

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	ii
Bab I. Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Luaran yang Diharapkan	2
1.5 Kegunaan/manfaat.....	2
Bab 2. Tinjauan Pustaka	2
2.1 Polutan di Udara.....	2
2.2 Produk Purifikasi Udara Pasaran.....	3
2.3 Mekanisme Anti Polutan Udara Menggunakan Fotokatalisis	4
2.4 Potensi kombinasi Fotokatalisis, UVC <i>germicidal</i> , dan Air Ionizer	4
2.5 Posisi Usulan (<i>State of The Art</i>)	4
Bab 3. Tahap Pelaksanaan	5
3.1 Metode dan Model Pelaksanaan.....	5
3.2 Rancangan Alat	7
3.3 Cara Kerja Alat.....	8
3.4 Keunggulan Inovasi.....	8
Bab 4. Biaya dan Jadwal Kegiatan.....	9
4.1 Anggaran Biaya.....	9
4.2 Jadwal Kegiatan.....	9
LAMPIRAN	11
Lampiran 1. Biodata Ketua, Anggota dan Dosen Pendamping.....	11
Lampiran 2. Justifikasi Anggaran Kegiatan	22
Lampiran 3. Susunan Organisasi Tim Kegiatan dan Pembagian Tugas	24
Lampiran 4. Surat Pernyataan Ketua Pelaksana.....	25
Lampiran 5. Gambaran Teknologi yang Akan Diterapkembangkan.....	26

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Anggaran Biaya.....	9
Tabel 4. 2 Jadwal Kegiatan	9

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Kegiatan.....	6
Gambar 3.2 Rancang prototipe Alat Purifikasi Udara Ruang	8
Gambar 5.1 Rancang prototipe Alat Purifikasi Udara Ruang	26

Bab I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Berbagai masalah lingkungan seperti pencemaran udara dan maraknya berbagai bakteri serta virus memerlukan perhatian yang serius dan mendesak. Berdasarkan World Health Organization (WHO), 7 juta orang meninggal setiap tahunnya dikarenakan polusi udara dan bahkan lebih dari 90% orang di bumi menghirup udara dengan kadar polutan yang tinggi. Polutan di udara terdiri dari polutan kimia dan biologi, dimana polutan kimia udara yaitu gas Sulfur dioksida (SO_2), Nitrogen dioksida (NO_2), Ozon, Karbon dioksida (CO_2), dan Karbon monoksida (CO), yang melebihi parameter yang ditetapkan oleh peraturan kementerian Kesehatan. Pada polutan biologi, yaitu berupa bakteri dan virus yang terdapat di udara. Kondisi udara yang tidak baik yang disebabkan oleh asap rokok, asap kendaraan bermotor, dan kebakaran hutan dan juga bakteri dan virus di udara yang menjadi kondisi terkini menyebabkan kebutuhan penggunaan masker dalam menghirup udara termasuk udara ruang, sehingga kebutuhan akan udara yang bersih menjadi suatu kebutuhan yang mendesak.

Seiring perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan, maka berbagai penelitian terkait upaya meminimalisir masalah lingkungan secara intensif dilakukan. Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas udara adalah dengan menggunakan alat purifikasi udara. Terdapat berbagai macam teknologi yang digunakan dalam alat purifikasi udara, seperti pemanfaatan teknologi fotokatalisis yang menggunakan TiO_2 , HEPA filter, karbon aktif, *ionizer*, lampu UV *germicidal*, dan ozon generator. Teknologi fotokatalisis mampu mendegradasi polutan toksik, bakteri, dan virus. Spesies radikal reaktif (ROS) yang terdiri dari (OH^\bullet dan O_2^\bullet) dihasilkan dari proses fotogenerasi pada permukaan titania merupakan zat oksidatif yang kuat untuk mendegradasi senyawa organik dari dinding dan membran sel bakteri (Rilda, 2014). Virus juga menjadi polutan yang dilakukan uji degradasi oleh TiO_2 , yang mampu men-inaktivasi virus influenza dan juga H1N1 dimana TiO_2 berhasil mengurangi virus persatuan waktu iridasi (Shirataki, 2017).

Berbagai jenis unit purifikasi udara ruang telah banyak beredar di pasaran, namun kebanyakan hanya berbasis pada satu teknologi tertentu yang kurang efektif untuk purifikasi udara ruang yang terkontaminasi berbagai jenis pengotor (polutan gas toksik dan jasad renik). Selain itu pemanfaatan teknologi fotokatalisis telah di uji coba untuk degradasi polutan, bakteri dan virus, serta kombinasinya dengan UVC menunjukkan kemampuan degradasi bakteri yang lebih baik. Oleh karena itu, rekayasa unit purifikasi udara ruang berbasis teknologi fotokatalisis, UVC *germisidal*, dan plasma ion untuk polutan toksik dan jasad renik diperlukan untuk menjawab permasalahan yang telah dipaparkan diatas, yaitu unit purifikasi udara yang memiliki kemampuan anti polutan toksik dan jasad renik yang umumnya tersebar melalui media udara. Produk ini diharapkan menjadi solusi dari permasalahan pencemaran udara serta dapat mengurangi berbagai virus dan bakteri di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana mendapatkan prototipe alat purifikasi udara dengan kombinasi teknologi fotokatalisis, UVC *germicidal*, dan ion plasma yang memiliki kemampuan yang efektif sebagai anti polutan toksik dan jasad renik?

1.3 Tujuan

Tujuan dari usulan ini adalah mendapatkan prototipe alat purifikasi udara dengan kombinasi teknologi fotokatalisis, UVC *germicidal*, dan ion plasma yang memiliki kemampuan yang efektif sebagai anti polutan toksik dan jasad renik.

1.4 Luaran yang Diharapkan

1. Laporan Kemajuan
2. Laporan Akhir
3. Prototipe alat purifikasi udara dengan kombinasi teknologi fotokatalisis, UVC *germicidal*, dan ion plasma.
4. Publikasi dalam bentuk draft paten dan/atau artikel ilmiah dari alat purifikasi udara dengan kombinasi teknologi fotokatalisis, UVC *germicidal*, dan ion plasma.

1.5 Kegunaan/manfaat

Manfaat dari kegiatan ini adalah untuk menghasilkan prototipe alat purifikasi udara ruang dengan kombinasi teknologi fotokatalisis, UVC *germicidal*, dan ion plasma sebagai upaya purifikasi udara ruang dari polutan gas toksik dan jasad renik. Prototipe ini diharapkan dapat berkontribusi dalam mengatasi permasalahan keseharian bagi masyarakat, terutama yang terkait dengan tercemarnya udara baik dari polutan kimia dan biologi yang telah menjadi perhatian di masa ini. Kegiatan ini juga diharapkan dapat menjadi refrensi untuk perkembangan ilmu pengetahuan serta pengembangan atau penyempurnaan produk serupa untuk penelitian selanjutnya.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1 Polutan di Udara

Polutan merupakan salah satu penyebab buruknya kualitas udara dalam ruang. Salah satunya adalah polutan kimia yang berupa gas toksik. Persyaratan kualitas udara dalam rumah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tahun 2011, yaitu kadar maksimal gas-gas kimia seperti SO₂, NO₂, CO, CO₂, dan formaldehida. Selain polutan gas kimia pada udara, udara juga merupakan salah satu media yang menyebarkan bakteri dan virus. Bakteri yang umum ditemukan di udara ruang adalah *Staphylococci*, *Bacilli*, dan *Clostridium* yang dapat menyebabkan gangguan pernafasan (Hayleeyesus, S. 2014). Selain itu juga ditemukan bakteri *Escherichia coli* dan *salmonella typhii* yang dapat

menyebabkan gangguan pencernaan pada udara ruang (Yunizar, 2018). Virus yang umum ditemukan di udara adalah influenza, rhinovirus, dan menjadi perhatian saat ini yaitu coronavirus (SARS-CoV), telah menarik perhatian dunia untuk melakukan purifikasi udara dan mendorong pengembangan teknik pemurnian udara untuk mendisinfeksi virus dan bakteri di udara. Salah satu teknologi yang pemanfaatannya dapat mengurangi polutan, bakteri, dan virus di udara adalah teknologi fotokatalis.

2.2 Produk Purifikasi Udara Pasaran

Kebutuhan akan udara yang bersih mendorong terciptanya berbagai teknologi purifikasi udara. Berikut adalah berbagai teknologi purifikasi udara yang tersedia di pasaran.

1. High Efficiency particulate Air (HEPA)

HEPA adalah jenis filter udara paling efisien yang tersedia. Biasanya terbuat dari fiberglass, 99,97% efektif menghilangkan partikel sekecil 0,3 mikron. Selain itu teknologi HEPA tidak menghasilkan *ozone* atau produk samping lainnya. Namun, teknologi HEPA merupakan teknologi yang pasif, sehingga membutuhkan kipas untuk menggunakannya. Selain itu, teknologi HEPA juga membutuhkan penggantian *filter* secara berkala.

2. Filter Karbon Aktif

Filter karbon aktif mengandung jutaan pori-pori kecil di antara atom karbon yang dapat menjebak atau berinteraksi dengan asap, gas, dan bau kimiawi, menjadikannya tidak berbahaya. Karena luas permukaan butiran karbon yang tinggi, filter karbon sangat baik dalam menjebak gas yang jika tidak masuk ke media filter lain. Namun, filter karbon aktif tidak efektif untuk digunakan menghilangkan bakteri dan virus. (Bliss Air, 2018)

3. UVC *germicidal*

Lampu ultraviolet (UV) secara efektif dapat menghancurkan kuman, virus, jamur, dan bakteri yang melewati lampu. Iradiasi sinar UV direkomendasikan oleh Pusat Pengendalian Penyakit untuk mencegah penyebaran penyakit. Kekurangannya, teknologi ini tidak efektif untuk menangkap berbagai gas, uap, dan asap rokok.

4. *Air Ionizer*

Air Ionizer menciptakan ion negatif yang mengubah polaritas partikel di udara, menyebabkan mereka menarik bersama secara magnetis. Saat partikel-partikel ini menjadi lebih berat, mereka mengendap di tanah atau di dinding dan menghilangkan polutan dari udara yang dihirup. Kontaminan udara bermuatan kemudian dikumpulkan oleh ionizer dengan pelat kolektor bermuatan. Namun, teknologi ini tidak efektif untuk membunuh virus.

Teknologi-teknologi di atas tentu memiliki kelebihan dan kekurangan yang telah disebutkan diatas, namun kombinasi teknologi fotokatalisis yang dapat mendegradasi polutan dan jasad renik, serta UVC *germicidal*, dan plasma ion yang

dapat meningkatkan kemampuan anti bakterial belum ada, terutama yang dibuat dalam bentuk prototipe/produk praktis untuk alat purifikasi udara.

2.3 Mekanisme Anti Polutan Udara Menggunakan Fotokatalisis

Pada teknologi fotokatalisis, katalis yang umum digunakan adalah TiO_2 , berperilaku sebagai donor electron atau akseptor, dimana lubang positif dan elektron sebagai spesies yang sangat aktif berpartisipasi dalam reaksi redoks di permukaan semikonduktor dengan air, oksigen, senyawa organik atau anorganik yang teradsorpsi yang mengarah ke mineralisasi polutan. (Binas, 2017).

Selain anti polutan gas toksik, fotokatalisis juga digunakan sebagai anti polutan biologi pada udara seperti bakteri dan virus. Fotokatalisis TiO_2 mendesinfeksi mikroba dengan mendegradasi dinding sel dari mikroba tersebut hingga ke membran sitoplasma. Hal ini dapat terjadi karena kehadiran dari *reactive oxygen species (ROS)* sebagai hasil dari fotokatalisis. Ketika mikroba melakukan kontak dengan TiO_2 , maka ROS akan merusak genom dan molekul intraseluler lainnya yang menyebabkan mutasi sel dan penundaan pertumbuhan, terlebih lagi mikroba dapat mengalami kematian (Yadav, 2016). Pada mekanisme antivirus Fotokatalisis oleh TiO_2 melalui tahapan yang sama dengan anti bakteri, dimana Fotokatalisis oleh TiO_2 menghasilkan elektron negatif (e^-) dan lubang positif (h^+). Mekanisme desinfeksi meliputi dekomposisi dinding sel dan membran sitoplasma (Habibi, 2020):

2.4 Potensi kombinasi Fotokatalisis, UVC *germicial*, dan Air Ionizer

Berbagai teknologi purifikasi udara yang sudah ada memiliki berbagai keterbatasan terutama fungsinya yang spesifik untuk satu objek saja. Keterbatasan ini berpotensi untuk menciptakan sebuah produk yang secara efektif dapat menghilangkan gas, bakteri, dan virus sekaligus. Kemampuan penghilangan gas dari fotokatalisis apabila dipadukan dengan kemampuan penghilangan virus dan bakteri dari UVC *germicial* serta Air Ionizer dapat menciptakan sebuah solusi yang dapat mengatasi berbagai masalah di udara. Selain itu, kombinasi dari berbagai teknologi ini dapat membuat rentang aplikasi dan penempatan dari teknologi purifikasi semakin luas seiring kebutuhan akan udara yang bersih dan sehat.

2.5 Posisi Usulan (*State of The Art*)

- a. Alat purifikasi udara telah beredar dengan berbagai macam teknologi seperti HEPA filter, UVC *germicial*, *Ionizer*, dan karbon aktif, namun cenderung menargetkan satu jenis polutan udara saja
- b. Pemanfaatan fotokatalisis TiO_2 dengan kombinasi karbon aktif untuk polutan gas asap rokok telah diuji dimana fotokatalisis dapat dengan efektif mendegradasi asap rokok (Slamet & Ibadurrohman, 2009).

- c. Kemampuan degradasi bakteri oleh fotokatalisis telah dilakukan pada bakteri *staphylococcus aerus* dimana TiO_2 dapat mendisinfeksi bakteri hingga 67%. (Pham & Lee, 2015)
- d. Fotokatalisis untuk dekomposisi virus influenza telah diuji, dimana pembersih udara dapat menguraikan virus setelah 7 menit dinyalakan didalam chamber. (Shiraki, dkk. 2017)
- e. Pengaruh ion negative pada kualitas udara menunjukkan hasil peningkatan kualitas udara dengan mengurangi partikulat pada udara (Jiang, dkk. 2018)
- f. Kombinasi UVC/ TiO_2 menunjukkan hasil yang lebih baik dalam mendegradasi bakteri *e-coli* dibandingkan hanya dengan penggunaan UVC. (Choi, dkk. 2020)

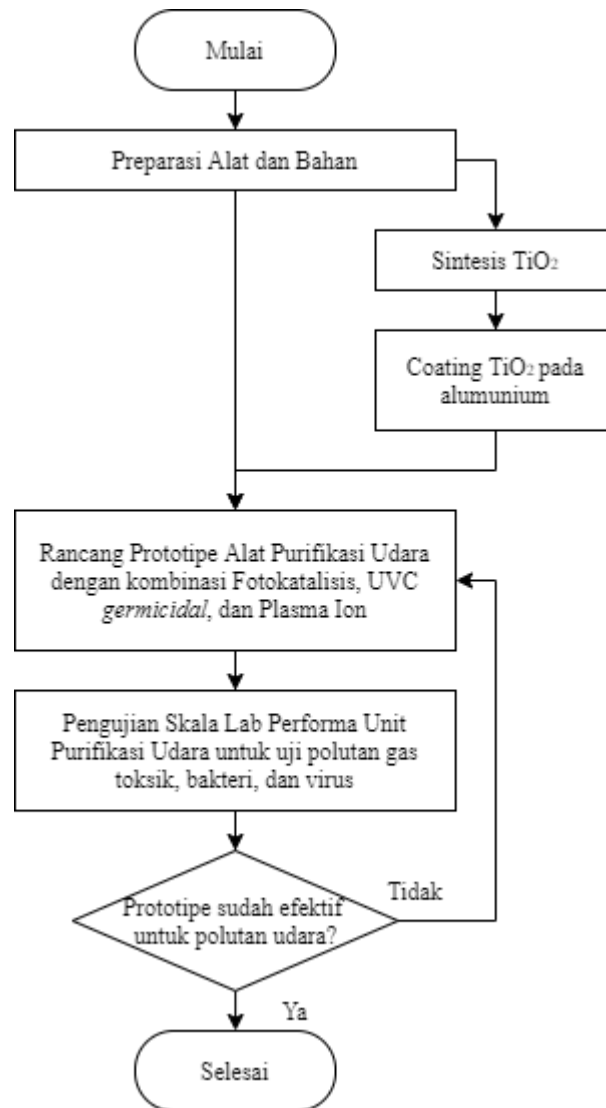
Usulan alat purifikasi udara ruang dengan kombinasi teknologi fotokatalisis, UVC *germicidal*, dan ion plasma untuk polutan udara dapat menjawab kekurangan-kekurangan dari alat purifikasi udara yang telah ada sebelumnya. Usulan ini menggabungkan teknologi fotokatalisis yang dapat mendegradasi polutan gas toksik, bakteri, dan virus, juga teknologi UVC *germicidal* yang dapat mendisinfeksi bakteri yang tersisa dan plasma ion generator yang dapat menarik partikulat di udara, sebagai upaya purifikasi udara ruang dari polutan gas toksik, bakteri, dan virus sehingga meningkatkan kualitas udara dalam ruang.

Bab 3. Tahap Pelaksanaan

3.1 Metode dan Model Pelaksanaan

Mengingat kondisi pandemi maka terdapat kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan secara daring, dimana tahapan-tahapan yang akan dilakukan secara daring adalah studi literatur, tahap design awal prototipe, dan diskusi antara anggota dan dosen pendamping dilakukan secara daring. Namun pada kegiatan pembuatan prototipe tetap akan ada kegiatan yang dilakukan secara tatap muka dengan memperhatikan aturan-aturan PSBB yang berlaku.

Kegiatan-kegiatan yang dilakukan secara tatap muka dapat dilihat pada gambar 3.1 diagram alir pelaksanaan kegiatan yang merupakan metode pelaksanaan dari alat purifikasi udara dengan kombinasi teknologi fotokatalisis, UVC *germicidal*, dan ion plasma untuk polutan udara ruang. Pada tahap awal, dilakukan preparasi alat dan bahan yang dilanjutkan dengan sintesis TiO_2 dan perancangan alat purifikasi udara dengan kombinasi teknologi fotokatalisis, UVC *germicidal*, dan ion plasma. Alat purifikasi yang sudah dihasilkan akan diuji terhadap kemampuannya dalam mendegradasi polutan gas toksik, bakteri dan virus. Jika kain sudah menunjukkan performa yang efektif akan dilanjutkan pada pembuatan analisis, laporan akhir, dan artikel ilmiah.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Kegiatan

Berdasarkan diagram alir di atas, berikut rincian dari metode pelaksanaan pada usulan alat purifikasi udara dengan kombinasi teknologi fotokatalisis, UVC *germicial*, dan ion plasma untuk polutan udara ruang.

1. Preparasi Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan prototipe unit purifikasi udara diantara lain adalah aluminium dalam bentuk *honey comb*, lampu UVC *germicial*, blower, generator plasma ion, akrilik digunakan sebagai *casing* dari unit purifikasi udara, selain itu juga dibutuhkan, trafo, stater lampu, perekat, dan saklar untuk melengkapi unit purifikasi udara. Beberapa bahan yang dibutuhkan pada proses sintesis adalah TiO₂ P25, aquades, HNO₃, TEOS. Alat yang dibutuhkan adalah gelas beker, pipet tetes, magnetic stirrer, sonikator, dan furnace.

2. Sintesis TiO₂

Sintesis nanokomposit TiO_2 dengan menggunakan aquades sebagai solvent. Dengan penambahan HNO_3 agar mencapai pH asam 3-4. Dan penambahan TEOS sebagai sumber SiO_2 yang berfungsi sebagai perekat antara katalis dengan penyangga. Pengadukan dilakukan menggunakan magnetic stirrer dan sonikator.

3. Coating TiO_2 pada alumunium

Coating katalis dilakukan setelah treatment pembersihan alumunium *honeycomb* yang sudah dicuci dan dikeringkan dalam furnace untuk menghilangkan impuritas dan debu. Metode coating yaitu dengan cara mensionikasi alumunium di dalam larutan katalis TiO_2 dan kemudian dikeringkan dalam furnace

4. Rancang Prototipe Alat Purifikasi Udara dengan Kombinasi Fotokatalisis, UVC *germicial*, dan Plasma Ion

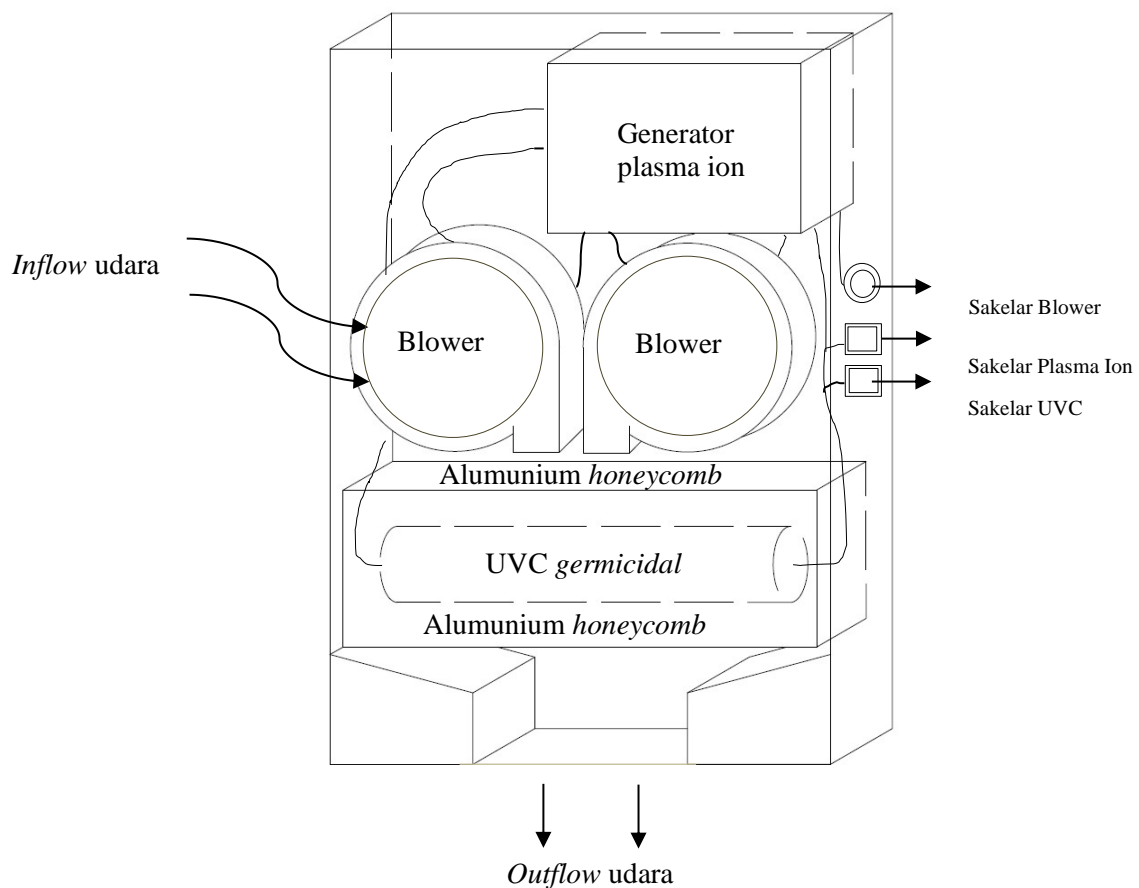
Rancang prototipe alat purifikasi udara ruang dengan kombinasi fotokatalisis, UVC *germicial*, dan plasma ion untuk polutan udara, terdiri dari sintesis TiO_2 dan pemasangan teknologi kepada alat. Dimana pertama-pertama pembuatan *casing* dari akrilik, kemudian dilakukan perakitan penambahan blower, UVC *germicial*, dan plasma ion generator sebagai komponen-komponen utama. Alumunium *honeycomb* yang sudah di coating dengan TiO_2 digunakan sebagai peran teknologi fotokatalisis.

5. Pengujian Skala Lab Performa Unit Purifikasi Udara untuk uji polutan gas toksik, bakteri, dan virus

Pengujian polutan gas dilakukan dengan menginjektikan udara berpolutan, dimana sampel akan diamati sebelum memasuki unit purifikasi udara dan sesudah. Pada pengujian bakteri dan virus sampel diambil dan diuji dengan *microbiology air sampler*.

3.2 Rancangan Alat

Gambar 3.2 merupakan ilustrasi dari prototipe alat purifikasi udara ruang dengan kombinasi teknologi fotokatalisis, UVC *germicial*, dan ion plasma. Produk ini dirancang dengan pondasi kotak dengan bahan dasar akrilik, dimana akrilik mudah ditemukan dan dibentuk. Kemudian komponen-komponen utama pada alat seperti blower, UVC *germicial*, ion plasma generator, alumunium *honeycomb* yang sudah dicoating dengan TiO_2 dipasang dan disambungkan pada kotak akrilik. Ketiga teknologi tersebut akan mendegradasi polutan pada udara.



Gambar 3.2 Rancang prototipe Alat Purifikasi Udara Ruang

3.3 Cara Kerja Alat

Alat Purifikasi udara dinyalakan di ruangan yang akan di purifikasi. Blower akan menghisap udara masuk ke alat, TiO_2 akan mendegradasi polutan, bakteri dan virus dengan menghasilkan elektron negatif (e^-) dan positif (h^+) yang akan bereaksi dengan oksigen dan air yang kemudian akan mereduksi polutan gas dan mendegradasi dinding sel mikroba bakteri dan virus. Pada Sinar UVC *germicidal* akan mematikan kuman yaitu, menonaktifkan DNA bakteri, virus dan patogen lain dan dengan demikian menghancurkan kemampuannya untuk berkembang biak dan menyebabkan penyakit. Generator ion menggunakan pelepasan plasma bergantian untuk memecah molekul O_2 menjadi negatif (O_2^-). Ketika ion-ion ini diemisikan ke udara, mereka dikelilingi oleh molekul air dan membentuk ion cluster yang tertarik ke partikel di udara.

3.4 Keunggulan Inovasi

Keunggulan inovasi alat purifikasi udara ruang dengan kombinasi teknologi fotokatalisis, UVC *germicidal*, dan ion plasma untuk polutan udara, yaitu:

1. Meningkatkan efisiensi dari alat purifikasi udara, dimana tidak hanya menggunakan teknologi fotokatalisis TiO_2 , tetapi juga menggunakan

teknologi UVC *germicidal*, dan plasma ion generator, sehingga kinerja alat purifikasi udara akan lebih maksimal.

2. Multifungsi dengan kemampuan purifikasi udara yang dapat menjadi anti polutan gas toksik, anti bakteri dan anti virus.
3. Alat purifikasi udara yang lebih tahan lama, dikarenakan tidak menggunakan filter sekali pakai.

3.5 Cara Uji Kinerja Alat

Pengujian kinerja kemampuan degradasi polutan toksik dan jasad renik dilakukan dengan beberapa jenis pengujian. Untuk polutan toksik digunakan *gas analyzer* dan *formaldehyde detector*, pengujian dilakukan didalam chamber yang akan diinput polutan. Dilakukan variasi terhadap besar blower, nyala UVC, dan nyala generator ion plasma. Pada uji kinerja degradasi jasad renik, pengujian dilakukan dengan metode *open plate*, yaitu membiarkan cawan petri secara terbuka dan dipaparkan terhadap udara ruang dan udara yang sudah terpurifikasi dalam jangka waktu tertentu dan kemudian di analisis dengan metode *plate count*.

Bab 4. Biaya dan Jadwal Kegiatan

4.1 Anggaran Biaya

Tabel 4. 1 Anggaran Biaya

No	Jenis Pengeluaran	Biaya (Rp)
1	Sewa dan jasa	1.850.000
2	Bahan Habis Pakai	5.285.000
3	Transportasi lokal	600.000
4	Lain-lain	1.525.000
	Jumlah	9.260.000

4.2 Jadwal Kegiatan

Tabel 4. 2 Jadwal Kegiatan

No	Jenis Kegiatan	Bulan				Penanggung Jawab
		1	2	3	4	
1	Studi Literatur					Rafifah Hasna
2	Persiapan Alat dan Bahan					Michella Anastacia Sinaga
3	Rancang prototipe alat					Farah Aliya Fadhila
4	Proses Pengujian					Farah Aliya Fadhila
5	Evaluasi					Rafifah Hasna
6	Pembuatan Laporan Akhir					Michella Anastacia Sinaga

Daftar Pustaka

- Binas, V, Venieri, D, Kotzias, D, & Kiriakidis, G 2017, 'Modified TiO₂ based photocatalysts for improved air and health quality', *Journal of Materiomics*, vol. 3, pp.3-16. DOI:10.1016/j.jmat.2016.11.002
- Choi, S, Shahbaz, H, Kim, J, Jeong, S, Park, J, & Lee, D 2020, 'Photolysis and TiO₂ Photocatalytic Treatment under UVC/VUV Irradiation for Simultaneous Degradation of Pesticides and Microorganisms', *Journal of Applied Science*, vol. 10, pp.1-16. DOI:10.3390/app10134493
- Habibi-Yangjeh, A, Khaneghah, S, Feizpoor, S, & Rouhi, A 2020, 'Review on heterogeneous photocatalytic disinfection of waterborne, airborne, and foodborne viruses: Can we win against pathogenic viruses?', *Journal of Colloid and Interface Science*, vol.580, pp.503–514. DOI:10.1016/j.jcis.2020.07.047
- Jiang, S, Ma, A, & Ramachandran, S 2018, 'Negative Air Ions and Their Effects on Human Health and Air Quality Improvement', *International Journal of Molecular Sciences*, vol:19, pp:1-12 doi:10.3390/ijms19102966
- Kementrian Kesehatan 2011, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/Menkes/Per/V/2011 Tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang*, hukor kemkes, dilihat 28 Januari 2021 <http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/PMK%20No.%201077%20ttg%20Pedoman%20Penyehatan%20Udara%20Dalam%20Ruang%20Rumah.pdf>
- Pham, T & Lee, B 2015, 'Disinfection of Staphylococcus aureus in indoor aerosols using Cu–TiO₂ deposited on glass fiber under visible light irradiation', *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, vol.307-308, pp.16-22, DOI:10.1016/j.jphotochem.2015.04.002
- Rilda, Y, Dharma, A, Arief, S, Alief, A, & Shaleh, B 2011, 'Efek Doping Ni (II) Pada Aktivitas Fotokatalitik Dari TiO₂ Untuk Inhibisi Bakteri Patogenik' *Makara of Science Series*, vol.14(1), pp.7–14. DOI:10.7454/mss.v14i1.486
- Shiraki, K, Yamada, H, Yoshida, Y, Ohno, A, & Watanabe, T 2017, 'Improved photocatalytic air cleaner with decomposition of aldehyde and aerosol-associated influenza virus infectivity in indoor air', *Aerosol and Air Quality Research*, vol.17(11), pp.2901–2912. DOI:10.4209/aaqr.2017.06.0220
- Slamet & Ibadurrohman, M 2009, 'Purifikasi Udara Dari Polutan Asap Rokok', *Jurnal Riset Industri*, vol.3(1), pp.1-9
- World Health Organization 2016, *WHO estimates that around 7 million people die every year from exposure to polluted air*, World Health Organization, dilihat 28 Januari 2021, <<https://www.who.int/news-room/air-pollution#:~:text=WHO%20estimates%20that%20around%207,deaths%20in%20the%20same%20period.>>
- Yadav, H, Kim, J, & Pawar, S 2016, 'Developments in photocatalytic antibacterial activity of nano TiO₂: A review', *Korean Journal of Chemical Engineering* vol.33, pp.1989-1998, DOI: 10.1007/s11814-016-0118-2

LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Ketua, Anggota dan Dosen Pendamping

A. Biodata Ketua

A. Identitas diri

1.	Nama Lengkap	Rafifah Hasna
2.	Jenis Kelamin	Perempuan
3.	Program Studi	Teknik Bioproses
4.	NIM	1806150156
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	Jakarta, 8 Februari 2000
6.	Alamat e-mail	rafifahhasna88@gmail.com
7.	No. Telepon/HP	081284453387

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah Diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	IMTK FTUI 2020	Kepala Bidang Akademis dan Keprofesian	Januari 2020 – Desember 2020 Fakultas Teknik
2	IMTK FTUI 2020	Wakil Kepala Bidang Akademis dan Keprofesian	Januari 2019 – Desember 2019 Fakultas Teknik
3	<i>Chemical Engineering in Charity (Cherry) 2019</i>	<i>Volunteer</i>	September 2019 Desa Leuwibatu, Bogor
4.	<i>Chemical Engineering in Charity (Cherry) 2018</i>	Peserta	September 2018 Desa Jambubol, Bogor
5.	Dongkrak Seni FTUI 2018	Staff Bidang Publikasi	November 2018 Kuningan City Ballroom, Jakarta

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

No	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Peraih pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) skema PKMPE berjudul "Pengembangan Metode Diagnostik Portabel Berbasis <i>Lab-on-Chip</i>	Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan	2020

	<i>Polymerase Chain Reaction (PCR)"</i>		
--	---	--	--

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-Karsa Cipta.

Depok, 9 Februari 2020

Ketua,



Rafifah Hasna

B. Biodata Anggota ke-1

A. Identitas diri

1.	Nama Lengkap	Farah Aliya Fadhila
2.	Jenis Kelamin	Perempuan
3.	Program Studi	Teknik Kimia
4.	NIM	1706025352
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	Banda Aceh, 24 April 1999
6.	Alamat e-mail	Aliyafadhila24@gmail.com
7.	No. Telepon/HP	081310155212

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah Diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	IMTK FTUI 2018	Staff Akademis dan Keprofesian	Februari 2018 – Desember 2018/Fakultas Teknik
2	SPE UI SC 2018	Staff <i>Research and Development</i>	Februari 2018 – Desember 2018/Fakultas Teknik
3	<i>Chemical Engineering in Charity</i> (Cherry) 2018	Staff K3	September 2018/Bogor
4	Dongkrak Seni FTUI 2018	Penanggung Jawab <i>Sponsorship</i>	April 2018 – November 2018/Kuningan City Ballroom, Jakarta
5	IMTK FTUI 2019	Wakil Kepala Bidang I Akademis dan Keprofesian	Februari 2019 – Desember 2019/Fakultas Teknik
6	<i>Chemical Engineering in Charity</i> (Cherry) 2019	Mentor	September 2019/Bogor

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

No	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-Karsa Cipta.

Depok, 9 Januari 2021
Anggota Tim,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Farah Aliya Fadhila', written in a cursive style.

Farah Aliya Fadhila

C. Biodata Anggota ke-2

A. Identitas diri

1.	Nama Lengkap	Michella Anastacia Sinaga
2.	Jenis Kelamin	Perempuan
3.	Program Studi	Teknik Bioproses
4.	NIM	1906302182
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	Bogor, 16 Juni 2001
6.	Alamat e-mail	michel.anastaciaa@gmail.com
7.	No. Telepon/HP	089513486895

B. Kegiatan Kemahasiswaan Yang Sedang/Pernah Diikuti

No	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	IMTK FTUI 2020	Staff Akademis dan Keprofesional	Januari 2020 – Desember 2020/ Fakultas Teknik

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

No	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
	-		

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-Karsa Cipta.

Depok, 09 Februari 2021
Anggota Tim,



Michella Anastacia Sinaga

D. Biodata Dosen Pendamping

A. Identitas diri

1.	Nama Lengkap	Prof. Dr. Ir. Slamet, M.T.
2.	Jenis Kelamin	Laki-laki
3.	Program Studi	Teknik Kimia
4.	NIP/NIDN	0004056605
5.	Tempat dan Tanggal Lahir	Kebumen, 4 Mei 1996
6.	Alamat e-mail	slamet@che.ui.ac.id
7.	No. Telepon/HP	08128351803

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Institusi	UGM	UI	UI
Jurusan/ Prodi	Teknik Kimia	Teknologi gas dan katalis, Teknik Metalurgi	Fotokatalisis
Tahun Masuk-Lulus	1985 - 1990	1994 - 1996	2000 - 2004

C. Rekam Jejak Tri Dharma PT

C.1. Pendidikan / Pengajaran

No	Nama Mata Kuliah	Wajib/Pilihan	SKS
1	Pengolahan Gas Bumi	Wajib	3
2	Peristiwa Perpindahan	Wajib	3
3	Teknik Reaksi Kimia 1	Wajib	3
4	Teknik Reaksi Kimia 2	Wajib	3
5	Teknologi Fotokatalisis	Pilihan	3
6	Teknik Reaksi Kimia Lanjut (S2)	Wajib	3

C.2. Penelitian

No	Judul Penelitian	Penyandang Dana	Tahun
1	Pengembangan Nanokomposit Berbasis Titania Dan Pengolahan Berbagai Jenis Limbah Menjadi Produk Ramah Lingkungan	UI	2019
2	Sintesis Fotoanoda Berbasis Tittania Nanotube Dengan Dopan Nitrogen Untuk Degradasi Amoniak Dan Produksi H ₂ Secara Simultan	Ristekdikti	2019

3	Pengembangan Katalis Heterogen Berbasis Titania Untuk Produksi H ₂ Dan Surfaktan MES	UI	2019
4	Aplikasi Nanopartikel Fotokatalis Untuk Produksi Biodiesel, Detergen Dan Bahan Alas Kaki	UI	2018
5	Pembuatan Pembuatan Produk Pembersih Ramah Lingkungan Berbasis Bahan Hayati Dengan Penambahan Nanopartikel Fotokatalis	UI	2018
6	Pengembangan Implan Gigi Anti Bakteri Berbasis Ti-6al-4v Termodifikasi Dengan TiO ₂ Nanotubes Berdopan Logam	Ristekdikti	2018
7	Kombinasi Zeolit Alam Dengan TiO ₂ Sebagai Material Adsorben Fotokatalitik Terintegrasi (Aft) Untuk Degradasi Polutan Gas Nh ₃ Sisa Metabolisme	Ristekdikti	2018
8	Rekayasa Cleaning Agent Nanofluida Multifungsi Dan Ramah Lingkungan Berbasis Minyak Sawit	Ristekdikti	2018
9	Rekayasa Cleaning Agent Nanofluida Multifungsi Dan Ramah Lingkungan Berbasis Minyak Sawit	Ristekdikti	2017
10	Pengembangan Implan Gigi Anti Bakteri Berbasis Ti-6al-4v Termodifikasi Dengan TiO ₂ Nanotubes Berdopan Logam	Ristekdikti	2017
11	Kombinasi Zeolit Alam Dengan TiO ₂ Sebagai Material Adsorben Fotokatalitik Terintegrasi (Aft) Untuk Degradasi Polutan Gas Nh ₃ Sisa Metabolisme	Ristekdikti	2017
12	Pembuatan Detergen Multifungsi Ramah Lingkungan Berbasis Bahan Hayati Dengan	Internal Perguruan Tinggi	2017

	Penambahan Nanopartikel Fotokatalis		
13	Pengaruh Modifikasi Material Implan Gigi Berbasis Titanium Terhadap Sifat Anti Bakteri Dan Biokompatibilitas	Internal Perguruan Tinggi	2017
14	Rekayasa Cleaning Agent Nanofluida Multifungsi Dan Ramah Lingkungan Berbasis Minyak Sawit	Pemerintah	2017
15	Kombinasi Adsorpsi – Fotokatalisis Dengan Komposit Carbon Nanotube - Titania Nanotube Untuk Pengolahan Limbah Pabrik Pulp Dan Kertas	Ristekdikti	2016
16	Rekayasa Detergen Generasi Baru Ramah Lingkungan Berbasis Nanofluida Titania	Ristekdikti	2016
17	Prototipe Alat Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi Dengan Teknologi Advance Oxidation Process (Fotokatalisis, Ozonasi Katalitik Dan Ozonasi Non Katalitik	Ristekdikti	2016
18	Pengembangan Implan Gigi Anti Bakteri Berbasis Ti-6al-4v Termodifikasi Dengan Tio ₂ Nanotubes Berdopan Logam	Ristekdikti	2016
19	Prototipe Alat Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi Dengan Teknologi Advance Oxidation Process (Fotokatalisis, Ozonasi Katalitik Dan Ozonasi Non Katalitik	Ristekdikti	2015
20	Sintesis Komposit Titania Nanotube (Tint)/Carbon Nanotube (CNT)/Fe ₃ O ₄ Untuk Aplikasi Pengolahan Limbah Industri Migas	Pemerintah	2015

21	Rekayasa Detergen Generasi Baru Ramah Lingkungan Berbasis Nanofluida Titania	Ristekdikti	2015
22	Kombinasi Adsorpsi – Fotokatalisis Dengan Komposit Carbon Nanotube - Titania Nanotube Untuk Pengolahan Limbah Pabrik Pulp Dan Kertas	Ristekdikti	2014
23	Sintesis Komposit Tio ₂ Nanotube (TNT) – Batu Apung Untuk Aplikasi Fotodegradasi Limbah Industri Migas	Pemerintah	2014
24	Penanganan Limbah Cair Industri Tekstil Indonesia Menggunakan Teknologi Foto-Bio-Degradasi Untuk Menyediakan Air Bersih Dan Meningkatkan Kualitas Hidup Masyarakat	Ristekdikti	2014
25	Optimalisasi Dan Pra-Komersialisasi Alat Perangkap Nyamuk Multi-Fungsi Berbasis Nano-Fotokatalisis	Pemerintah	2013
26	Penanganan Limbah Cair Industri Tekstil Indonesia Menggunakan Teknologi Foto-Bio-Degradasi Untuk Menyediakan Air Bersih Dan Meningkatkan Kualitas Hidup Masyarakat	Ristekdikti	2013
27	Optimalisasi Dan Pra-Komersialisasi Alat Perangkap Nyamuk Multi-Fungsi Berbasis Nano-Fotokatalisis	Ristekdikti	2013
28	Produksi Hidrogen Dari Limbah Industri Turunan Biomassa Dengan Katalis Tio ₂ Berbasis Nanotube	Ristekdikti	2013
29	Penanganan Limbah Cair Industri Tekstil Indonesia Menggunakan Teknologi Foto-Bio-Degradasi Untuk Menyediakan Air Bersih	Pemerintah	2013

	Dan Meningkatkan Kualitas Hidup Masyarakat		
--	---	--	--

C.3. Pengabdian Kepada Masyarakat

No	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Penyandang Dana	Tahun
1	Narasumber pada Workshop Penulisan Proposal PKM untuk PIMNAS, Fakultas Ilmu Administrasi, Universitas Indonesia, Depok	UI	2018
2	Narasumber pada Workshop Penulisan Proposal PKM di Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok	UI	2018
3	Narasumber pada Pelatihan Penalaran bagi Mahasiswa dan Pelatihan Pembimbingan PKM Tahun 2018 di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Banten	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	2018
4	Narasumber Pengembangan Prodi S2 Teknik Kimia & Kuliah Tamu (Tema: Peran & Aplikasi Katalisis Heterogen) di Universitas Muhammadiyah Jakarta	Universitas Muhammadiyah Jakarta	2018
5	Reviewer Monev Internal PKM Universitas Indonesia	UI	2018
6	Narasumber (invited speaker) pada Seminar Nasional Riset Terapan, Universitas Serang Raya, Serang	Universitas Serang Raya	2017
7	Reviewer Seleksi Internal Proposal PKM UI 2017	UI	2017
8	Tim Reviewer Seminar Nasional Integrasi Proses, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon	2017
9	Reviewer Nasional Monev Eksternal DIKTI Program	DIKTI	2017

	Kreativitas Mahasiswa		
10	Staf Ahli – Evaluasi Unit Gas Sweetening Di PT PERTAMINA Subang	PT PERTAMINA ~ UPPM Teknik Kimia FTUI	2017
11	Reviewer Monev Internal Program Kreativitas Mahasiswa Ui	Direktorat Kemahasiswaan Universitas Indonesia	2016
12	Reviewer “Coaching Clinic” Program Kreativitas Mahasiswa Bidikmisi Angkatan 2013	Direktorat Kemahasiswaan Universitas Indonesia	2015
13	Instruktur Pelatihan “Gas Sweetening”	PT LNG Badak - P2M Teknik Mesin FTUI	2015
14	Pengembangan Dan Aplikasi Teknologi Fotobioremediasi Untuk Mewujudkan Green City Di Indonesia	Ristekdikti	2014
15	Staf Ahli – Studi Pembangunan Kilang Minyak Dengan Pola PKS	BP Migas –UPPM Teknik Kimia FTUI	2014
16	Instruktur Pelatihan “Simulasi Hysis Untuk Gas Processing”	PT Radiant Utama – UPPM Teknik Kimia FTUI	2014

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-Karsa Cipta.

Depok, 17 Februari 2021
Dosen Pendamping,



Prof. Dr. Ir. Slamet, M.T.

Lampiran 2. Justifikasi Anggaran Kegiatan

1. Sewa dan Jasa	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
Biaya Uji lab <i>microbiology air sampler</i>	8 sampel	200,000	1,600,000
Perizinan dan Peminjaman Alat Uji Lab	1 kali	250,000	250,000
SUBTOTAL (Rp)			1,850,000
2. Barang Habis Pakai	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
TiO ₂ Degussa P25	0.5 kg	1,500,000	750,000
Akuades	10 L	25,000	250,000
TEOS	25 ml	70,000	70,000
HNO ₃	300 ml	450,000	135,000
Formaldehyde	500 ml	75,000	75,000
Lampu UVC	1 buah	200,000	200,000
Akrilik	7 lembar	400,000	2,800,000
Lem Silica	3 buah	20,000	60,000
Ion Plasma Generator	1 buah	200,000	200,000
Blower	2 buah	25,000	50,000
Alumunium <i>honeycomb</i>	2 buah	150,000	300,000
Kabel	1 pack	100,000	100,000
Trafo	1 buah	70,000	70,000
Masker dan hand sinitizer	3 pack	50,000	150,000
Sarung tangan	1 pasang	75,000	75,000
SUBTOTAL (Rp)			5,285,000
3. Perjalanan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
Biaya Pengiriman Bahan dari Jakarta dan Kota Lain	5 kali	50,000	500,000
Perjalanan uji sampel	2 kali	50,000	100,000
SUBTOTAL (Rp)			600,000
4. Lain-lain	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
Beaker Gelas	3 buah	60,000	180,000
Gelas Ukur	2 buah	45,000	90,000
Spatula	1 buah	10,000	10,000
Pipet	2 buah	2,500	5,000
Indikator pH	1 pack	90,000	90,000
Dryer	1 buah	100,000	100,000

Swab antigen	3 kali	250,000	750,000
Biaya internet	3 kali	100,000	300,000
SUBTOTAL (Rp)			1,525,000
TOTAL (Rp)			9,260,000
Terbilang Sembilan Juta Dua Ratus Enam Puluh Ribu			

Lampiran 3. Susunan Organisasi Tim Kegiatan dan Pembagian Tugas

No	Nama / NIM	Program Studi	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (jam / minggu)	Uraian Tugas
1.	Rafifah Hasna/ 180615015 6	Teknik Bioproses	Fotokatalisis	25	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan koordinasi antar anggota • Sintesis TiO_2 • Desain Rancang Bangun Alat Purifikasi Udara Ruang
2.	Farah Aliya Fadhila/ 170602535 2	Teknik Kimia	Fotokatalisis	20	<ul style="list-style-type: none"> • Pembuatan Alat Purifikasi Udara Ruang • Pengujian Performa Alat Purifikasi Udara Skala Laboratorium
3.	Michella Anastacia Sinaga / 190630218 2	Teknik Bioproses	Fotokatalisis	20	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan preparasi alat dan bahan • Coating TiO_2 pada alumunium

Lampiran 4. Surat Pernyataan Ketua Pelaksana**SURAT PERNYATAAN KETUA PENELITIAN/PELAKSANA**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rafifah Hasna

NIM : 1806150156

Program Studi : Teknik Bioproses

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa proposal PKM-KC saya dengan judul **Rekayasa Unit Purifikasi Udara Ruang Dengan Kombinasi Teknologi Fotokatalisis, UVC Germicidal, Dan Plasma Ion Untuk Polutan Toksik Dan Jasad Renik** yang diusulkan untuk tahun anggaran 2021 adalah asli karya kami dan belum pernah dibiayai oleh lembaga atau sumber dana lain.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penelitian yang sudah diterima ke kas negara.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Depok, 22 Februari 2021

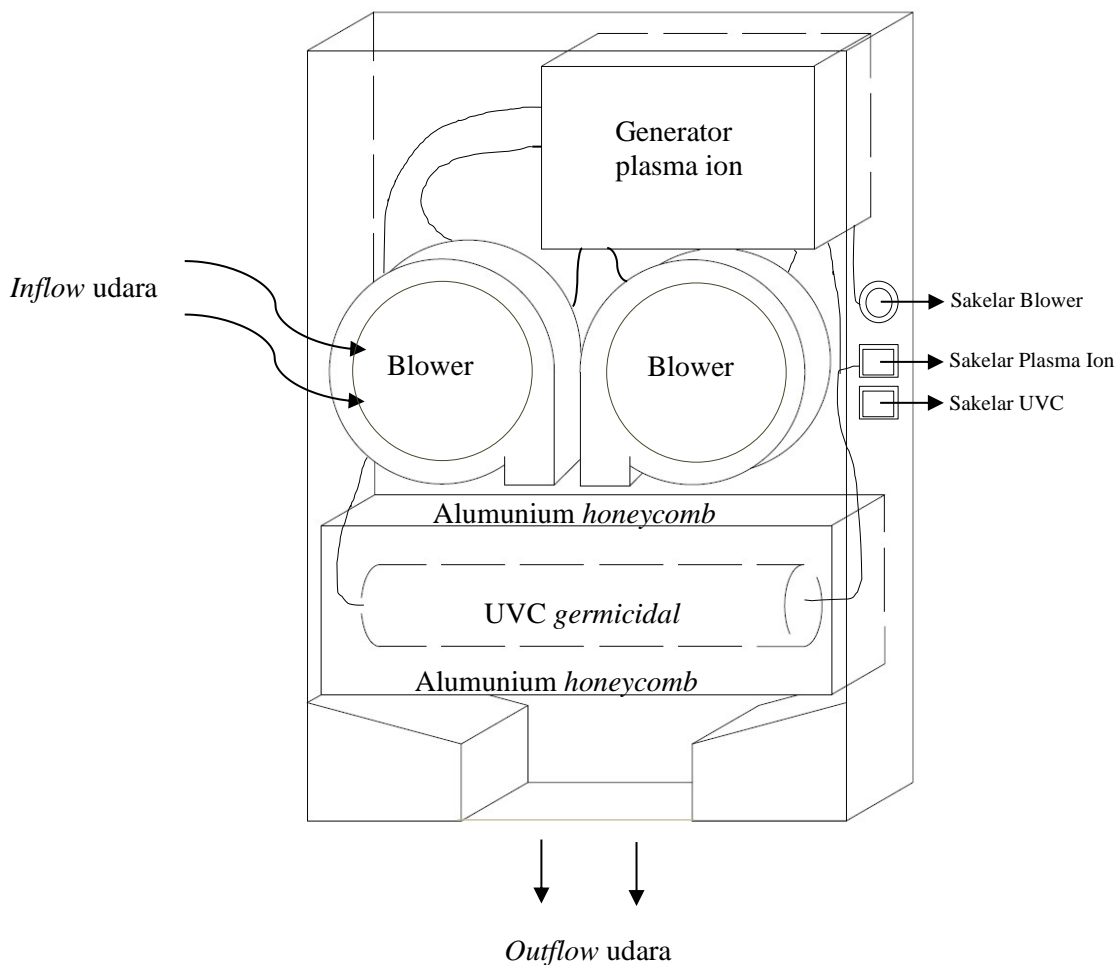
Yang menyatakan,



Rafifah Hasna

NIM. 1806150156

Lampiran 5. Gambaran Teknologi yang Akan Diterapkembangkan



Gambar 5.1 Rancang prototipe Alat Purifikasi Udara Ruang

Alat Purifikasi udara ruang dengan kombinasi teknologi fotokatalisis, UVC *germicidal*, dan plasma ion untuk polutan udara tidak hanya satu jenis namun dapat mendegradasi polutan udara kimia, fisika, dan biologi. Teknologi fotokatalisis TiO_2 akan mendegradasi polutan, bakteri dan virus dengan menghasilkan elektron negatif (e^-) dan positif (h^+) yang akan bereaksi dengan oksigen dan air yang kemudian akan mereduksi polutan gas dan mendegradasi dinding sel mikroba bakteri dan virus. Pada Sinar UVC *germicidal* akan mematikan kuman yang tersisa, dengan menonaktifkan DNA bakteri, virus dan patogen lain dan dengan demikian menghancurkan kemampuannya untuk berkembang biak dan menyebabkan penyakit. Generator ion menggunakan pelepasan plasma bergantian untuk memecah molekul O_2 menjadi negatif (O_2^-). Ketika ion-ion ini diemisikan ke udara, mereka dikelilingi oleh molekul air dan membentuk ion cluster yang menarik ke partikel di udara.