

Pemanfaatan Masker Limbah COVID-19 Sebagai Upaya Mengurangi Pencemaran Lingkungan

Hanin Fitria^{1*}, Tita Latifah Ahmad², Syaiful Umam Rizaq³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Kudus

Jl. Ganesha Raya No.I, Purwosari, Kec. Kota Kudus, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah, (0291) 437218

*Korespondensi Penulis, E-mail: haninfitria@umkudus.ac.id, titalatifa@umkudus.ac.id, syaifulumamr@gmail.com

Abstrak

Abstrak (Abstract) Masker adalah salah satu jenis alat pelindung diri yang paling penting digunakan sebagai penghalang utama untuk melindungi dari virus yang menyebar melalui tetesan ini. Masker medis merupakan masker yang mudah ditemukan dan sekali pakai yang biasa digunakan oleh tenaga kesehatan yang bertugas. Masker medis berbentuk persegi panjang dan terdiri dari 3 atau 4 lapisan. Setiap lapisan terdiri dari serat lembut hingga sangat lembut. Karakteristik kinerjanya mengikuti serangkaian metode pengujian standar (ASTM F2100, EN 14683 atau setara) yang bertujuan untuk menyesuaikan filtrasi yang baik, ventilasi yang baik, dan ketahanan (opsional) terhadap penetrasi cairan. Mengenakan masker sudah menjadi kehidupan sehari-hari bagi banyak orang. Hal ini telah menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam permintaan masker wajah sekali pakai di seluruh dunia. Masker wajah sekali pakai adalah salah satu jenis APD yang paling umum digunakan untuk mencegah infeksi virus. Namun, penanganan yang salah dari bahan-bahan ini mengancam lingkungan dengan bentuk-bentuk baru polusi plastik. Mengabaikan keseriusan masalah ini, sejumlah besar mikroplastik dapat dilepaskan ke tempat pembuangan sampah dan lingkungan laut, yang dapat memiliki implikasi serius bagi flora dan fauna. Oleh karena itu, penelitian ini memaparkan dua opsi untuk mendaur ulang limbah masker COVID-19. Selain itu, kami akan menjelaskan perencanaan produk dengan metode QFD.

Kata kunci: covid-19, limbah masker, lingkungan, QFD

Abstrak

Abstrak (Abstract) Masks are one of the most important types of personal protective equipment used as the main barrier to protect against viruses that spread through these droplets. Medical masks are easily found and disposable masks that are commonly used by health workers on duty. Medical masks are rectangular in shape and consist of 3 or 4 layers. Each layer is composed of soft to very soft fibers. Its performance characteristics follow a series of standardized test methods (ASTM F2100, EN 14683 or equivalent) aimed at conforming to good filtration, good ventilation and resistance (optional) to liquid penetration. Wearing a mask has become a daily life for many people. This has led to a significant increase in the demand for disposable face masks worldwide. Disposable face masks are one of the most common types of PPE used to prevent viral infections. However, the mishandling of these materials threatens the environment with new forms of plastic pollution. Ignoring the seriousness of the problem, large amounts of microplastic could be released into landfills and the marine environment, which could have serious implications for flora and fauna. Therefore, this study presents two options for recycling COVID-19 mask waste. In addition, we will explain product planning with the QFD method.

Kata kunci: covid-19, mask waste, environment, QFD

1. Pendahuluan

Pada Desember 2019, infeksi virus Corona baru (COVID-19) menyebar dengan cepat ke seluruh dunia, termasuk Indonesia. COVID-19 merupakan varian dari SARS atau biasa disebut (SARS-Cov-2). Seperti varian SARS lainnya yaitu MERS, COVID-19 juga menyerang sistem pernapasan manusia (Lai

dkk., 2020). Virus ini diketahui menyebabkan infeksi pernapasan mulai dari flu biasa, hingga penyakit yang lebih parah. COVID-19 ditularkan melalui droplet atau percikan yang keluar saat orang yang terinfeksi batuk, bersin atau berbicara baik secara langsung melalui orang ke orang maupun melalui benda yang telah disentuh oleh droplet tersebut. (WHO, 2020).

Pada 11 Maret 2020, organisasi kesehatan dunia atau WHO (World Health Organization) menyatakan wabah virus Corona COVID-19 sebagai pandemi global (WHO, 2020). Dilihat dari kasus aktif dan angka kematian yang masih terus bertambah, kasus COVID-19 di Indonesia sendiri cukup mengkhawatirkan. Dimuat di kompas.com, total kasus COVID-19 di Indonesia hingga 14 Juli 2021 mencapai 2.670.046 orang sejak kasus pertama diumumkan Presiden Joko Widodo pada 2 Maret 2020. Dari total kasus tersebut, 2.157.363 orang dinyatakan sembuh, dan 69.210 orang meninggal, sejak awal pandemi. Dengan meningkatnya jumlah kasus COVID-19, Indonesia pernah menjadi negara dengan jumlah kasus COVID-19 tertinggi di Asia Tenggara.

WHO menyerukan negara-negara untuk mengambil tindakan segera dan agresif untuk mencegah dan menahan penyebaran virus ini. Pemerintah Indonesia mewajibkan penerapan protokol kesehatan bagi seluruh masyarakat. Protokol kesehatan COVID-19 dan menjaga daya tahan tubuh mengacu pada Pedoman Pencegahan dan Pengendalian COVID-19 Revisi ke-5 yang dikeluarkan Kementerian Kesehatan RI, yaitu menggunakan masker, mencuci tangan dengan air dan sabun atau hand sanitizer, menghindari menyentuh wajah dan berjabat tangan. . , hindari berkumpul/berkumpul, hindari menyentuh benda di tempat umum, hindari transportasi umum dan jaga jarak (WHO, 2021).

Menjaga jarak, menjaga kebersihan tangan, dan melakukan disinfeksi pada setiap permukaan menjadi dasar pengendalian infeksi pada pandemi infeksi virus corona (Covid19) 2019, sementara pemerintah, lembaga internasional, pembuat kebijakan, dan otoritas kesehatan masyarakat tidak ada. Membatasi penggunaan masker medis. Untuk masyarakat umum, merekomendasikan pengurangan infeksi coronavirus 2 dengan sindrom pernapasan akut (SARSCoV2). Tidak ada bukti langsung bahwa masker kain efektif dalam mengurangi infeksi SARS-CoV2, tetapi selama pandemi karena masker kain mencegah polusi udara dan diacak oleh para ahli untuk mengembangkan penelitian mereka lebih lanjut. Cukup meyakinkan untuk menginformasikan keputusan kebijakan terkait

penggunaan masker kain (Putri, 2020). Per 3 April 2020, CDC merekomendasikan penggunaan masker kain, terutama di daerah yang memiliki risiko infeksi Covid19 (CDC, 2020b) sangat tinggi (Fisher et al., 2020).

Namun, di balik protokol kesehatan yang sangat ketat, ada kekhawatiran limbah masker yang dihasilkan oleh pandemi ini dapat menyerang ekosistem perairan (Sampol, 2020). Menurut keterangan resmi LIPI pada 16 Februari 2021, peningkatan limbah masker tidak hanya peningkatan kasus COVID-19 di Indonesia, tetapi juga peningkatan jumlah orang yang memakai masker medis atau jenis masker sekali pakai lainnya. Juga dipengaruhi oleh. Masker tersebut disumbangkan.

Masker medis merupakan masker yang mudah ditemukan dan sekali pakai yang biasa digunakan oleh tenaga kesehatan yang bertugas. Masker medis berbentuk persegi panjang dan terdiri dari 3 atau 4 lapisan. Setiap lapisan terdiri dari serat lembut hingga sangat lembut. Karakteristik kinerjanya mengikuti serangkaian metode pengujian standar (ASTM F2100, EN 14683 atau setara) yang bertujuan untuk menyesuaikan filtrasi yang baik, ventilasi yang baik, dan ketahanan (opsional) terhadap penetrasi cairan. Akan diuji. Filtrasi awal (penyaringan tetesan minimum 95%), permeabilitas udara awal, dan resistensi cairan awal opsional yang terkait dengan jenis non-anyaman (misalnya spunbond atau tiupan lelehan) dan pelapis (misalnya polipropilen, polietilen, atau selulosa). Jenis Kelamin (WHO, 2020). Jangan memakai masker ini lebih dari 3-8 jam. Masker medis merupakan jenis masker sekali pakai yang mudah ditemukan dan umum digunakan oleh tenaga kesehatan di tempat kerja. Masker medis berbentuk persegi panjang dan terdiri dari 3 atau 4 lapisan. Setiap lapisan terdiri dari serat lembut hingga sangat lembut. Karakteristik kinerjanya mengikuti serangkaian metode pengujian standar (ASTM F2100, EN 14683 atau setara) yang bertujuan untuk menyesuaikan filtrasi yang baik, ventilasi yang baik, dan ketahanan (opsional) terhadap penetrasi cairan. Akan diuji. Filtrasi awal (penyaringan tetesan minimum 95%), permeabilitas udara awal, dan resistensi cairan awal opsional yang terkait dengan jenis non-anyaman (misalnya spunbond atau tiupan lelehan) dan pelapis (misalnya polipropilen,

polietilen atau selulosa). Jenis Kelamin (WHO, 2020). Jangan memakai masker ini lebih dari 3-8 jam.

Tercatat hingga pertengahan Desember lalu, Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta telah menangani 1.213 kilogram atau setara dengan 1.51.625 sampah masker sekali pakai dari rumah tangga. Jumlah tersebut dihimpun dari data sampah infeksius pada April hingga Desember 2020 (Kompas.com, 2021). Peningkatan jumlah sampah di beberapa sungai di Jakarta meningkat 5 pada periode Maret-April 2020, yang mengindikasikan berasal dari sampah masker, dibandingkan jumlah sampah pada Maret-April 2016 (Cordova, 2021). Limbah masker sangat menular sehingga dapat membahayakan masyarakat khususnya petugas kebersihan. Pengetahuan masyarakat tentang pengelolaan limbah APD/limbah infeksius masih sangat minim. Sampah ini harus dipilah terlebih dahulu sebelum dikirim ke TPA (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2020). Masker bekas masuk dalam kategori sampah yang tidak dapat didaur ulang dan merupakan sampah yang harus dibuang atau dibuang pada tempatnya, termasuk tempat pembuangan sampah (TPS). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 56 tahun 2015 tentang tata cara pengolahan limbah B3 dan persyaratan teknis dari fasilitas kesehatan, limbah masker dapat digolongkan sebagai limbah medis yang memerlukan penanganan khusus (Ika, 2020). Pemakai masker membuang masker ke tempat sampah atau di mana saja (Nabila, 2021).

Masker menjadi salah satu jenis alat pelindung diri yang paling penting sebagai penghalang terakhir untuk melindungi dari virus yang menyebar melalui tetesan tersebut. Mengenakan masker sudah menjadi rutinitas sehari-hari bagi banyak orang. Hal ini telah menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam permintaan masker wajah sekali pakai secara global (Fadare & Okoffo, 2020). Masker sekali pakai pada dasarnya terbuat dari polipropilen dan polietilen densitas tinggi, dan mungkin mengandung bahan polimer lainnya seperti poliester, poliuretan, polistirena, dan poliakrilonitril. (Prata dkk., 2021).

2. Metode

Penelitian ini akan dilakukan studi literatur dari peneliti sebelumnya yang telah melakukan penelitian terkait dengan pandemic Covid-19, penerapan protokol kesehatan, penggunaan masker, hingga pemanfaatan limbah masker Covid-19. Langkah awal dari penelitian yang dilakukan yaitu melakukan studi pendahuluan yang tercantum dalam latar belakang. Studi pendahuluan dirancang dengan mengetahui apa yang mendasari penelitian ini dilakukan. Dalam penelitian ini dikaitkan pembahasan mengenai potensi terjadinya pencemaran lingkungan akibat limbah masker Covid-19. Langkah kedua yaitu breakdown dari permasalahan limbah masker yang muncul. Langkah ketiga adalah pembahasan mengenai penelitian terdahulu yang membahas terkait topik. Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut lantas dilakukan critical discussion untuk mengambil intisari dari penemuan dari penelitian terdahulu.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengumpulan Masker Sampah Selama Pandemi COVID-19

Penggunaan masker merupakan bagian dari upaya pencegahan infeksi secara menyeluruh, yang dilaksanakan melalui jarak sosial, menjaga kebersihan tangan, dan tindakan lain yang membentuk kewaspadaan terpadu untuk mencegah infeksi Covid 19. Akan selesai. Pada kelompok masyarakat yang berisiko tinggi terinfeksi, memakai masker kain dengan efisiensi filtrasi rendah mungkin lebih baik daripada tidak memakai masker sama sekali. Namun, masker tersebut tidak melindungi individu yang sehat dari risiko terinfeksi virus (Acute & Syndrome, 2020).

Sekali pakai untuk menangani Covid-19, sejalan dengan anjuran terbaru dari Centers for Disease Control and Prevention (CDC) bagi orang sehat untuk memakai masker kain sebagai alternatif yang sederhana, ekonomis dan berkelanjutan. Sediakan Masker Bedah Di fasilitas medis, 19 orang yang terinfeksi dan organ pernapasan N95 dapat diprioritaskan. Intervensi semacam itu dapat menghemat kebutuhan mengingat sumber daya yang terbatas (Susanna Esposito, Nicola Principi, Chi Chi Leung, 2020). Dikarenakan krisis

ketersediaan masker untuk tenaga kesehatan seperti masker N95 dan masker non medis, seperti masker kain direkomendasikan untuk digunakan oleh masyarakat (Szepletowska, Krajewski, & Szepletowski, n.d.)

Pandemi COVID-19 yang sedang berlangsung telah mengakibatkan konsumsi massal alat pelindung diri (APD) di seluruh dunia (Torres & De-la-Torre, 2021). Masker wajah sekali pakai adalah salah satu jenis APD yang paling umum digunakan untuk mencegah infeksi virus. Namun, salah urus bahan-bahan tersebut mengancam lingkungan dengan bentuk-bentuk baru polusi plastik. Mengabaikan keseriusan masalah ini dapat mengakibatkan pelepasan sejumlah besar mikroplastik di tempat pembuangan sampah dan lingkungan laut, yang dapat memiliki implikasi serius bagi flora dan fauna. (Dharmaraj dkk., 2021).

Jumlah limbah medis yang dihasilkan di rumah sakit yang berbeda sebanding dengan jumlah orang yang terinfeksi dan jumlah rata-rata limbah yang dihasilkan per tempat tidur. Studi awal menunjukkan bahwa akumulasi harian limbah medis di Yordania adalah 2,69 kg / tempat tidur / hari (Minoglou et al., 2017). Sedangkan menurut perkiraan dan analisis limbah medis di kota Istanbul, rata-rata tahunan unit limbah medis per hari di rumah sakit adalah 0,43 kg/bed/hari pada tahun 2000 menjadi 1,68 kg/bed/bed pada tahun 2017. bertambah hari demi hari (Korkut, 2018). Pada April 2020, tingkat produksi maksimum limbah medis selama pandemi COVID-19 diperkirakan sekitar 14.500 ton (Sangham, 2020)

Aspek lain dari epidemi COVID-19 adalah pembuangan limbah padat yang tidak tepat. Pembuangan limbah yang tidak tepat dapat menyebarkan virus. Akibatnya, jumlah kasus yang dikonfirmasi meroket, dan jumlah limbah medis yang terkait dengan COVID-19 juga meningkat secara signifikan. (Peng dkk., 2020). Selain itu, protokol operasional yang ada untuk pembuangan limbah SARSCoV2 dan limbah kota (MSW) yang ada 216 memiliki tindakan pencegahan khusus, untuk mengurangi potensi risiko infeksi SARSCoV2 karena proses pengelolaan limbah yang tidak tepat.

3.2 Contoh Penggunaan Masker Sampah COVID-19

Karena coronavirus (COVID-19) menyebar dengan cepat ke seluruh dunia, memakai masker telah menjadi penghalang terakhir untuk melindungi orang dari virus yang menyebar melalui tetesan, dan sudah menjadi rutinitas sehari-hari bagi semua orang untuk memakai masker. Namun masker yang dibuang sembarangan dapat menimbulkan banyak masalah lingkungan seperti mikroplastik yang berbahaya bagi berbagai ekosistem (Rai et al., 2021a, b). Oleh karena itu, sangat perlu dikembangkan metode penanganan masker yang terbuang. Studi ini mengusulkan cara untuk menghasilkan bahan kimia bernilai tambah (misalnya, senyawa aromatik) dari masker dengan jumlah tinggi melalui pirolisis cepat katalitik (CFP). CFP telah dikembangkan untuk membuat senyawa aromatik bernilai tinggi dari zat karbon (misalnya, biomassa dan sampah organik) seperti benzena, toluena, etilbenzena, dan xilena (BTEX). Bagian utama topeng (dalam, tengah, luar, dan filter) terbuat dari polipropilen (PP) yang dipirolisis dengan berbagai katalis zeolit (HBeta, HY, dan HZSM-5) untuk membuat BTEX. Topeng itu dipirolisis dalam reaktor unggun tetap, dan gas pirolisis berevolusi dalam reaktor diarahkan ke reaktor sekunder di mana katalis zeolit dimuat. Tanpa katalis, CFP topeng tidak menghasilkan senyawa aromatik apa pun tetapi hidrokarbon bercabang. Penggunaan katalis umumnya menurunkan hasil minyak dan meningkatkan hasil gas tanpa banyak perubahan dalam jumlah sisa padatan. Katalis juga menghasilkan produksi senyawa aromatik dari masker. Kelompok zeolit pori besar HBeta dan HY masing-masing menyebabkan 134% dan 67% lebih tinggi konsentrasi BTEX daripada HZSM-5, kemungkinan karena mereka memiliki pori-pori yang lebih besar, luas permukaan yang lebih tinggi, dan densitas situs asam yang lebih tinggi daripada HZSM-5. Faktor-faktor yang berbeda ini (yaitu, porositas, luas permukaan, dan keasaman) secara sinergis berkontribusi pada produksi senyawa aromatik yang lebih tinggi dari masker.

Polypropylene (PP) adalah komposisi utama masker wajah, sehingga daur ulang

sampah masker persis sama dengan daur ulang sampah PP. Sebagai salah satu strategi daur ulang yang paling menjanjikan, karbonisasi katalitik menyediakan cara yang mudah, ekonomis, dan efisien untuk menghasilkan bahan nano karbon dari limbah polimer melalui konversi termo-kimia. Tercatat bahwa kandungan elemen karbon mencapai 85,7% berat dalam PP, yang berarti bahwa PP merupakan bahan baku karbon yang menjanjikan untuk memproduksi nanomaterial berbasis karbon. Sementara itu, karbonisasi katalitik PP juga merupakan konsep berkelanjutan dan mencegah limbah PP langsung dibuang ke TPA atau insinerator. Untuk mengubah PP menjadi nanomaterial karbon, serangkaian katalis gabungan dikembangkan yang terdiri dari katalis organically modified clay (OMC)/nickel (Ni-Cat), zeolit/NiO, senyawa terklorinasi/Ni₂O₃, karbon aktif/Ni₂O₃, karbon hitam/Ni₂O dan C₆₀/Ni(OH)₂. Hasil kami mengungkapkan bahwa katalis ini dapat mempromosikan dekomposisi PP untuk secara selektif menghasilkan lebih banyak senyawa aromatik, yang kemudian didehidrogenasi dan dipasang kembali menjadi karbon nanotube (CNT). Pekerjaan kami sebelumnya melaporkan karbonisasi katalitik limbah PP menjadi hibrida karbon/Fe₃O₄ magnetik, yang digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan polutan pewarna secara efektif dari air. Khususnya, hibrida karbon/logam juga merupakan salah satu jenis bahan penyerap gelombang mikro yang menjanjikan karena efek sinergisnya antara kehilangan dielektrik dan magnetik. Hasil kami menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan adalah hibrida CNT/Ni, dan hasil karbon tertinggi mencapai 64,4 g/100 g WM. Karena efek sinergis CNT dan Ni.

Hidrolisis scrap masker melalui proses pretreatment menunjukkan peningkatan konsentrasi glukosa yang terbentuk seiring dengan peningkatan jumlah enzim, dan proses hidrolisis berlangsung lebih lama. Larutan dengan volume enzim 30 ml dan waktu hidrolisis 3 hari pada suhu 50 °C menunjukkan konsentrasi glukosa 64,21% dalam 2 ml larutan terhidrolisis. Ini berarti bahwa peningkatan jumlah enzim selulase dan peningkatan waktu hidrolisis dapat meningkatkan kadar glukosa yang dihasilkan

selama hidrolisis tandan buah kosong dari kelapa sawit dari mana enzim selulase diproduksi. Konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Nugrahini (2016), yang menemukannya.

Proses fermentasi dilakukan dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, yang dapat hidup dalam kondisi lingkungan yang kaya akan etanol. Hal ini karena dinding sel *S. cerevisiae* terdiri dari 85% polisakarida dan 15% protein. Dinding sel memiliki fungsi utama menjaga tekanan homeostatik sel, melindungi sel dari kerusakan, dan mempertahankan bentuk sel (Akhtar, 2018). Fermentasi glukosa menjadi etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* dipengaruhi oleh pH. Kisaran pH yang sesuai untuk proses fermentasi adalah 4,0-5,0. Larutan dengan pH kurang dari 4,0 akan memiliki waktu fermentasi yang lebih lama karena perkembangan proses fermentasi yang relatif lambat, namun tidak akan mengurangi jumlah etanol yang dihasilkan. Di sisi lain, ketika pH larutan melebihi 5,0, jumlah etanol berkurang. Diproduksi (Staniszewski, 2007). Inilah proses fermentasi yang optimal untuk mengubah biomassa batang kelapa sawit menjadi bioetanol, yaitu proses fermentasi menggunakan larutan pH 4.0 dengan suhu inkubasi 30°C menggunakan inokulum 10%. 24 jam.

3.3 Diskusi

Studi mengatakan jalur hijau dan sangat efisien dilaporkan untuk katalisis karbonisasi masker limbah menjadi bahan nano karbon bernilai tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk yang diperoleh adalah hibrida CNT/Ni, dan hasil karbon tertinggi adalah 64,4 g/100 g WMs. Karena efek sinergis dari CNT dan Ni, hibrida yang dihasilkan menunjukkan penyerapan gelombang mikro yang luar biasa dengan kehilangan refleksi tinggi 56,3 dB dan lebar pita 4,3 GHz pada ketebalan 2,0 mm, setara dengan atau jauh lebih baik daripada kebanyakan hibrida C/Ni. Mempertimbangkan kenyamanan dan kelayakan daur ulang WM dari lingkungan yang berbeda, diyakini bahwa strategi ini akan diperluas ke produksi industri skala besar yang sebenarnya. Selain itu, target daur ulang tidak terbatas pada masker bekas,

tetapi juga mencakup limbah polimer atau biowaste lainnya, sehingga nanomaterial karbon lebih berharga akan diproduksi dan aplikasi. lebih menjanjikan untuk dikembangkan.

Studi kedua menyelidiki untuk pertama kalinya efek sifat zeolit pada produksi BTEX dari limbah topeng COVID19 melalui CFP. Masker terutama terdiri dari PP yang telah pirolisis dengan katalis zeolit yang berbeda (HBeta, HY atau HZSM5) untuk menghasilkan BTEX. Uap pirolisis yang dihasilkan dalam reaktor stasioner pertama melewati reaktor kedua yang diisi dengan unggul katalis. Tanpa katalis, CFP topeng tidak menghasilkan senyawa aromatik tetapi hidrokarbon bercabang (C₈eC₄6). Hasil minyak tertinggi (80,7% berat) diperoleh pada 550 °C, yang diperhitungkan dalam semua percobaan CFP. Penggunaan katalis biasanya mengurangi hasil minyak dan meningkatkan hasil gas tanpa secara signifikan mengubah padatan sisa. Katalis juga mengarah pada produksi aromatik dari topeng. Katalis HBeta dan HY menunjukkan selektivitas yang jauh lebih tinggi terhadap BTEX daripada HZSM5. Katalis zeolit HBeta dan HY memiliki pori-pori yang lebih besar, luas permukaan yang lebih tinggi dan jumlah situs asam yang lebih besar dibandingkan dengan HZSM5. Ukuran pori HBeta dan HY lebih besar dari diameter kinetik hidrokarbon bercabang, memungkinkan hidrokarbon bercabang yang diturunkan secara termal untuk berdifusi di dalam pori-pori dan dengan demikian berubah menjadi hidrokarbon aromatik di atas situs asam yang terletak terutama di dalam pori-pori. HBeta memiliki keasaman yang lebih tinggi daripada HY, dan ini menyebabkan lebih banyak pembentukan aromatik. Faktor-faktor yang berbeda ini (yaitu, porositas, luas permukaan, dan keasaman) secara sinergis berkontribusi pada produksi senyawa aromatik yang lebih tinggi dari masker. luas permukaan yang lebih tinggi dan jumlah situs asam yang lebih besar dibandingkan dengan HZSM5. Ukuran pori HBeta dan HY lebih besar dari diameter kinetik hidrokarbon bercabang, memungkinkan hidrokarbon bercabang yang diturunkan secara termal untuk berdifusi di dalam pori-pori dan dengan demikian berubah menjadi hidrokarbon aromatik di atas situs asam yang terletak terutama di dalam pori-

pori. HBeta memiliki keasaman yang lebih tinggi daripada HY, dan ini menyebabkan lebih banyak pembentukan aromatik. Faktor-faktor yang berbeda ini (yaitu, porositas, luas permukaan, dan keasaman) secara sinergis berkontribusi pada produksi senyawa aromatik yang lebih tinggi dari masker. luas permukaan yang lebih tinggi dan jumlah situs asam yang lebih besar dibandingkan dengan HZSM5. Ukuran pori HBeta dan HY lebih besar dari diameter kinetik hidrokarbon bercabang, memungkinkan hidrokarbon bercabang yang diturunkan secara termal untuk berdifusi di dalam pori-pori dan dengan demikian berubah menjadi hidrokarbon aromatik di atas situs asam yang terletak terutama di dalam pori-pori. HBeta memiliki keasaman yang lebih tinggi daripada HY, dan ini menyebabkan lebih banyak pembentukan aromatik. Faktor-faktor yang berbeda ini (yaitu, porositas, luas permukaan, dan keasaman) secara sinergis berkontribusi pada produksi senyawa aromatik yang lebih tinggi dari masker. memungkinkan hidrokarbon bercabang yang diturunkan secara termal untuk berdifusi di dalam pori-pori dan dengan demikian berubah menjadi hidrokarbon aromatik di atas situs asam yang terletak terutama di dalam pori-pori. HBeta memiliki keasaman yang lebih tinggi daripada HY, dan ini menyebabkan lebih banyak pembentukan aromatik. Faktor-faktor yang berbeda ini (yaitu, porositas, luas permukaan, dan keasaman) secara sinergis berkontribusi pada produksi senyawa aromatik yang lebih tinggi dari masker. memungkinkan hidrokarbon bercabang yang diturunkan secara termal untuk berdifusi di dalam pori-pori dan dengan demikian berubah menjadi hidrokarbon aromatik di atas situs asam yang terletak terutama di dalam pori-pori. HBeta memiliki keasaman yang lebih tinggi daripada HY, dan ini menyebabkan lebih banyak pembentukan aromatik. Faktor-faktor yang berbeda ini (yaitu, porositas, luas permukaan, dan keasaman) secara sinergis berkontribusi pada produksi senyawa aromatik yang lebih tinggi dari masker.

Pada dua penelitian yang dilakukan, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menganalisis perencanaan dan pengembangan produk yang dapat dihasilkan dari limbah masker. Metode yang dapat digunakan adalah Quality Function Deployment (QFD). Secara

tradisional, Quality Function Deployment (QFD) telah menjadi kerangka utama untuk desain produk. Namun, karena fokus terbatas QFD konvensional pada kebutuhan pelanggan dan pendekatan analitis kurang memahami dan mengasumsikan kepastian dalam pengambilan keputusan, beberapa pendekatan terpadu untuk desain produk telah diusulkan dalam literatur untuk mengatasi keterbatasan QFD konvensional dalam konteks menciptakan kerangka kerja untuk desain produk yang berkelanjutan (Ocampo dkk., 2020). Model sebelumnya termasuk QFD hijau (Zhang et al., 1999; Wong dan Jupiter, 2002), QFD Enoi (Masui et al., 2003; Otani & Yamada, 2011; Younesi & Roghanian, 2015), Analisis Dampak Mode Kegagalan QFD (Chen & Ko, 2009), Desain QFD untuk lingkungan (Rahimi dan Weidner, 2002), QFD ekologis (Ernzer dan Birkhofer, 2003; Kuo et al., 2009; Utne, 2009), Evaluasi siklus QFD Life (Sakao et al., 2005; Sakao, 2007), QFD yang sadar lingkungan (Vinodh & Rathod, 2010), di antara yang lain.

Hidrolisis scrap masker melalui proses pretreatment menunjukkan peningkatan konsentrasi glukosa yang terbentuk seiring dengan peningkatan jumlah enzim, dan proses hidrolisis berlangsung lebih lama. Larutan dengan volume enzim 30 ml dan waktu hidrolisis 3 hari pada suhu 50 °C menunjukkan konsentrasi glukosa 64,21% dalam 2 ml larutan terhidrolisis. Ini berarti bahwa peningkatan jumlah enzim selulase dan peningkatan waktu hidrolisis dapat meningkatkan kadar glukosa yang dihasilkan selama hidrolisis tandan buah kosong dari kelapa sawit dari mana enzim selulase diproduksi. Konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Nugrahini (2016), yang menemukannya.

Proses fermentasi dilakukan dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, yang dapat hidup dalam kondisi lingkungan yang kaya akan etanol. Hal ini karena dinding sel *S. cerevisiae* terdiri dari 85% polisakarida dan 15% protein. Dinding sel memiliki fungsi utama menjaga tekanan homeostatis sel, melindungi sel dari kerusakan, dan mempertahankan bentuk sel (Akhtar, 2018). Fermentasi glukosa menjadi etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* dipengaruhi oleh pH. Kisaran pH yang sesuai untuk proses

fermentasi adalah 4,0-5,0. Larutan dengan pH kurang dari 4,0 akan memiliki waktu fermentasi yang lebih lama karena perkembangan proses fermentasi yang relatif lambat, namun tidak akan mengurangi jumlah etanol yang dihasilkan. Di sisi lain, ketika pH larutan melebihi 5,0, jumlah etanol berkurang. Diproduksi (Staniszewski, 2007). Inilah proses fermentasi yang optimal untuk mengubah biomassa batang kelapa sawit menjadi bioetanol, yaitu proses fermentasi menggunakan larutan pH 4.0 dengan suhu inkubasi 30°C menggunakan inokulum 10%. 24 jam.

Dengan Quality Function Deployment (QFD) sebagai dasar, tim desain produk memainkan peran penting dalam mendorong keberlanjutan dengan memasukkan persyaratan yang relevan di awal proses desain. Namun, literatur di bidang ini memiliki kesenjangan yang signifikan, terutama mengenai limbah masker. Pertama, dokumen saat ini tidak memperhitungkan persyaratan semua pemangku kepentingan terkait, yang sangat penting untuk keberlanjutan. Kedua, sementara beberapa menawarkan model yang berbeda dari QFD Fuzzy - Multiple Attribute Decision Making (QFDMADM), mereka tidak secara komprehensif membahas saling ketergantungan mendasar dari parameter keputusan dalam QFD. Selain itu, sebagian besar pekerjaan pada QFDMADM terbatas pada perencanaan produk sementara kehilangan kendali atas tahap pengembangan produk selanjutnya. Karena itu, pekerjaan ini mencoba untuk mengisi kesenjangan ini dengan mengusulkan kerangka kerja fuzzy QFDMADM multi-fase terintegrasi yang menggabungkan QFD, Analytical Hierarchy Process (AHP), Evaluasi dan Lab Uji. (DEMATEL) dan Analytical Network Process (ANP) dengan teori himpunan fuzzy.

4. Simpulan

Penggunaan masker merupakan bagian dari upaya pencegahan infeksi secara menyeluruh, yang dilaksanakan melalui jarak sosial, menjaga kebersihan tangan, dan tindakan lain yang membentuk kewaspadaan terpadu untuk mencegah infeksi Covid 19. Akan selesai. Pada kelompok masyarakat yang berisiko tinggi terinfeksi, memakai masker

kain dengan efisiensi filtrasi rendah mungkin lebih baik daripada tidak memakai masker sama sekali. Namun, masker tersebut tidak melindungi individu yang sehat dari risiko terinfeksi virus (Acute & Syndrome, 2020).

Sekali pakai untuk menangani Covid-19, sejalan dengan anjuran terbaru dari Centers for Disease Control and Prevention (CDC) bagi orang sehat untuk memakai masker kain sebagai alternatif yang sederhana, ekonomis dan berkelanjutan. Sediakan Masker Bedah Di fasilitas medis, 19 orang yang terinfeksi dan organ pernapasan N95 dapat diprioritaskan. Intervensi semacam itu dapat menghemat kebutuhan mengingat sumber daya yang terbatas (Susanna Esposito, Nicola Principi, Chi Chi Leung, 2020). Dikarenakan krisis ketersediaan masker untuk tenaga kesehatan seperti masker N95 dan masker non medis, seperti masker kain direkomendasikan untuk digunakan oleh masyarakat (Szepietowska, Krajewski, & Szepietowski, n.d.)

Ada beberapa cara untuk menangani limbah masker, yaitu bagian utama masker (dalam, tengah, luar, dan filter) terbuat dari polipropilen (PP) yang dipirolisis dengan berbagai katalis zeolit (HBeta, HY, dan HZSM-5) untuk membuat BTEX. Masker dipirolisis dalam reaktor unggun tetap, dan gas pirolisis yang dikembangkan dalam reaktor diarahkan ke reaktor sekunder di mana katalis zeolit dimuat. Pirolisis katalitik cepat (CFP) telah dikembangkan untuk menyiapkan senyawa aromatik bernilai tinggi dari zat karbon (misalnya, biomassa dan sampah organik) seperti benzena, toluena, etilbenzena dan xilena (BTEX).

Polypropylene (PP) merupakan komposisi utama masker wajah, sehingga daur ulang limbah masker sama persis dengan daur ulang limbah PP. Sebagai salah satu strategi daur ulang yang paling menjanjikan, karbonisasi katalitik menyediakan cara yang mudah, ekonomis dan efisien untuk menghasilkan nanomaterial karbon dari limbah polimer melalui konversi termokimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan adalah hibrida CNT/Ni, dan rendemen karbon tertinggi adalah 64,4 g/100 g WM. Karena efek sinergis dari CNT dan Ni, hibrida yang dibuat menunjukkan kapasitas penyerapan gelombang mikro yang luar biasa

dari kehilangan pantulan yang kuat sebesar -56,3 dB dan bandwidth lebar 4,3 GHz pada ketebalan 2,0 mm, yang sebanding atau jauh lebih baik daripada kebanyakan hibrida C/Ni lainnya.

Pada dua penelitian yang dilakukan, penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menganalisis perencanaan dan pengembangan produk yang dapat dihasilkan dari limbah masker. Metode yang dapat digunakan adalah Quality Function Deployment (QFD). Secara tradisional, Quality Function Deployment (QFD) telah menjadi kerangka utama untuk desain produk. Namun, karena fokus terbatas QFD konvensional pada kebutuhan pelanggan dan pendekatan analitis kurang memahami dan mengasumsikan kepastian dalam pengambilan keputusan, beberapa pendekatan terpadu untuk desain produk telah diusulkan dalam literatur untuk mengatasi keterbatasan QFD konvensional dalam konteks menciptakan sebuah kerangka kerja untuk desain produk yang berkelanjutan.

5. Referensi

- Acute, S., & Syndrome, R. Recommendations from the Brazilian Society of Nephrology regarding the use of cloth face coverings, by chronic kidney patients. 2020; 9–11.
- Chen, L. H., & Ko, W. C. Fuzzy linear programming models for new product design using QFD with FMEA. *Applied Mathematical Modelling*. 2009; 33(2), 533–647.
- Cordova, M. R. Unprecedented Plastic-Made Personal Protective Equipment (PPE) Debris in River Outlets. *River Outlets*. 2021.
- Dharmaraj, S., Ashokkumar, V., Hariharan, S., Manibharathi, A., Show, P. L., Chong, C. T., & Ngamcharussrivichai, C. The COVID-19 pandemic face mask waste: A blooming threat to the marine environment. *Chemosphere*. 2021; 272.
- Fadare, O. O., & Okoffo, E. D. Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment. *Science of the Total Environment*. 2020; 737.

- Fisher, K. A., Barile, J. P., Guerin, R. J., Vanden Esschert, K. L., Jeffers, A., Tian, L. H., ... Prue, C. E. Factors Associated with Cloth Face Covering Use Among Adults During the COVID 19 Pandemic. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. 2020; 69(28), 933–937.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Pedoman Pengelolaan Limbah Masker di Masyarakat. Jakarta. 2020.
- Korkut, E. N. Estimations and analysis of medical waste amounts in the city of Istanbul and proposing a new approach for the estimation of future medical waste amounts. *Waste Management*. 2018; 81, 168–176.
- Lai, C. C., Shih, T. P., Ko, W. C., Tang, H. J., & Hsueh, P. R. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coronavirus disease-2019 (COVID-19): The epidemic and the challenges. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 2020; 55(3), 105924.
- Masui, K., Sakao, T., Kobayashi, M., & Inaba, A. Applying quality function deployment to environmentally conscious design. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 2003; 20(1), 90–106.
- Minoglou, M., Gerassimidou, S., & Komilis, D. Healthcare waste generation worldwide and its dependence on socio-economic and environmental factors. *Sustainability*. 2017; 9(2).
- Nabila, M. Virus Corona Bertahan 3 Hari, Ini Cara Aman Buang Masker Usai. 2021.
- Ocampo, L. A., Labrador, J. J. T., Jumao-as, A. M. B., & Rama, A. M. O. Integrated multiphase sustainable product design with a hybrid quality function deployment – multi-attribute decision-making (QFD-MADM) framework. *Sustainable Production and Consumption*. 2020; 24, 62–78.
- Otani, S., & Yamada, S. Application of QFDE on greenhouse gas reduction strategy. *International Journal of Quality and Service Sciences*. 2011; 3(3), 285–303.
- Peng, J., Wu, X., Wang, R., Li, C., Zhang, Q., & Wei, D. Medical waste management practice during the 2019-2020 novel coronavirus pandemic: Experience in a general hospital. *American Journal of Infection Control*. 2020; 48(8), 918–921.
- Prata, J. C., Silva, A. L. P., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2021). Disposable over reusable face masks: Public safety or environmental disaster? *Environments – MDPI*. 2021; 8(4), 1–10.
- Putri, I., S. Studi Literatur: Efektivitas Penggunaan Masker Kain dalam Pencegahan Transmisi Covid-19. *Jurnal Kesehatan Manarang*. 2020; 6.
- Sampol, C. Surgical Masks, Respirators, Barrier Masks: Which Masks Actually Protect against Coronavirus? 2020.
- Sangkham, S. Face mask and medical waste disposal during the novel COVID-19 pandemic in Asia. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 2020; 2.
- Susanna Esposito, Nicola Principi, Chi Chi Leung, G. B. M. Universal use of face masks for success against COVID 19: evidence and implications for prevention policies. *European Respiratory Journal*. 2020; 55.
- Szepietowska, M., Krajewski, P., & Szepietowski, J. C. The use of face masks during the COVID-19 pandemic in Poland : a survey study of 2315 young adults.
- Torres, F. G., & De-la-Torre, G. E. (2021). Face mask waste generation and management during the COVID-19 pandemic: An overview and the Peruvian case. *Science of the Total Environment*. 2021; 786.
- Vinodh, S., & Rathod, G. Integration of ECQFD and LCA for sustainable product design. *Journal of Cleaner Production*. 2010; 18(8), 833–842.
- WHO. WHO Director-General’s opening remarks at the media briefing on COVID-19. 2020.

WHO. Advice for the public: Coronavirus disease (COVID-19). 2021.

WHO. Anjuran mengenai penggunaan masker dalam konteks COVID-19. 2020; 3.

Younesi, M., & Roghanian, E. A framework for sustainable product design: a hybrid fuzzy approach based on quality function deployment for environment. *Journal of Cleaner Production*. 2015; 108, 385–394.