEIGHT:

A4

4 3 2 1

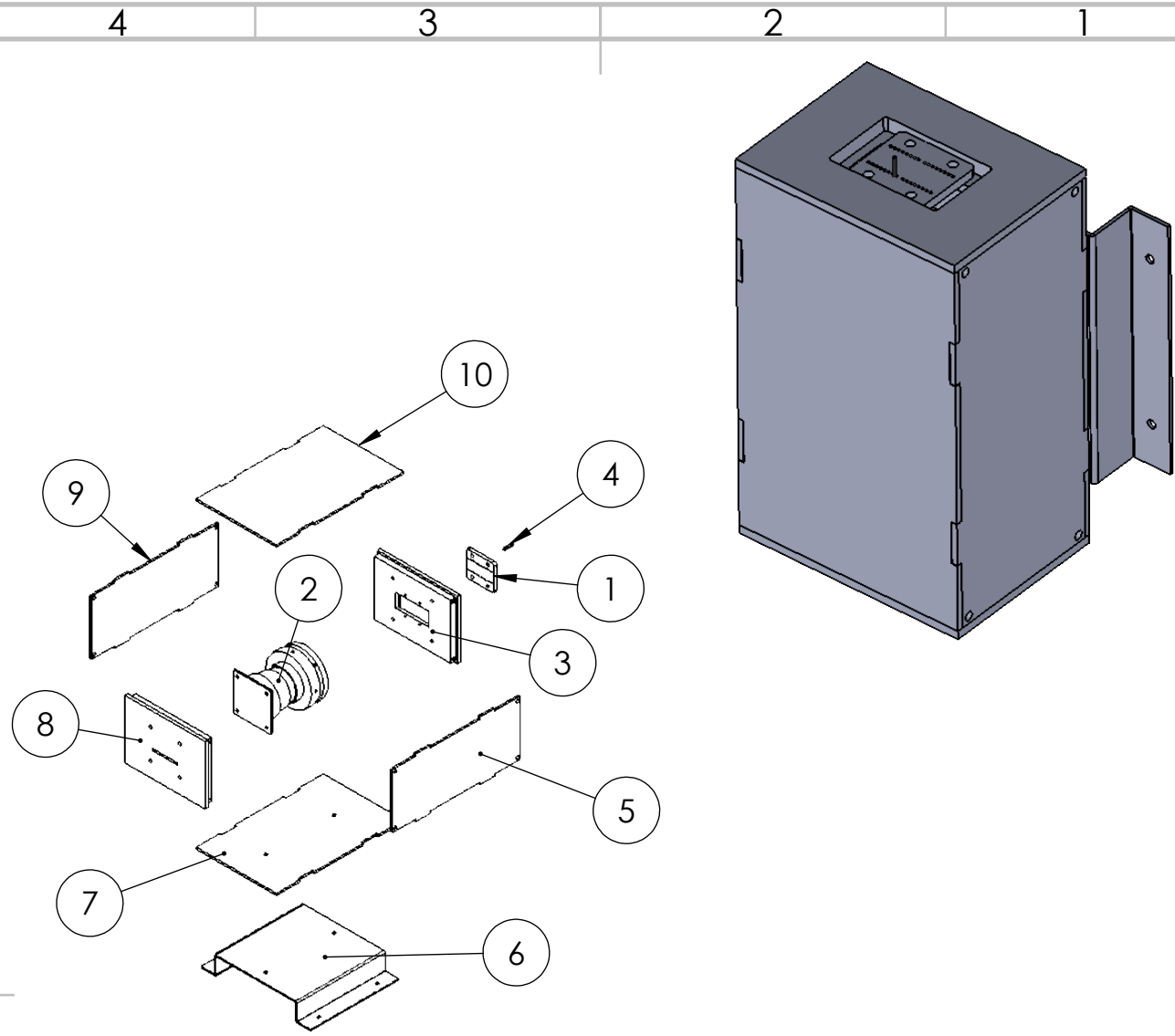
A

A



NO	PART NUMBER	DESC.	QTY.
1	ALUMINUM FIN BLOCK		1
2	PELTIER 12VDC		2
3	ALUMINIUM HEAT BLOCK 16		2
4	FUSE TUBE 3 A		2
5	JACK POWER 220VAC		1
6	SAKLAR ON OFF 15A		1
7	BRACKET FIN BELAKANG		1
8	FAN 12X12 CM 12VDC		1
9	PSU 12VDC 450 WATT		1
10	BRACKET FIN TENGAH		1
11	THERMISTOR NTC 100K 1%		2
12	BRACKET FIN DEPAN		1
13	DRIVER HALF BRIDGE 20A		2
14	RASPBERRY PI 4		1
15	BRACKET MIKRO		1
16	MODUL MIKROKONTROLLER		1
17	PSU 5VDC 3A		1
18	SSR 25 DA		4
19	CASING BAWAH		1
20	CAMERA ASSEMBLY		1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN			NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:		
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A							MATERIAL:		DWG NO.		
									BODI BAWAH		
									A4		
							WEIGHT:		SCALE:1:20		
									SHEET 1 OF 1		



NO	PART NO.	DESC.	QTY.
1	FIBER OPTIC BRACKET		1
2	HQ RASPI CAMERA 12 MP		1
3	FIBER MOUNTING		1
4	FIBER OPTIC 1 MM		32
5	CASING CAM KANAN		1
6	BRACKET CAMERA ASSY		1
7	CASING CAM BAWAH		1
8	CASE CAM BELAKANG		1
9	CASING CAM KIRI		1
10	CASING CAM ATAS		1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE:

DWG NO. **CAMERA ASSY**

SCALE: 1:10

SHEET 1 OF 1

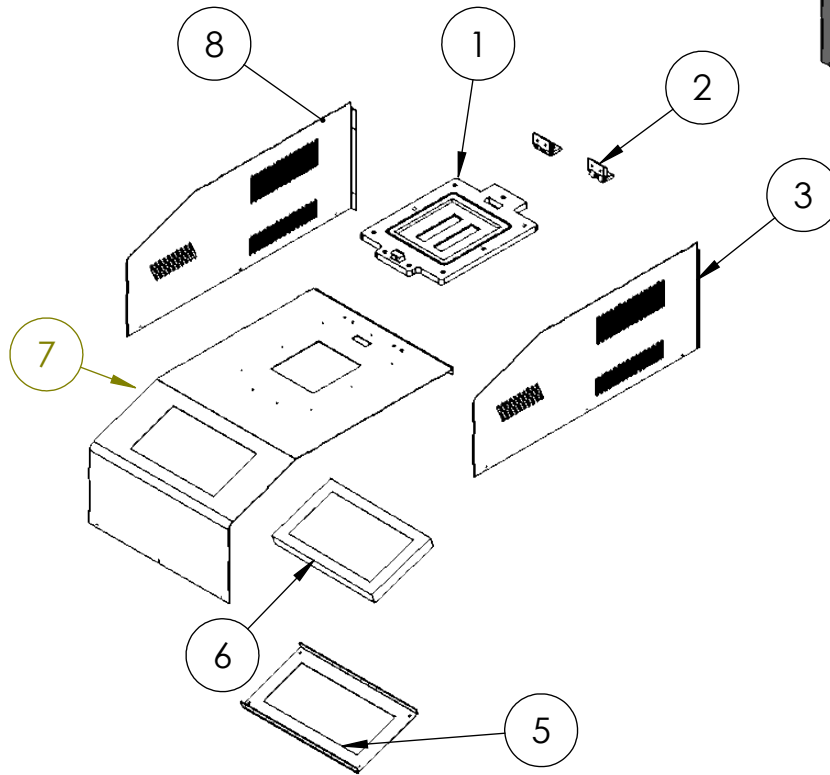
A4

F  
E  
D  
C  
B  
A

F  
E  
D  
C  
B  
A

4 3 2 1

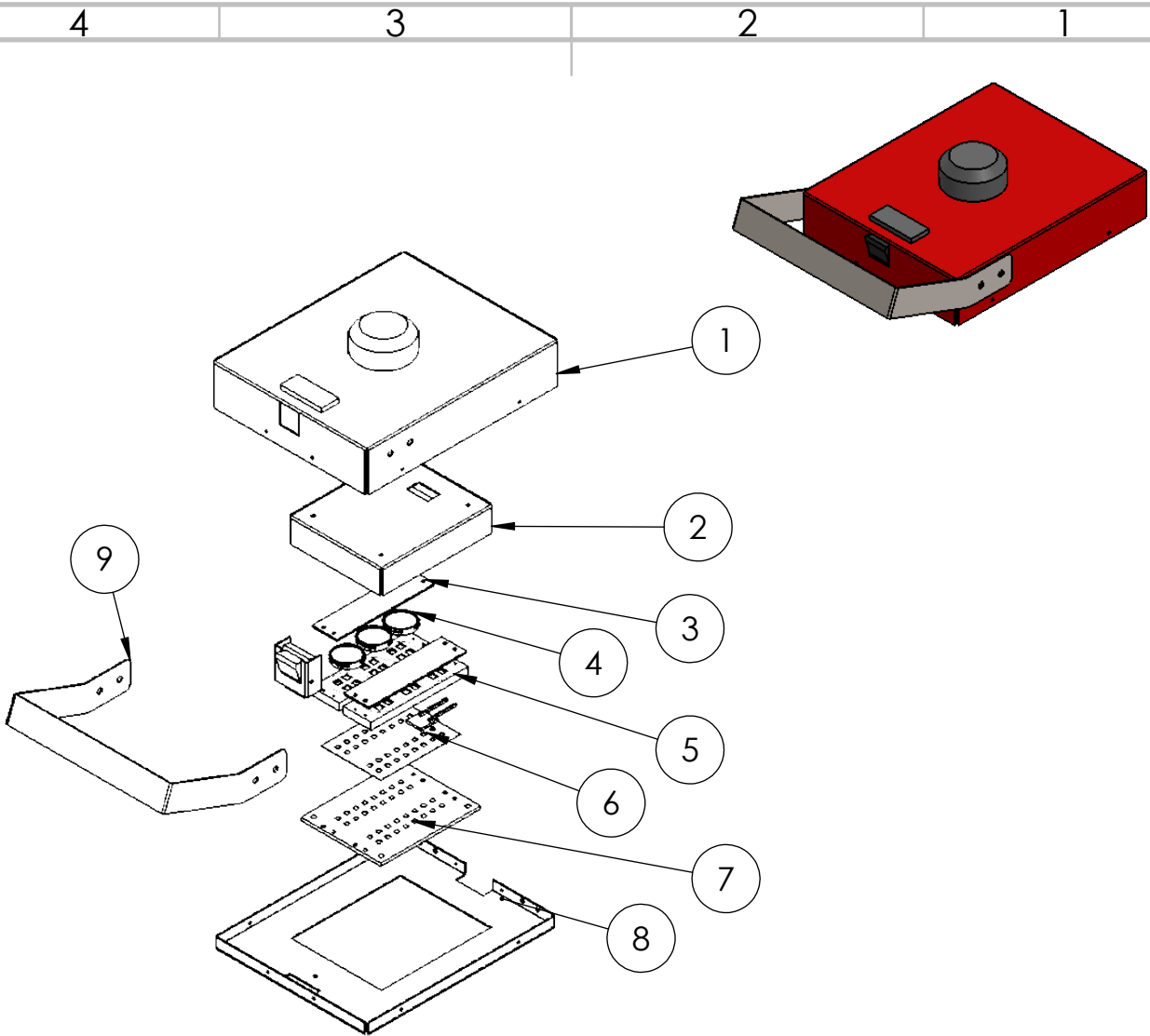
4 3 2 1



NO	PART NUMBER	DESC.	QTY
1	MOUNTING HEATER BLOCK		1
2	ALUMINIUM ENGSEL 20X20 MM		2
3	CASING KANAN		1
4	CASING BAWAH		1
5	BRACKET LCD 7 INCH		1
6	LCD TFT TOUCH 7 INCH		1
7	CASING DEPAN		1
8	CASING KIRI		1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:			
DRAWN			DWG NO. <b>CASING BODY</b> <span style="float: right;">A4</span>			
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
MATERIAL:			SCALE: 1:20			
WEIGHT:			SHEET 1 OF 1			





NO	PART NUMBER	DESC.	QTY.
1	LID CASING ATAS		1
2	LID CASING MOUNT		1
3	PCB LED 4X16 PCS		2
4	FILTER BLUE MF475-35		6
5	FILTER BRACKET		2
6	HEATER LID 12VDC20W		1
7	ALUMINIUM 2MM		1
8	LID CASING BAWAH		1
9	HANDLE SS 1.2 MM		1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

DWG NO. **HEATER LID** A4

SCALE: 1:10 SHEET 1 OF 1

F  
E  
D  
C  
B  
A

F  
E  
D  
C  
B  
A

4 3 2 1

4 3 2 1

## BILL OF MATERIAL RTPCR ITS

### Led Eksitasi

No	Manufacturer	Item	Vol	Unit	Harga Satuan	Jumlah
1	Jasa Laser Cutting	Plat aluminium 2mm heater lid	1	Buah	70,000	70,000
2	Shenzen Ali Brother Tech,Co,Ltd	Heated lid element hole 32 20W 12VDC 60x80 mm	1	Buah	174,000	174,000
3	3D printer	3D print optic filter holder	2	Buah	100,000	200,000
4	Thorlabs	Optic Filter biru MF475-35	6	Buah	4,100,000	24,600,000
5	JLC PCB	PCB led blue 470 nm 4x16	2	Buah	400,000	800,000
6	Lumileds	Lumileds Blue / High Power LEDs blue 470 nm	128	Buah	50,000	6,400,000
7	Tokopedia	Engsel CNC Aluminium 20x20	2	Buah	72,000	144,000
8	Toko Baut	Baut dan mur (+) M3x4	4	Buah	3,000	12,000
9	Tokopedia	Per 6 mm x30	4	Buah	10,000	40,000

### Casing Atas

No	Manufacturer	Item	Vol	Unit	Harga Satuan	Jumlah
1	Jasa Laser Cutting	Akrilik mount heater block	1	Buah	100,000	100,000
2	3D printer	3D print damper heater lid	1	Buah	350,000	350,000
3	Jasa Laser Cutting	Casing bodi + SS handle + Paint	1	Buah	3,000,000	3,000,000
4	Waveshare	LCD 7 inch color touchscreen	1	Buah	1,200,000	1,200,000

### Bodi

No	Manufacturer	Item	Vol	Unit	Harga Satuan	Jumlah
1	Raspberry	Raspberry pi 4 mini PC	1	Buah	1,700,000	1,700,000
2	Fotek	SSR 25 DD 3-32VDC SSR	4	Buah	80,000	320,000
3	Omron	PSU 5V 3A	1	Buah	300,000	300,000
4	China	Half bridge MOSFET Module BTS7960 43A	2	Buah	400,000	800,000
5	Mean Well	PSU 12VDC 450W / HRP-450-12	1	Buah	4,100,000	4,100,000
6	China	Switch ON OFF 15A	1	Buah	30,000	30,000
7	China	Fuse tube 4A	2	Buah	30,000	60,000
8	China	Jack Power Supply PC	1	Buah	25,000	25,000
9	China	Kabel Power Supply PC	1	Buah	15,000	15,000
10	Jasa CNC Milling	Fin Block Milling CNC Aluminium 166x260x55 mm	1	Buah	5,000,000	5,000,000
11	China	Fan 12x12 cm 12VDC	1	Buah	200,000	200,000
12	Jasa CNC Milling	Heat block 16 sample CNC Milling aluminum 72x16x11 mm	2	Buah	1,000,000	2,000,000
13	ESKA	Hi-Temp 0.5 x 1.0mm Simplex Cable Black PE Jacket	32	Buah	500,000	16,000,000
14	Marlow	Peltier 12VDC 7.5A 73x 17 mm Marlow Industries, Inc. / XLT2427-03AC	2	Buah	6,000,000	12,000,000

No	Manufacturer	Item	Vol	Unit	Harga Satuan	Jumlah
15	Jasa CNC Milling	Plat aluminum heatblock reservoir 5 mm 80x30 mm	2	Buah	500,000	1,000,000
16	Jasa Laser Cutting	Fiber mounting 32 hole akrilik	1	Buah	150,000	150,000
17	3d printer	Bracket fiber mounting 3D Printed	1	Buah	200,000	200,000
18	3d printer	Bracket camera 3d printed	1	Buah	200,000	200,000
19	Raspberry	Camera Raspberry HQ 12 MP	1	Buah	1,500,000	1,500,000
20	Tokopedia	Lens Raspberry camera 6mm 3MP wide angle	1	Buah	700,000	700,000
20	3d printer	Mounting Optic Filter 3d printed	1	Buah	600,000	600,000
21	Tokopedia	Ribbon data 30 cm camera	1	Buah	120,000	120,000
22	Thorlabs	Optic Filter 25 mm MF530-43	1	Buah	4,100,000	4,100,000
23	Toko Baut	Karet dudukan bodi	4	Buah	10,000	40,000
24	Toko Baut	Baut dan Mur M3	100	Buah	3,000	300,000
	Toko Baut	Baut dan Mur M4	100	Buah	3,000	300,000
25	JLPCB	PCB Contoller	1	Buah	500,000	500,000
26	Robotdyn	Arduino M0	1	Buah	300,000	300,000
27	China	Thermistor NTC 100K 1% B3950	4	Buah	30,000	120,000
28	Farnell	OPTOCOUPLER 4 pin PC817	4	Buah	10,000	40,000
29	Murata	DC DC converter isolated 12VDC to 5 VDC 1 A OKI-78SR-5/1.5-W36HE-C	1	Buah	150,000	150,000
30	Nichicon	Elco 100uF 16V	5	Buah	5,000	25,000
31	Nichicon	Elco 10uF 16V	4	Buah	5,000	20,000
32	China	Trimpot kotak 10k 1 %	4	Buah	3,000	12,000
33	Analog Device	Modul ADS1115 ADC	2	Buah		0
34	China	Terminal pinhead 2 pin	14	Buah		0
35	China	Resistor 100k DIP	4	Buah		0
36	China	Kapacitor mika 100nF	4	Buah		0
37	China	Resistor 330R DIP	4	Buah		0
38	China	Resistor 10K DIP	4	Buah		0
39	China	Wiring	1	Unit	700,000	700,000
<b>Total</b>						<b>90,717,000</b>

## HARGA POKOK PRODUKSI RTPCR ITS

No	Item	Vol	Unit	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Sistem Optik				
1	Camera CMOS 12 MP	Unit	1	3,000,000	3,000,000
2	Lensa 6 mm	Unit	1	700,000	700,000
3	Mini PC	Unit	1	750,000	750,000
4	Filter 520 nm	Unit	1	5,000,000	5,000,000
5	Casing	Unit	1	500,000	500,000
6	Fiber Optik OD 1 mm ID 0.5 mm	Unit	1	5,000,000	5,000,000
7	LED	Unit	1	500,000	500,000
8	Filter 475 nm	Unit	1	5,000,000	5,000,000
9	Heatsink	Unit	1	100,000	100,000
10	Fan 40x40 mm 12vdc	Unit	1	20,000	20,000
11	Bodi LED	Unit	1	500,000	500,000
2	Controller				
1	PCB	Unit	1	300,000	300,000
2	Komponen Pasif	Unit	1	1,000,000	1,000,000
3	Kabel	Meter	20	5,000	100,000
4	Arduino SAMD21	Unit	1	200,000	200,000
5	SSR 25 DA	Unit	4	100,000	400,000
6	Power Supply 12V 450W	Unit	1	3,000,000	3,000,000
7	Power Supply 5V 3W	Unit	1	250,000	250,000
8	LCD 7 inch	Unit	1	1,200,000	1,200,000
9	Switch	Unit	1	30,000	30,000
10	Fuse	Unit	2	30,000	60,000
11	Soket Power	Unit	1	20,000	20,000
3	Thermalcycler				
1	Peltier 12VDC	Unit	2	1,000,000	2,000,000
2	Modul Half Bridge	Unit	2	200,000	400,000
3	Heasink	Unit	1	5,000,000	5,000,000
4	Heat Block 16 sample 0.2 mL	Unit	2	200,000	400,000
5	Fan 12x12 cm 12vdc	Unit	1	300,000	300,000
4	Lid Heater				
1	Heater 12 VDC	Unit	1	500,000	500,000
2	Thermistor 100 kOhm	Unit	1	30,000	30,000
3	Lid Block	Unit	1	300,000	300,000
4	Casing	Unit	1	400,000	400,000
5	Enclosure				
1	Laser, bending, welding 1.2 mm Mild Steel	Unit	1	10,000,000	10,000,000
2	Spare Parts	Unit	1	2,000,000	2,000,000
3	Assembly	Unit	1	3,000,000	3,000,000
6	Ongkos Produksi	Lumpsum	1	31,176,000	31,176,000
<b>Jumlah</b>					<b>83,136,000</b>

## URAIAN DESAIN INDUSTRI

### Judul

MESIN TRANSKRIPSI BALIK REAKSI BERANTAI POLIMERASE WAKTU NYATA

### Keterangan Gambar

Gambar 1 : Tampak Depan

Gambar 2 : Tampak Belakang

Gambar 3 : Tampak Samping Kanan

Gambar 4 : Tampak Samping Kiri

Gambar 5 : Tampak Atas

Gambar 6 : Tampak Bawah

Gambar 7 : Gambar Publikasi

### Kegunaan

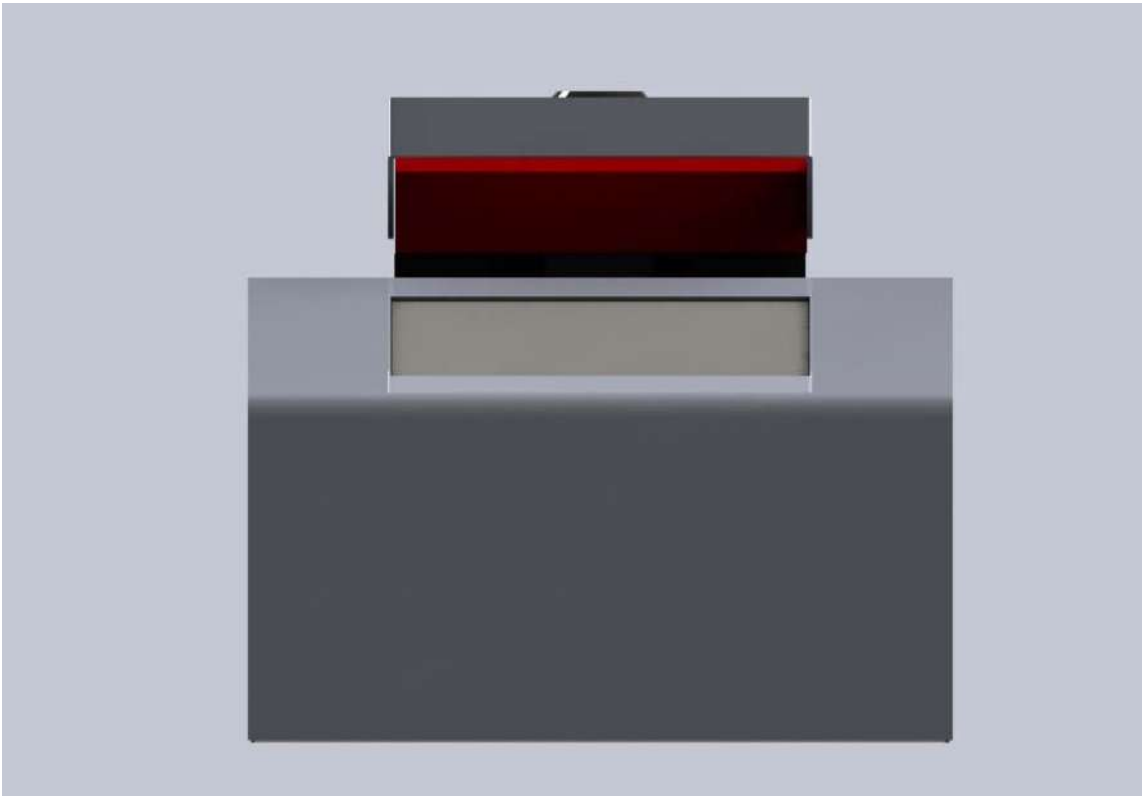
Sebagai peralatan untuk mengukur kuantitas *DNA (Deoxyribo Nucleic Acid)* dengan pengujian *Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction (RT-PCR)* secara waktu nyata (*real time*), berkapasitas 32 sampel.

### Klaim

1. Bentuk
2. Konfigurasi

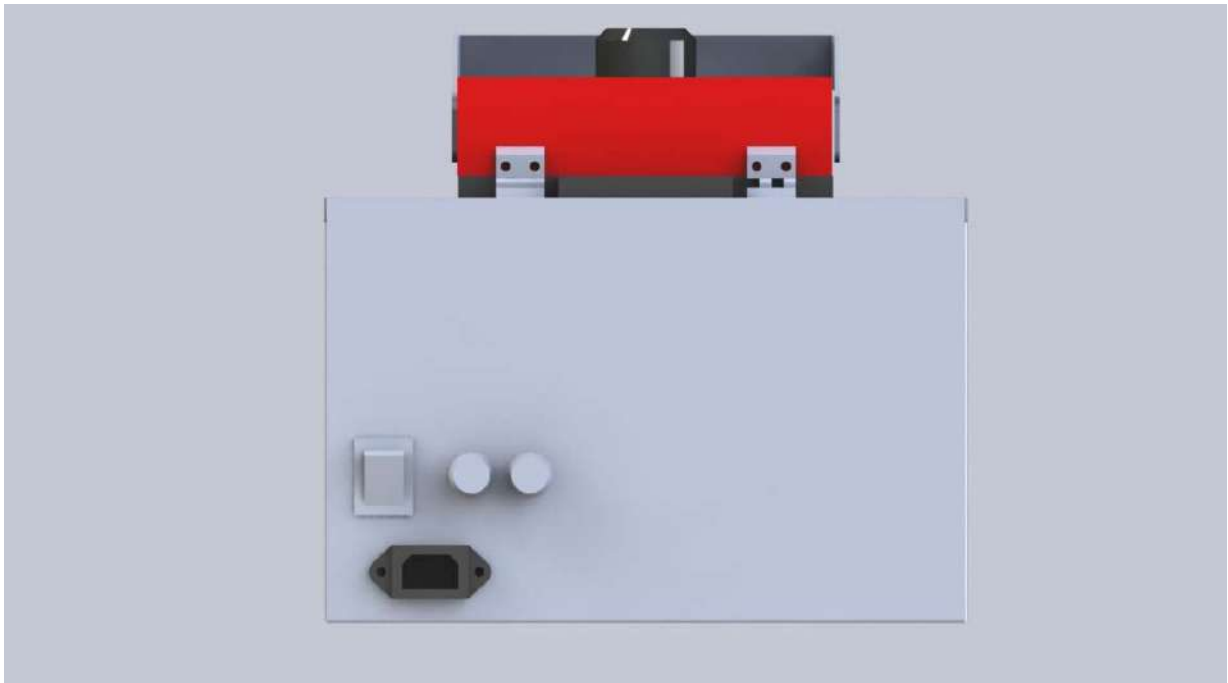
Catatan: Huruf, kata, angka, gambar, maupun kombinasinya yang merupakan unsur merek tidak termasuk dalam perlindungan desain industri.

Gambar 1 dari 7



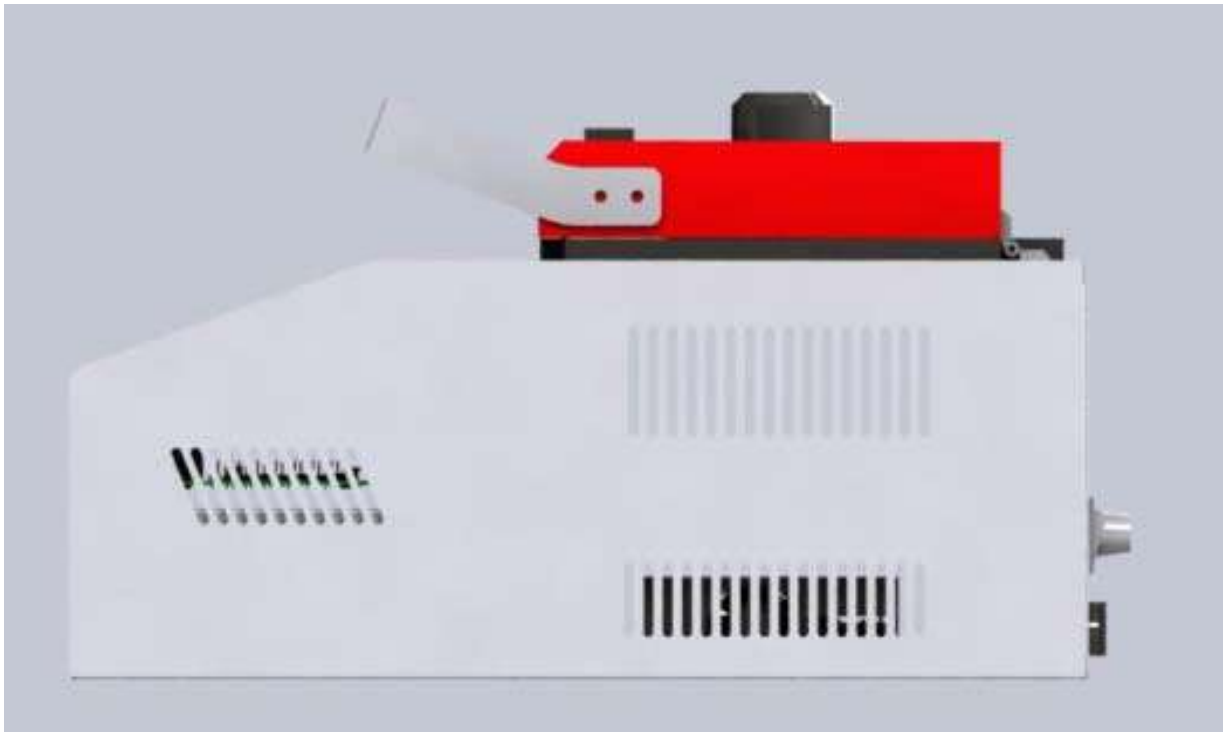
Gambar 1 : Tampak Depan

Gambar 2 dari 7



Gambar 2 : Tampak Belakang

Gambar 3 dari 7



Gambar 3 : Tampak Samping Kanan

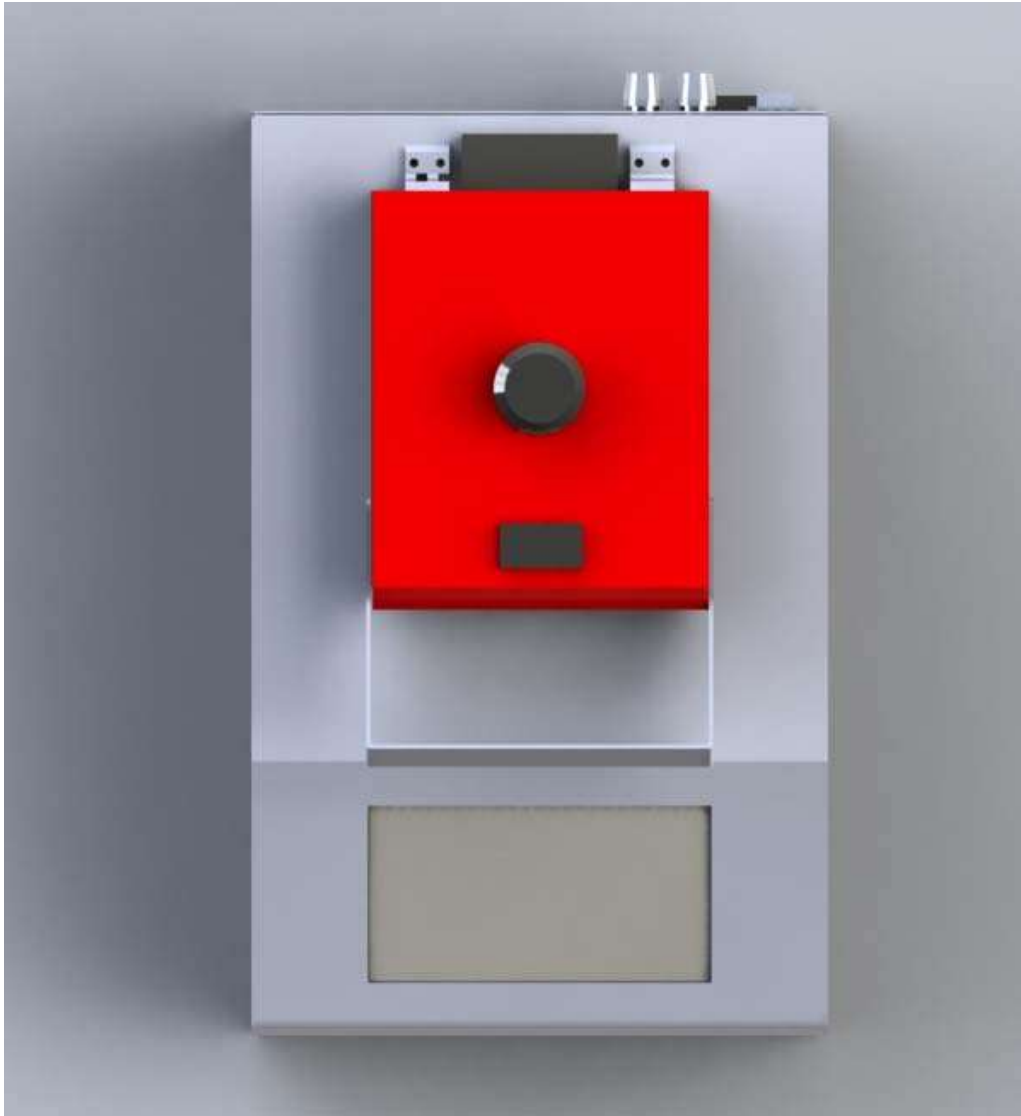


Gambar 4 dari 7



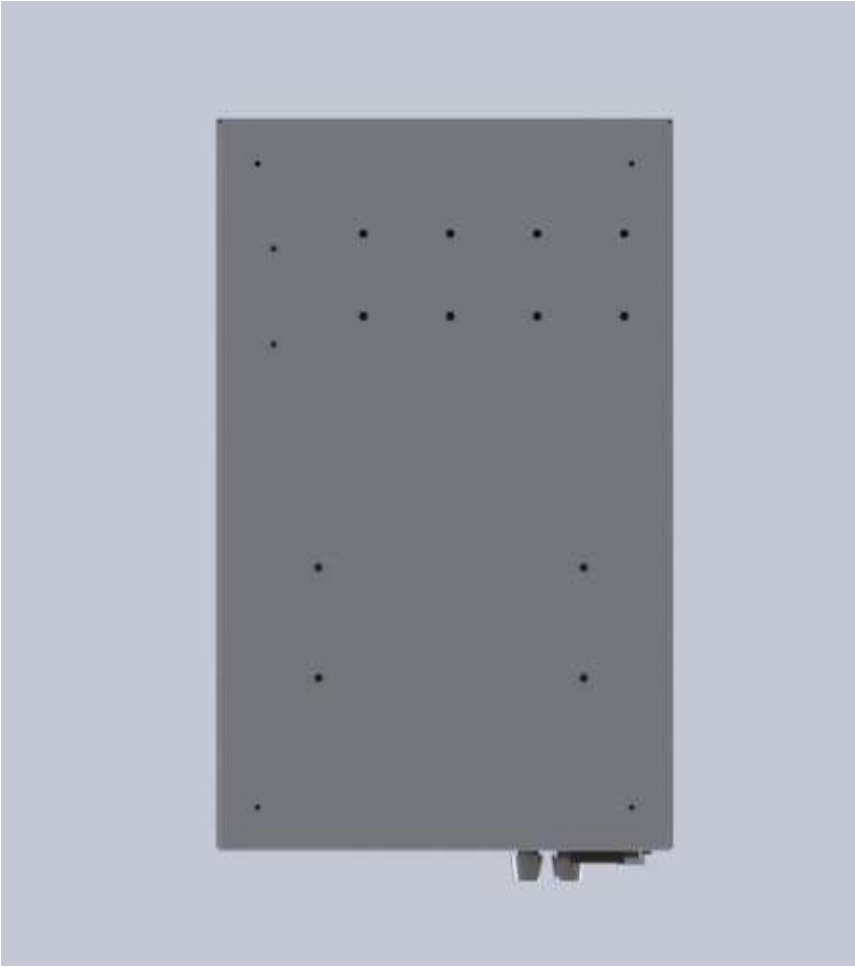
Gambar 4 : Tampak Samping Kiri

Gambar 5 dari 7



Gambar 5 : Tampak Atas

Gambar 6 dari 7



Gambar 6 : Tampak Bawah

Gambar 7 dari 7



Gambar 7 : Gambar Publikasi

## **Executive Summary**

Ketua Periset	: Dr. Ir. Machsus, ST., MT.
Institusi	: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Mitra	: -
Judul Riset	: Rancang Bangun Prototipe Alat Pengetesan Real-time Reverse Transcriptions Polymerase Chain Reaction (RTPCR)
Skema	: RISPRO Mandatori Konsorsium Riset COVID-19
Nilai Pendanaan LPDP	: Rp 999,994,000 Nilai Kontribusi Mitra: -
Jangka waktu pendanaan	: Tanggal 6 Juli 2020 - 6 Oktober 2021

### **1. Latar belakang, tujuan dan apa yang telah dilakukan**

*Covid19 telah menjadi pandemi global. Hampir semua negara di dunia memiliki kasus positif virus covid19 dan tiap hari kasusnya mengalami kenaikan. Bahaya dari virus covid19 tidak terletak pada fatalitinya akan tetapi terletak pada kecepatan penularannya. Kecepatan penularan ini yang dapat melumpuhkan system Kesehatan sebuah negara karena akan timbul jumlah pasien covid19 yang sangat banyak dan melebihi kapasitas Kesehatan yang ada di suatu negara. Negara-negara di Eropa dan Amerika Serikat telah mengalami hal ini. Sehingga pada puncak kasus, banyak tenaga medis di negara-negara itu yang telah melakukan strategi pemilihan pasien mana yang akan ditolong dan pasien mana yang akan dibiarkan meninggal.*

*Kondisi seperti ini butuh penanganan dan strategi mitigasi yang tepat. Salah satu cara untuk merumuskan strategi mitigasi yang tepat adalah dengan mendeteksi sedini mungkin penyebaran virus Covid19. Deteksi dini penyebaran virus Covid19 ini dapat dilakukan dengan rapid test atau real-time Reverse Transcriptions Polymerase Chain Reaction (rRTPCR).*

*Riset ini bertujuan mendapatkan mesin test rRT-PCR yang ekonomis. Selain itu, bisa digunakan untuk membantu pemerintah di dalam hal peningkatan jumlah test pasien dan deteksi dini berbagai virus.*

*Kemanfaatan riset ini dapat memudahkan pemerintah merumuskan strategi mitigasi risiko ancaman sebuah virus yang menjadi pandemi. Memperkaya program-program penelitian tentang virus lain selain covid19 yang banyak di Indonesia salah satunya adalah Demam Berdarah Dengue (DBD) yang tingkat fatalitinya melebihi virus covid19. Teknologi rRT-PCR ini akan membuka dimensi baru bagi penelitian tentang virus (cRNA ataupun DNA), penelitian tentang ketahanan pangan, penelitian tentang*

*obat-obatan dan sebagainya. Indonesia bisa terlepas dari ketergantungan import alat-alat Kesehatan terutama mesin rRT-PCR.*

*Aktivitas riset mencakup melakukan perancangan, prototyping dan uji fungsi sistem rRT-PCR, setelah melalui berbagai kendala dan kegagalan, akhirnya dihasilkan mesin rRTPCR yang proven. Hasil pengujian terhadap spesimen terbukti menghasilnya kesimpulan yang sama dengan mesin yang sudah proven. Sistem rRT-PCR ini terbagi dalam 3 (tiga) subsistem, yakni: thermal cycler, fluorescence detector, dan Graphical User Interface (GUI). Pada tahap akhir aktivitas riset dilakukan integrasi komponen dalam sistem operasi Mesin rRTPCR.*

## **2. Hasil riset saat ini**

*Capaian dari kegiatan penelitian dan pengembangan mesin rRTPCR diperoleh: Prototipe Mesin rRTPCR, Dokumen Desain Engineering Mesin rRTPCR, Harga Pokok Produksi (HPP) Mesin rRTPCR, dan Desain Industri Mesin rRTPCR, masing-masing sejumlah 1 unit, atau 1 set. Hasil riset ini masih perlu dikembangkan lebih lanjut untuk penyempurnaan prototipe, dan proses sertifikasinya ke instansi terkait.*

## **3. Dokumentasi Kegiatan/Foto Hasil Riset (produk/teknologi)**





#### **4. Isu (jika ada)**

*Ketersediaan filter optik yang memenuhi spesifikasi mesin rRTPCR. Saat ini belum tersedia, dan pihak Thorlabs belum melayani filter optic yang customize dengan bentuk dan ukuran yang sesuai kebutuhan mesin rRTPCR. Langkah yang dilakukan sedang mencari penyediaan selain Thorlabs, namun yang kualitas produk filter optiknya setara, atau terbukti fungsinya sama baik.*

#### **5. Kelanjutan (komersialisasi/implementasi/riset lanjutan)**

*Untuk sementara waktu belum ada rencana proses produksi dan komersialisasi. Hal ini karena prototipe mesin rRTPCR ini masih perlu dilakukan pengembangan untuk penyempurnaan prototipe dalam rangka sertifikasi mesin rRTPCR melalui BPKF atau instansi yang berwenang lainnya. Potensi pasar atau pelanggan produk mesin rRTPCR cukup luas, sehingga diperlukan riset lanjutan hingga terkomersialisasi. Untuk kelanjutan perlu dilakukan riset lanjutan yang mempertimbangan beberapa masalah sebagai berikut:*

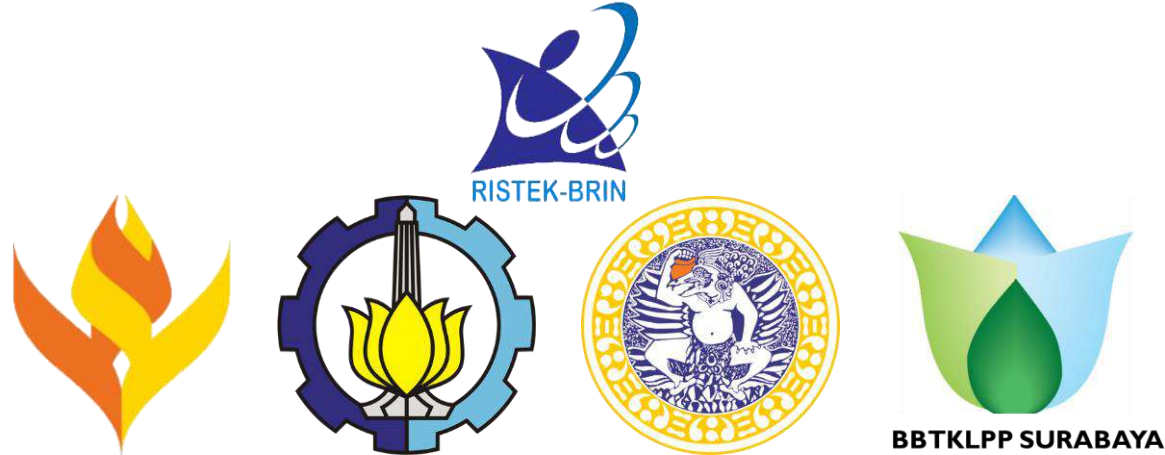
- a. Permasalahan filter eksitasi biru thorlabs products, MF475-35 (FITC Ex. Filter CWL=475 nm BW=35 nm) sudah bekerja dengan baik, namun dimensi yang tersedia hanya berbentuk lingkaran dengan diameter 25 mm. Pengadaan filter dari thorlabs products tidak melayani custom, sehingga 1 (satu) filter hanya cukup untuk menyinari 4 sample atau tube saja. Untuk 1 (satu) blok yang berisi 16 tube, hanya 12 tube yang bisa difilter, karena space yang tersedia tidak memungkinkan bila menggunakan filter berbentuk lingkaran dengan diameter 25 mm. Solusinya dengan memesan filter 475 nm khusus meski bukan dari thorlabs products, namun bentuk dan ukurannya sesuai dengan dimensi blok yang berisi 2x8 sample tube. Namun penggunaan filter selain thorlabs products, berisiko gagal berfungsi meski spesifikasinya sama;*
- b. Permasalahan fiber optic diameter 1 mm disusun pada block sample, sangat sulit tersusun dengan presisi. Akibatnya penangkapan cahaya emisi tidak konsisten, atau tidak merata pada setiap titik tube. Solusinya pemasangan fiber optic pada block sample harus dipasang dengan presisi menggunakan jig khusus, atau menggunakan coupling pada setiap helai fiber optic, agar emisi cahaya yang ditangkap merata;*
- c. Permasalahan program capture belum running secara langsung saat mesin dinyalakan. Program menggunakan bahasa pemrograman python, dan menggunakan mini komputer Raspberry. Solusinya perlu penyempurnaan program dengan tim programmer mini komputer dan bahasa pemrograman python;*
- d. Permasalahan heater lid yang digunakan berdaya kecil, 12VDC 20 Watt, sehingga pemanasan awal lambat memerlukan waktu 30 menit. Solusinya perlu*



*penambahan daya menjadi 12VDC 50 Watt agar waktu pemanasan heater lid lebih cepat;*

- e. Permasalahan prototipe mesin rRTPCR belum dilakukan pengujian kehandalan. Solusinya perlu pengujian kehandalan dan/atau kalibrasi mesin rRTPCR baik oleh internal tim riset maupun bersama dengan tim BPFK (Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan), dan/atau instansi yang berwenang lainnya;*
- f. Permasalahan izin edar mesin rRTPCR sebagai alat kesehatan. Untuk menjamin keamanan, mutu, dan manfaat alat kesehatan impor maupun dalam negeri yang beredar di Indonesia maka harus dilakukan pengendalian alat kesehatan. Oleh karena itu, alat kesehatan hanya dapat diedarkan setelah mendapat izin edar, sesuai UU No. 36 Tahun 2009. Salah satu persyaratan izin edar adalah adanya sertifikat dan dokumen yang menyebutkan kesesuaian terhadap standar produk, persyaratan keamanan, efektivitas dan sistem mutu dalam desain dan proses pembuatan. Solusinya perlu mengurus izin edar dengan terlebih dahulu memenuhi persyaratan bagi pemohon izin edar, diantaranya sertifikasi dan dokumen pendukung lainnya, termasuk hasil uji kehandalan.*
- g. Permasalahan kebutuhan pasar terhadap mesin rRTPCR diprediksikan sudah berubah. Kapasitas mesin rRTPCR yang lebih dibutuhkan berkapasitas kecil dengan 8 tube, bukan kapasitas besar dengan 32 tube, 54 tube, 96 tube, dst. Saat ini sudah tidak terjadi kelangkaan mesin rRTPCR. Kebutuhan mesin rRTPCR menurun seiring dengan prediksi berakhirnya masa pandemi Covid19. Solusinya perlu mempertimbangkan perubahan fokus pengembangan riset beralih ke mesin rRTPCR berkapasitas kecil, sehingga harganya lebih terjangkau untuk unit kesehatan skala kecil dan terdepan, seperti puskesmas, klinik dan perkantoran. Konsekwensinya perlu dilakukan perubahan desain secara menyeluruh dan membutuhkan waktu riset yang cukup lama.*

# Materi Presentasi Laporan Akhir



## **RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT PENGETESAN $r$ RT-PCR MERAH PUTIH - INDONESIA (Progress Penelitian Tim ITS, BBTCLPP Surabaya, dan Unair)**

**Dr. Machsus, ST., MT.; Dr. Muhammad Nur Yuniarto; Dr. Wiwiek Hendrowati, ST., MT.; Indra Sidharta, ST., MSc.;  
Dr. Bambang Sampoerno, ST., MT.; Dr. dr. Achmad Chusnu Romdhoni, Sp. THT-KL (K); Galih Priyo Atmojo, ST.;  
Ety Sri Heriati, ST., MM.; dr. Zahrotunnisa, M. Biotech; dan Didik Purwanto**

# PENDAHULUAN

- Pelaksanaan riset ini mengacu pada PKS antara KemeristekBRIN dengan ITS, No.: 5/FI/PKS-KCOVID-19.B/VII/2020 dan No.: 1508/PKS/ITS/2020 tanggal 6 Juli 2020;
- Tim peneliti menjelaskan pandemi COVID-19 menyebabkan terjadinya pembatasan kegiatan operasional di lab. tempat pengujian, sehingga pengerjaan penelitian terhambat;
- Pengajuan permohonan perpanjangan jangka waktu pelaksanaan perjanjian berdasarkan surat No. T/27465/IT2.IV.2/TU.00.08/2021 tanggal 11 Mei 2021.
- Addendum jangka waktu pelaksanaan PKS hingga tanggal 6 Oktober 2021, sesuai Surat No. B/24/C/BM.01.04.2021 tentang Tindak Lanjut Program Pendanaan Konsorsium Riset dan Inovasi Covid-19.



BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL  
DEPUTI BIDANG PENGUATAN INOVASI  
Gedung B.J.Habibie, Jalan M.H. Thamrin No. 8, Jakarta Pusat 10340  
Telepon: (021) 3169862, Faksimile: (021) 3101952  
Laman: www.ristekbrin.go.id

Nomor : B/ 24 /C/BM.01.04/2021  
Lampiran : Satu berkas  
Perihal : Tindak Lanjut Program Pendanaan Konsorsium Riset dan Inovasi Covid-19

26 Juni 2021

Yth. Direktur Inovasi dan Kawasan Sains Teknologi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
di Tempat

Sehubungan dengan Kegiatan Konsorsium Riset dan Inovasi Untuk Percepatan Penanganan *Corona Virus Disease* 2019 (COVID-19) dengan judul "Rancang Bangun Prototipe Alat Pengetesan Real Time Reverse Transcriptions Polymerase Chain Reaction (RT-PCR)" dengan Kontrak Nomor 5/FI/PKS-KCOVID-19.B/VII/2020 dan Nomor 1508/PKS/ITS/2020 tertanggal 15 Juni 2020 (Kode AC 12, Bidang Skrining dan Diagnosis), yang mengajukan Permohonan Perpanjangan Masa Kontrak sesuai dengan Nomor Surat T/27465/IT2.IV.2/TU.00.08/2021 pada tanggal 11 Mei 2021 maka kami sampaikan bahwa permohonan Masa Kontrak yang semula berakhir tanggal 15 Juni 2021 dapat diperpanjang sampai dengan 6 Oktober 2021 sepanjang dilakukan sesuai kebutuhan dan perubahan anggaran tidak melebihi persentasi komponen biaya yang telah ditentukan sampai dengan batas waktu tersebut. Di samping hal tersebut di atas, kami harap peneliti untuk memperhatikan akhir waktu kontrak kegiatan, sehingga dapat menyelesaikan setiap dokumen yang diperlukan pada proses pencairan tahap2 (30%), dan dapat menyelesaikan target luaran sebagaimana tertuang dalam lampiran kontrak.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatian dan kerjasamanya, diucapkan terima kasih.



Sekretaris Deputi Bidang Penguatan Inovasi

Dr. Ir. Lanjar, M.Si  
NIP: 196410171992031001

Tembusan:

1. Sekretaris Utama BRIN;
2. Plt. Deputi Bidang Penguatan Inovasi;
3. Direktur Fasilitasi Riset dan Rehabilitasi LPDP;
4. Ketua Konsorsium Riset dan Inovasi Covid-19 BRIN;
5. Ketua Peneliti (Dr. Machus., MT).

• UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 ayat 1

"Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"

• Dokumen ini tertanda ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan BSR-E

• Surat ini dapat dibuktikan keasliannya dengan menggunakan qr code yang telah tersedia

# TUJUAN DAN MANFAAT

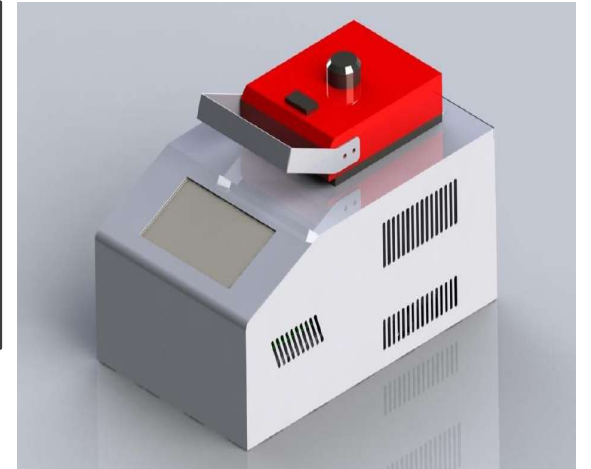
## Tujuan

Mendapatkan mesin test rRT-PCR yang ekonomis sehingga bisa digunakan untuk membantu pemerintah di dalam hal peningkatan jumlah test pasien dan deteksi dini berbagai virus.

## Manfaat

- a. Memudahkan pemerintah merumuskan strategi mitigasi risiko ancaman sebuah virus yang menjadi pandemi
- b. Memperkaya program-program penelitian tentang virus lain selain covid19 yang banyak di Indonesia salah satunya adalah Demam Berdarah Dengue (DBD) yang tingkat fatalitinya melebihi virus covid19.
- c. Teknologi rRT-PCR ini akan membuka dimensi baru bagi penelitian tentang virus (cRNA ataupun DNA), penelitian tentang ketahanan pangan, penelitian tentang obat-obatan dan sebagainya.
- d. Indonesia bisa terlepas dari ketergantungan import alat-alat Kesehatan terutama mesin rRT-PCR

# PELAKSANAAN RISET: **Perubahan Prototipe rRT-PCR**



## **Prototipe I**

Prototipe awal hanya untuk thermal cycler sederhana 4 well

## **Prototipe II**

Prototipe 32 well ini belum menggunakan Peltier Module

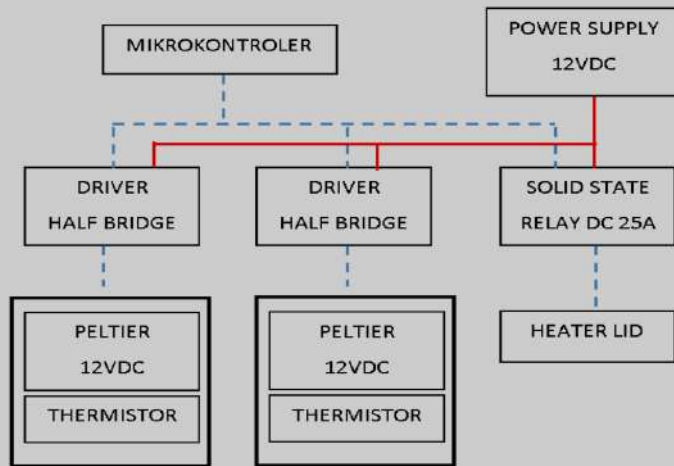
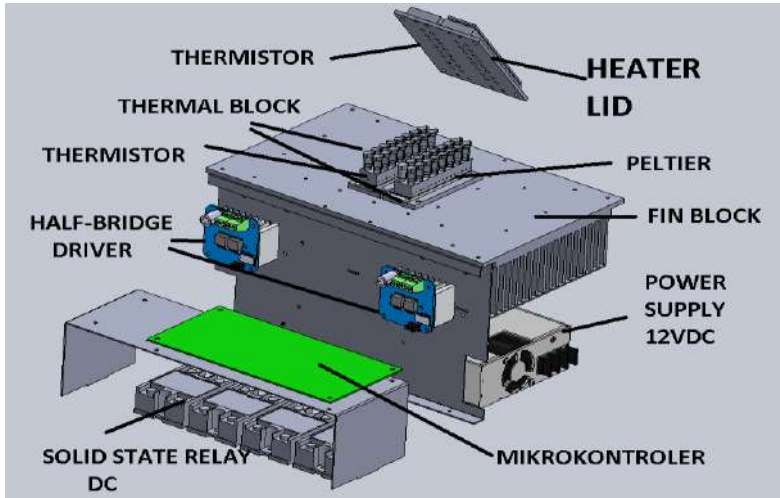
## **Prototipe III**

Prototipe 32 well ini Subsistem DNA Detector (Optic) tidak berfungsi

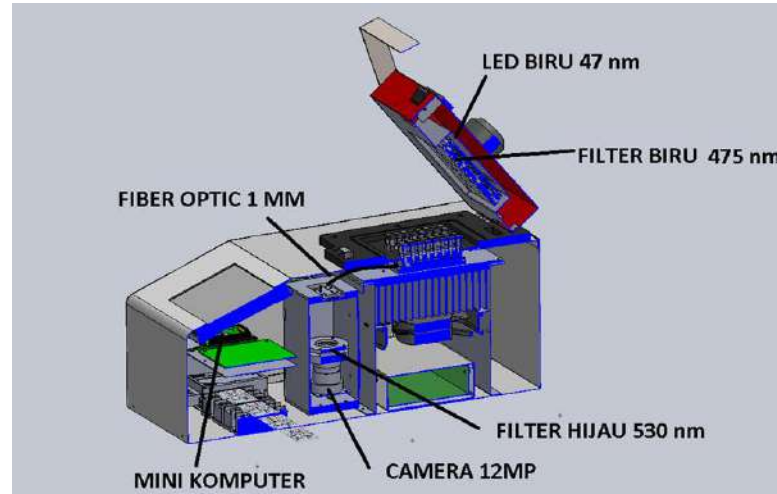
## **Prototipe IV**

Prototipe 32 well ini Subsistem Thermal Cycler, DNA Detector, dan GUI sudah proven

# PELAKSANAAN RISET: Sistem rRT-PCR → Proven



**Subsistem Thermal Cycler**



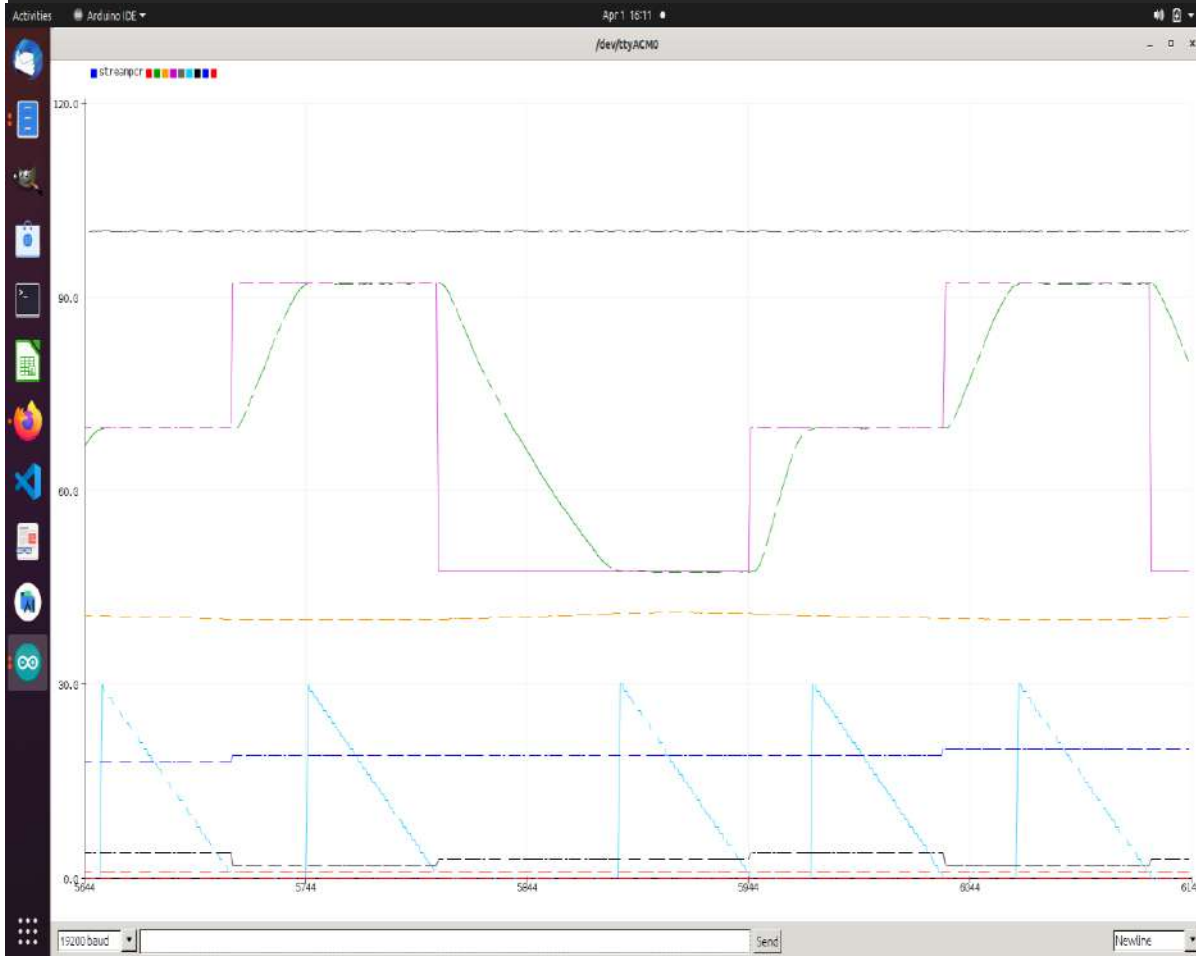
**Subsistem DNA Detector (Optic)**



**Subsistem Graphical User Interface**

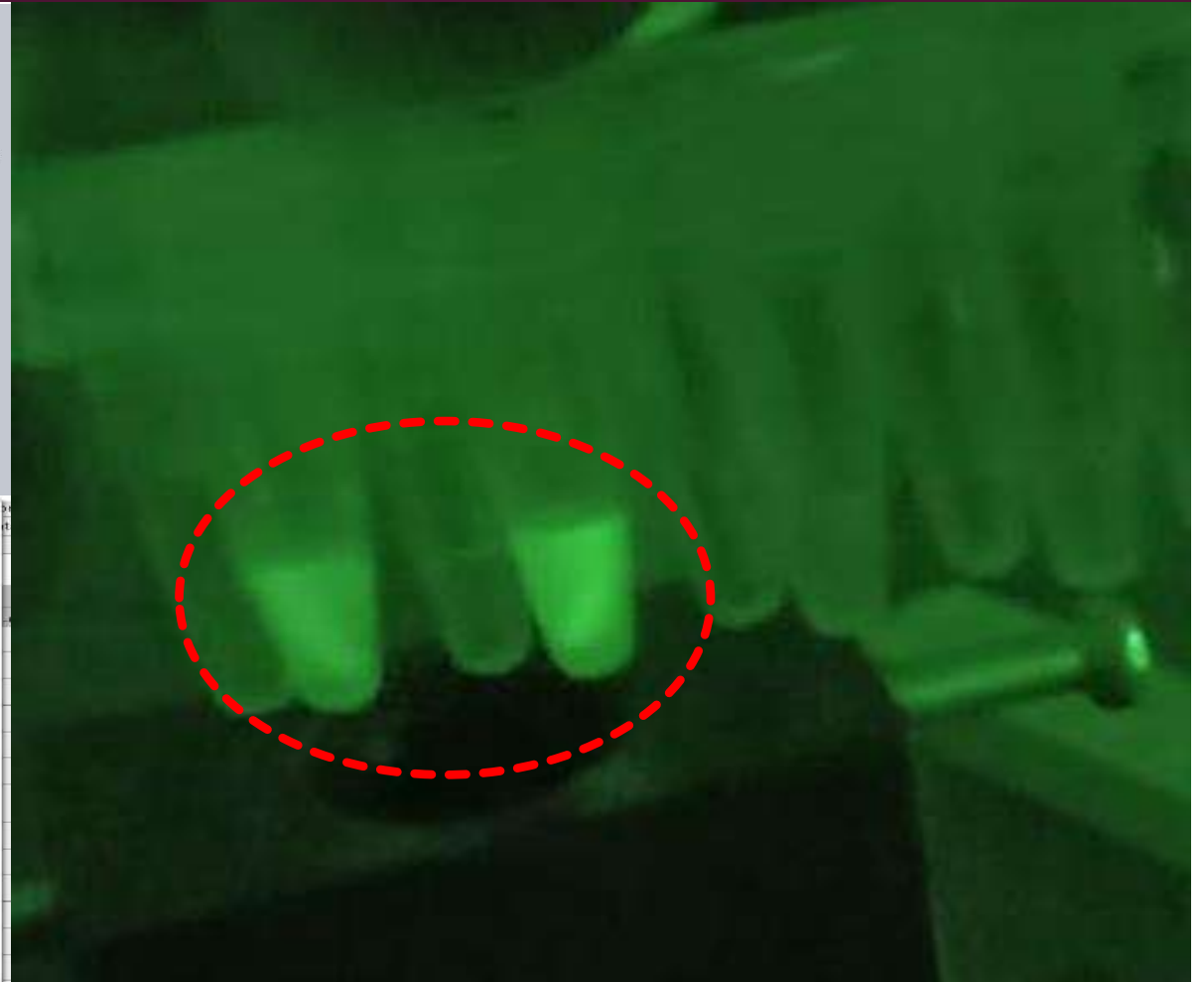
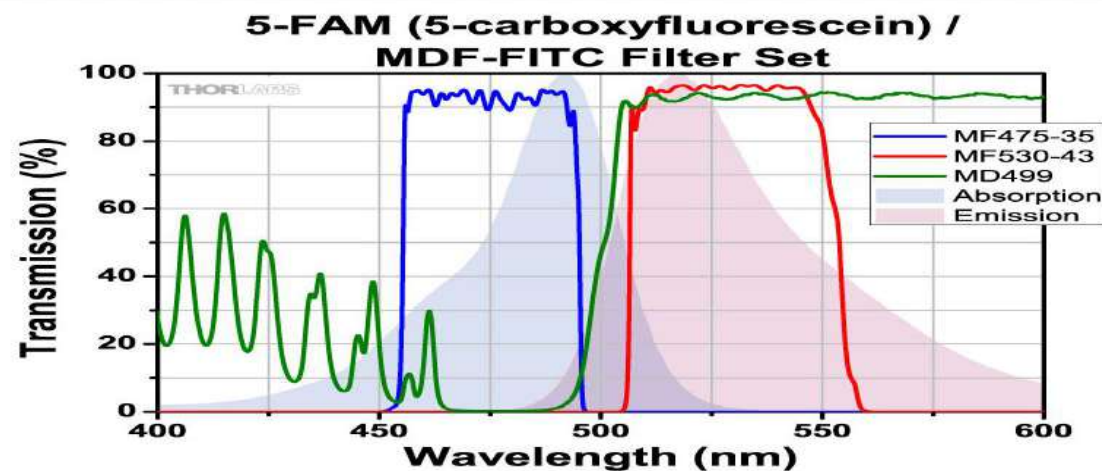
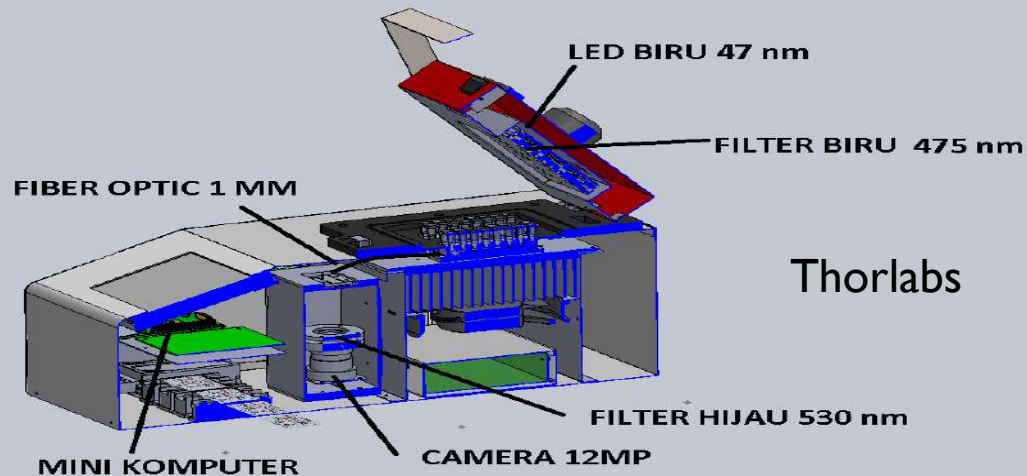
# PELAKSANAAN RISET: **Subsistem Thermal Cycller**

Hasil uji fungsi dengan metode PCR Konvensional menggunakan spesimen virus dengue pada mei 2021, dan virus kusta, pada juni 2021 membuktikan *Thermal Cycller* sudah berfungsi dengan BAIK



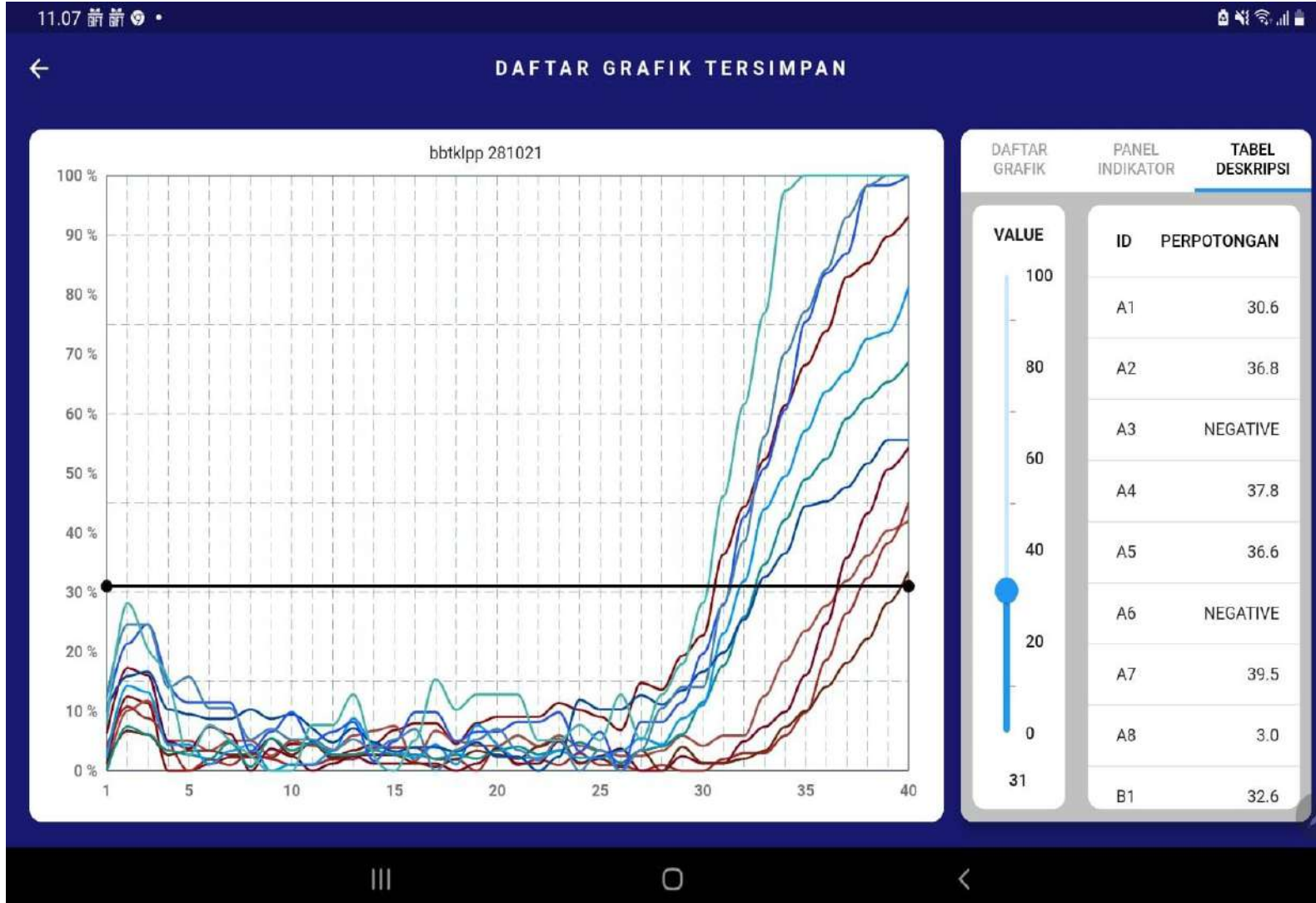
# PELAKSANAAN RISET: **Subsistem DNA Detector (Optic)**

Mesin menggunakan sistem fiber optic. Hasil penangkapan gambar dengan sinar eksitasi LED: 475nm (biru), dan emisi: 530nm (hijau) pada spesimen DNA Glow Lab dengan fluorophore FAM menunjukkan spesifikasi filter optic sudah benar.





# PELAKSANAAN RISET: **Subsistem GUI** (*Graphical User Interface*)



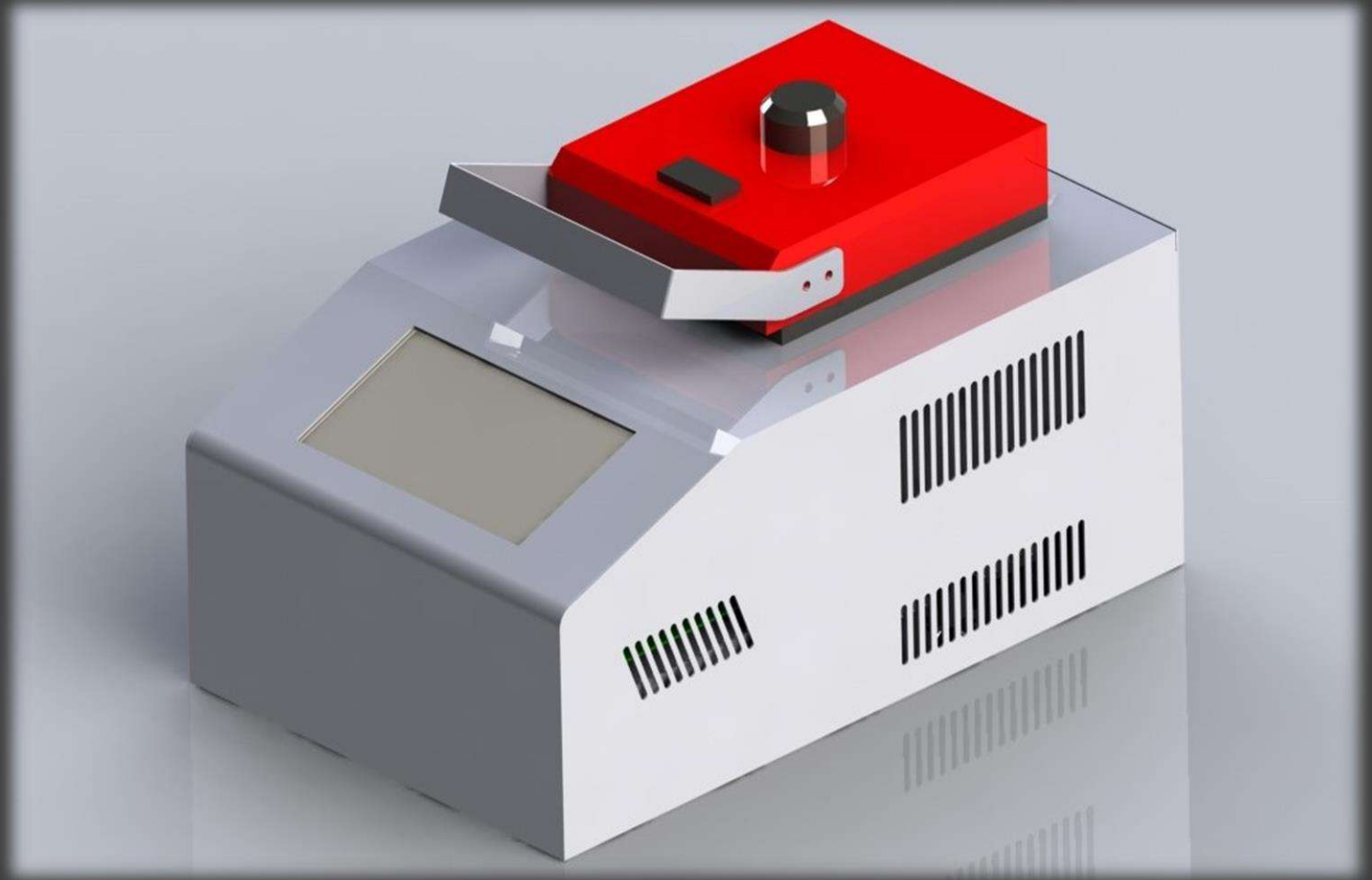
GUI mesin rRT-PCR menggunakan aplikasi android yang dapat menampilkan grafik untuk menentukan POSITIF atau NEGATIF sample.

Grafik yang naik pada jumlah siklus tertentu (CT) menunjukkan terjadi **amplifikasi DNA** sehingga spesimen dinyatakan POSITIF., sedangkan grafik spesimen yang tetap datar pada sampai pada CT ke-40 dinyatakan NEGATIF.

---

## DESKRIPSI TARGET PROTOTYPE

- Mesin rRTPCR harus memiliki standard biosafety level 2
- Mesin rRTPCR harus bisa menguji, mengetest virus Covid19 dengan cepat
- Mesin rRTPCR harus dilengkapi dengan kamera dan software khusus untuk mendeteksi virus Covid19 dengan cepat dan real-time
- Mesin rRTPCR yang akan dikembangkan harganya harus terjangkau
- Perlunya sertifikasi mesin rRTPCR ini nantinya melalui BPKF



# LUARAN PENELITIAN

No	Luaran	Judul / Deskripsi	Target	Realisasi
1	Prototipe Riset	Prototipe Mesin rRTPCR	1 unit	1 unit
2	Dokumen Desain Engineering	Desain Engineering (Gambar Teknik, Bill of Quantity dan Bill of Material) Mesin rRTPCR	1 set	1 set
3	Dokumen HPP	Harga Pokok Produksi (HPP) Mesin rRTPCR	1 set	1 set
4	Draft HAKI	Desain Industri Mesin rRTPCR	1 set	1 set

# DATA DUKUNG CAPAIAN

## Luaran 1: Prototipe Mesin rRTPCR



Rangkaian Komponen Mesin rRTPCR



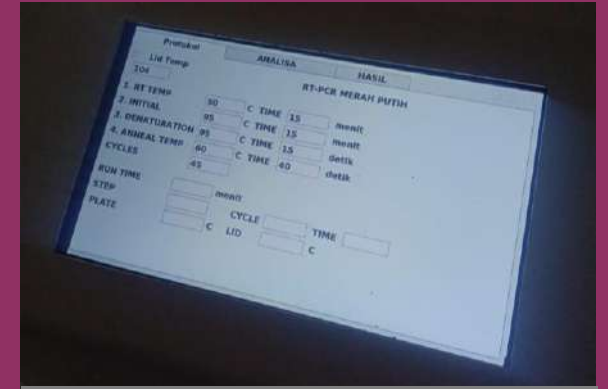
### Spesifikasi:

Sample: 32 x 200 uL  
Fluorophore: FAM  
Power: 220 VAC 50 Hz  
Temp range: 10 - 100 °C  
Heating rate: 1.5 °C/s  
Cooling rate: 1.0 °C/s  
Lama Proses: ± 2 jam  
Dimension: 439x263x245 mm

Thermal Block Bagian Atas Sampel (Lid)



Thermal Block Bagian Bawah Sampel



Tampilan Setting Protokol rRTPCR



Prototipe Mesin rRTPCR (Kondisi Terbuka)



Prototipe Mesin rRTPCR (Kondisi Terutup)



# DATA DUKUNG CAPAIAN

## Luaran 3: HPP Mesin rRTPCR



Nilai HPP Rp. 83,136,00

No	Item	Vol	Unit	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah (Rp.)
1	Sistem Optik				
1	Camera CMOS 12 MP	Unit	1	3,000,000	3,000,000
2	Lensa 6 mm	Unit	1	700,000	700,000
3	Mini PC	Unit	1	750,000	750,000
4	Filter 520 nm	Unit	1	5,000,000	5,000,000
5	Casing	Unit	1	500,000	500,000
6	Fiber Optik OD 1 mm ID 0.5 mm	Unit	1	5,000,000	5,000,000
7	LED	Unit	1	500,000	500,000
8	Filter 475 nm	Unit	1	5,000,000	5,000,000
9	Heatsink	Unit	1	100,000	100,000
10	Fan 40x40 mm 12vdc	Unit	1	20,000	20,000
11	Bodi LED	Unit	1	500,000	500,000
2	Controller				
1	PCB	Unit	1	300,000	300,000
2	Komponen Pasif	Unit	1	1,000,000	1,000,000
3	Kabel	Meter	20	5,000	100,000
4	Arduino SAMD21	Unit	1	200,000	200,000
5	SSR 25 DA	Unit	4	100,000	400,000
6	Power Supply 12V 450W	Unit	1	3,000,000	3,000,000
7	Power Supply 5V 3W	Unit	1	250,000	250,000
8	LCD 7 inch	Unit	1	1,200,000	1,200,000
9	Switch	Unit	1	30,000	30,000
10	Fuse	Unit	2	30,000	60,000
11	Soket Power	Unit	1	20,000	20,000
3	Thermalcycler				
1	Peltier 12VDC	Unit	2	1,000,000	2,000,000
2	Modul Half Bridge	Unit	2	200,000	400,000
3	Heasink	Unit	1	5,000,000	5,000,000
4	Heat Block 16 sample 0.2 mL	Unit	2	200,000	400,000
5	Fan 12x12 cm 12vdc	Unit	1	300,000	300,000
4	Lid Heater				
1	Heater 12 VDC	Unit	1	500,000	500,000
2	Thermistor 100 kOhm	Unit	1	30,000	30,000
3	Lid Block	Unit	1	300,000	300,000
4	Casing	Unit	1	400,000	400,000
5	Enclosure				
1	Laser, bending, welding 1.2 mm Mild Steel	Unit	1	10,000,000	10,000,000
2	Spare Parts	Unit	1	2,000,000	2,000,000
3	Assembly	Unit	1	3,000,000	3,000,000
6	Ongkos Produksi	Lumpsum	1	31,176,000	31,176,000
<b>Jumlah</b>					<b>83,136,000</b>

# DATA DUKUNG CAPAIAN

## Luaran 4: Desain Industri Mesin rRTPCR

### URAIAN DESAIN INDUSTRI

#### Judul

MESIN TRANSKRIPSI BALIK REAKSI BERANTAI POLIMERASE WAKTU NYATA

#### Keterangan Gambar

- Gambar 1 : Tampak Depan
- Gambar 2 : Tampak Belakang
- Gambar 3 : Tampak Samping Kanan
- Gambar 4 : Tampak Samping Kiri
- Gambar 5 : Tampak Atas
- Gambar 6 : Tampak Bawah
- Gambar 7 : Gambar Publikasi

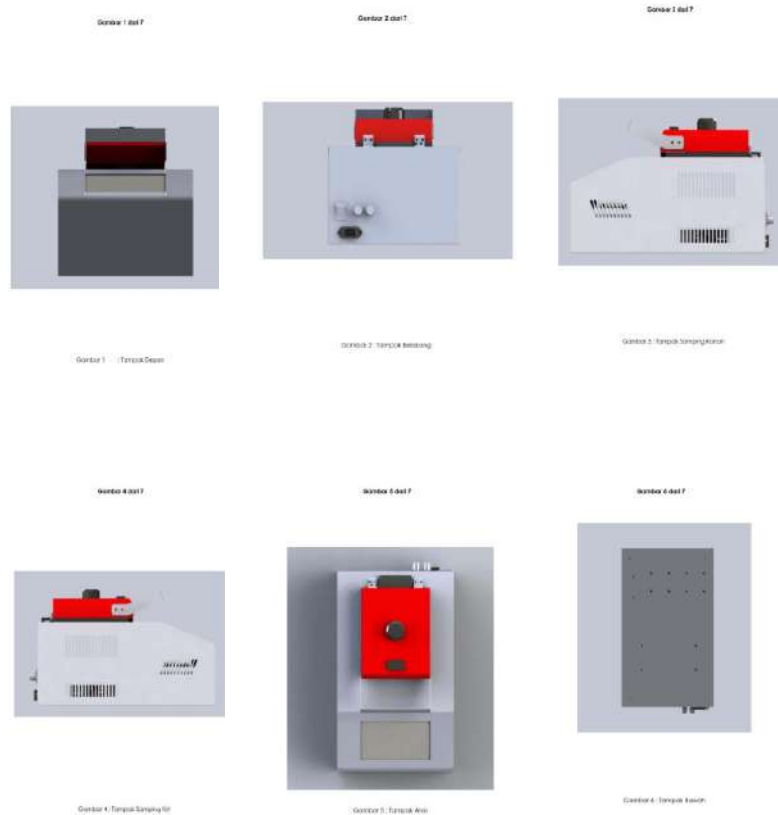
#### Kegunaan

Sebagai peralatan untuk mengukur kuantitas DNA (*Deoxyribo Nucleic Acid*) dengan pengujian *Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction (RT-PCR)* secara waktu nyata (*real time*), berkapasitas 32 sampel.

#### Klaim

1. Bentuk
2. Konfigurasi

Catatan: Huruf, kata, angka, gambar, maupun kombinasinya yang merupakan unsur merek tidak termasuk dalam perlindungan desain industri.



Gambar 7 dari 7



Gambar 7 : Gambar Publikasi

# REALISASI PENGGUNAAN ANGGARAN: < 100%

## REALISASI PENGGUNAAN DANA 100%

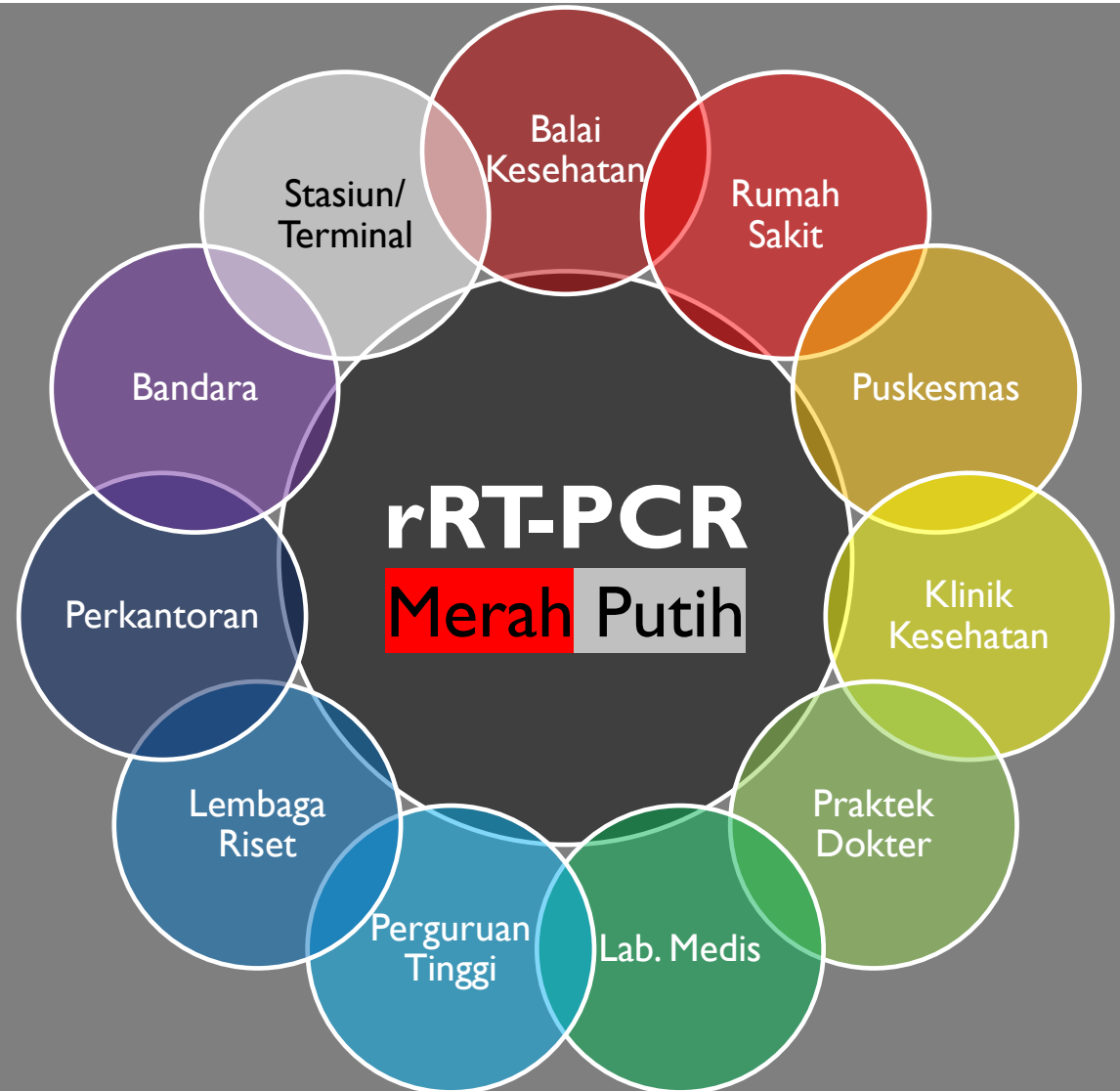
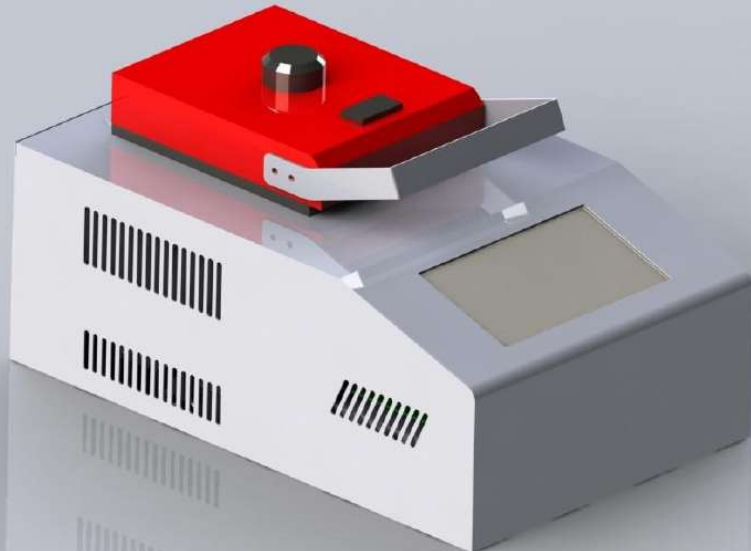
Program : Pendanaan Konsorsium Riset Dan Inovasi Untuk Percepatan Penanganan Corona Virus Disease 2019 (COVID-19)  
 Kegiatan : Rancang Bangun Prototipe Alat Pengetesan Real Time Reverse Transcriptions Polymerase Chain Reaction (RTPCR)  
 Nomor Kontrak : No. 5/F1/PKS-KCOVID-19.B/VII/2020 dan No. 1508/PKS/ITS/2020 Tanggal 15 Juni 2020  
 Adendum Kontrak : No. 5/F1/PKS-KCOVID-19.B/VII/2021 Tanggal 2 Juli 2021

No	Komponen	Anggaran	%	Pencairan Dana Tahap I		Realisasi Penggunaan Dana Tahap I		Pencairan Dana Tahap II		Realisasi Penggunaan Dana Tahap II		Total Pencairan Dana	Total Realisasi Penggunaan Dana	Sisa Penggunaan Dana	%
				Rp	%	Rp	%	Rp	%	Rp	%				
<b>I</b>	<b>BIAYA LANGSUNG</b>														
	<b>A. BIAYA LANGSUNG PERSONIL</b>														
1	Gaji/ Upah/ Honorarium	Rp 232,800,000	23.28%	Rp 135,800,000	13.58%	Rp 135,800,000	19.40%	Rp 97,000,000	9.70%	Rp 97,000,000	32.33%	Rp 232,800,000	Rp 232,800,000	Rp -	23.28%
	<b>JUMLAH BIAYA LANGSUNG-PERSONIL</b>	<b>Rp 232,800,000</b>	<b>23.28%</b>	<b>Rp 135,800,000</b>	<b>13.58%</b>	<b>Rp 135,800,000</b>	<b>19.40%</b>	<b>Rp 97,000,000</b>	<b>9.70%</b>	<b>Rp 97,000,000</b>	<b>32.33%</b>	<b>Rp 232,800,000</b>	<b>Rp 232,800,000</b>	<b>Rp -</b>	<b>23.28%</b>
	<b>B. BIAYA LANGSUNG NON PERSONIL</b>		<b>0.00%</b>		<b>0.00%</b>		<b>0.00%</b>		<b>0.00%</b>		<b>0.00%</b>				
1	Pengadaan Bahan/Peralatan Produksi/Sewa Alat	Rp 594,484,746	59.45%	Rp 454,499,322	45.45%	Rp 415,210,842	59.32%	Rp 139,985,424	14.00%	Rp 98,983,811	32.99%	Rp 594,484,746	Rp 514,194,653	Rp 80,290,093	51.42%
2	Perjalanan, Transportasi, Seminar, dan Publikasi	Rp 16,000,000	1.60%	Rp -	0.00%	Rp -	0.00%	Rp 16,000,000	1.60%	Rp 4,350,000	1.45%	Rp 16,000,000	Rp 4,350,000	Rp 11,650,000	0.44%
3	Perpajakan	Rp 109,090,254	10.91%	Rp 76,363,178	7.64%	Rp 76,363,178	10.91%	Rp 32,727,076	3.27%	Rp 32,727,076	10.91%	Rp 109,090,254	Rp 109,090,254	Rp -	10.91%
	<b>JUMLAH BIAYA LANGSUNG-NON</b>	<b>Rp 719,575,000</b>	<b>71.96%</b>	<b>Rp 530,862,500</b>	<b>53.09%</b>	<b>Rp 491,574,020</b>	<b>70.23%</b>	<b>Rp 188,712,500</b>	<b>18.87%</b>	<b>Rp 136,060,887</b>	<b>45.35%</b>	<b>Rp 719,575,000</b>	<b>Rp 627,634,907</b>	<b>Rp 91,940,093</b>	<b>62.76%</b>
	<b>JUMLAH BIAYA LANGSUNG</b>	<b>Rp 952,375,000</b>	<b>95.24%</b>	<b>Rp 666,662,500</b>	<b>66.67%</b>	<b>Rp 627,374,020</b>	<b>89.63%</b>	<b>Rp 285,712,500</b>	<b>28.57%</b>	<b>Rp 233,060,887</b>	<b>77.69%</b>	<b>Rp 952,375,000</b>	<b>Rp 860,434,907</b>	<b>Rp 91,940,093</b>	<b>86.04%</b>
<b>II</b>	<b>BIAYA TIDAK LANGSUNG</b>				<b>0.00%</b>		<b>0.00%</b>		<b>0.00%</b>		<b>0.00%</b>				
1	Monitoring Internal dari Institusi dan Eksternal, Administrasi Internal Institusi, Evaluasi Mandiri oleh Internal Institusi dan Dana Pengembangan	Rp 47,619,000	4.76%	Rp 33,333,300	3.33%	Rp 17,157,170	2.45%	Rp 14,285,700	1.43%	Rp 30,461,830	10.15%	Rp 47,619,000	Rp 47,619,000	Rp -	4.76%
	<b>JUMLAH BIAYA TIDAK LANGSUNG</b>	<b>Rp 47,619,000</b>	<b>4.76%</b>	<b>Rp 33,333,300</b>	<b>3.33%</b>	<b>Rp 17,157,170</b>	<b>2.45%</b>	<b>Rp 14,285,700</b>	<b>1.43%</b>	<b>Rp 30,461,830</b>	<b>10.15%</b>	<b>Rp 47,619,000</b>	<b>Rp 47,619,000</b>	<b>Rp -</b>	<b>4.76%</b>
	<b>JUMLAH BIAYA</b>	<b>Rp 999,994,000</b>	<b>100.00%</b>	<b>Rp 699,995,800</b>	<b>70.00%</b>	<b>Rp 644,531,190</b>	<b>92.08%</b>	<b>Rp 299,998,200</b>	<b>30.00%</b>	<b>Rp 263,522,717</b>	<b>87.84%</b>	<b>Rp 999,994,000</b>	<b>Rp 908,053,907</b>	<b>Rp 91,940,093</b>	<b>90.81%</b>



# PROSES PRODUKSI & KOMERSIALISASI TEKNOLOGI

1. Untuk sementara waktu **belum ada** rencana proses produksi dan komersialisasi;
2. Prototipe masih perlu dilakukan penyempurnaan untuk sertifikasi mesin rRT-PCR melalui BPKF;
3. Potensi pasar atau pelanggan produk mesin rRT-PCR cukup luas.



---

**TERIMA**

**KASIH**