

Revitalisasi Pemukiman Kumuh Berbasis Filtrasi Limbah Cair dengan *Pseudomonas aeruginosa* Melalui Program Smart-UV

Mochamad Radika Tory Alifiansyah^{1*}, Qiara Amelia Putri Priyono¹, Mochammad Aqilah Herdiansyah²

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Airlangga, Surabaya 60286

²Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya 60286

*E-mail: mochamad.radika.tory.alifiansyah-2020@ff.unair.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara dengan peringkat 4 populasi terbesar di dunia dengan jumlah penduduk mencapai 273.523.615 jiwa dan angka tersebut masih terus menerus mengalami peningkatan. Peningkatan jumlah penduduk yang terjadi tidak diimbangi dengan perkembangan infrastruktur yang memadai sehingga menyebabkan terjadinya kepadatan penduduk yang tinggi di berbagai daerah, salah satunya adalah kota Surabaya. Kepadatan penduduk menyebabkan timbulnya berbagai masalah, seperti lingkungan kumuh. Implementasi berbagai program kerja telah dilakukan oleh pemerintah pusat guna mengatasi permasalahan lingkungan kumuh. Pemerintah Surabaya telah memberlakukan peraturan dilarang membuang sampah sembarangan dan reboisasi berupa pengadaan taman kota serta memberlakukan kegiatan kerja bakti sungai di setiap desa. Kegiatan tersebut dapat dilihat pada kecamatan Tambaksari Surabaya dan Gubeng yang diinisiasi langsung oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya dari tahun 2017. Akan tetapi, krisis air bersih seringkali menjadi permasalahan utama yang lagi-lagi terjadi di lingkungan kumuh dan padat penduduk. Salah satu solusi alternatif untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah mengimplementasikan Smart-UV. Smart-UV adalah program revitalisasi pada pemukiman kumuh di perkotaan berbasis filtrasi air limbah domestik dengan memanfaatkan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* serta menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memetakan titik lingkungan kumuh yang ada di perkotaan. Tujuan dari penulisan ini adalah menjelaskan konsep, penerapan, dan kelayakan program Smart-UV dalam merevitalisasi pemukiman kumuh di perkotaan. Penelitian ini menggunakan metode literature *study approach* yaitu pendekatan studi kepustakaan dengan mengkaji informasi yang sesuai dengan topik permasalahan. Konsep Smart-UV sendiri memanfaatkan organisme biologis berupa bakteri *P. aeruginosa* dalam melakukan filtrasi air limbah domestik yang ada di kawasan pemukiman kumuh. Air hasil filtrasi tersebut disimpan dalam sebuah tandon besar untuk digunakan dalam keperluan kegiatan warga sekitar. Guna memudahkan pemetaan kawasan pemukiman kumuh, digunakan SIG yang mampu mendeteksi kondisi suatu wilayah berdasarkan kontur tanah, curah hujan, dan berbagai faktor keruangan geografi lainnya. Penerapan program Smart-UV dilakukan dengan tujuan untuk mengatasi krisis air bersih dan mengurangi polutan yang ada di sungai-sungai Indonesia. Adanya sistem terpadu berupa Smart-UV menjadi harapan baru bagi masyarakat setempat untuk dapat menyelesaikan permasalahan terkait krisis air bersih serta memanfaatkan air bersih guna kebutuhan peningkatan kesejahteraan masyarakat.

Kata Kunci: Limbah Domestik, Pemukiman Kumuh, *Pseudomonas aeruginosa*, Sistem Informasi Geografis, Smart-UV

Abstrack

Indonesia is the country with the 4th largest population in the world with a population reaching 273,523,615 people and this figure is still continuously increasing. The increase in population that has occurred has not been matched by adequate infrastructure development, resulting in high population density in various regions, one of which is the city of Surabaya. Population density causes various problems, such as slum environments. The central government has implemented various work programs to overcome slum environmental problems. The Surabaya government has implemented regulations prohibiting littering and reforestation in the form of providing city parks and implementing river community service activities in every village. This activity can be seen in the Tambaksari Surabaya and Gubeng sub-districts, which was initiated directly by the Surabaya City Environmental Service in 2017. However, the clean water crisis is often the main problem which again occurs in slum and densely populated areas. One alternative solution to solve this problem is to implement Smart-UV. Smart-UV is a revitalization program in urban slum settlements based on domestic wastewater filtration using *Pseudomonas aeruginosa* bacteria and using a Geographic Information System (GIS) to map slum neighborhood points in urban areas. The purpose of this writing is to explain the concept, application and feasibility of the Smart-UV program in revitalizing slum settlements in urban areas. This research uses the

literature study approach method, namely a literature study approach by examining information that is appropriate to the problem topic. The Smart-UV concept itself utilizes biological organisms in the form of P. aeruginosa bacteria to filtrate domestic wastewater in slum residential areas. The filtered water is stored in a large tank to be used for local residents' activities. To facilitate mapping of slum areas, GIS is used which is able to detect the condition of an area based on land contours, rainfall and various other geographic spatial factors. The implementation of the Smart-UV program was carried out with the aim of overcoming the clean water crisis and reducing pollutants in Indonesian rivers. The existence of an integrated system in the form of Smart-UV is a new hope for local communities to be able to solve problems related to the clean water crisis and utilize clean water to improve community welfare.

Keywords: Domestic Waste, Geographic Information System, *Pseudomonas aeruginosa*, Slums, Smart-UV

1. PENDAHULUAN

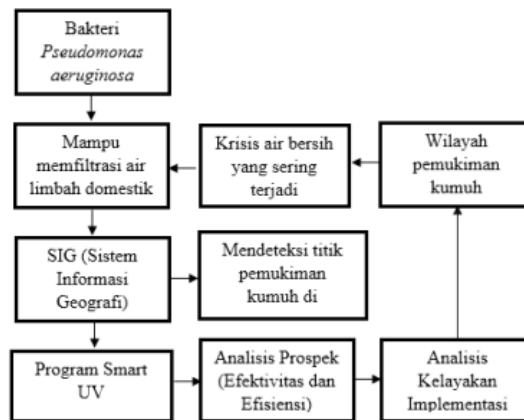
Indonesia merupakan negara kepulauan strategis yang terletak di Asia Tenggara dengan luas wilayah yang membentang dari Sabang sampai Merauke. Di samping wilayahnya yang luas, Indonesia juga menempati peringkat 4 populasi terbesar di dunia dengan jumlah penduduk mencapai 273.523.615 jiwa (BPS, 2020). Proyeksi jumlah penduduk tersebut diperkirakan akan terus meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan jumlah penduduk yang tidak diimbangi dengan ketersediaan infrastruktur yang memadai dapat memunculkan berbagai permasalahan, salah satunya adalah kepadatan penduduk. Selama ini, kepadatan penduduk telah menjadi permasalahan umum yang terjadi di daerah perkotaan. Kepadatan penduduk menyebabkan lingkungan menjadi kumuh dan tak layak huni sehingga tak jarang menimbulkan berbagai permasalahan seperti krisis air bersih. Sebuah penelitian yang bersumber dari Cahyo dkk (2016) menyebutkan bahwa kebutuhan manusia akan air tidak dapat terpisahkan dan menjadi kebutuhan sangat penting yang harus dipenuhi. Akan tetapi, Badan Pusat Statistik pada tahun 2019 menunjukkan bahwa terdapat sekitar 14,03% atau sekitar 36,5 juta penduduk belum mendapat akses air bersih yang layak. Pada beberapa kota besar di Indonesia seperti Kota Surabaya, kebutuhan akan air bersih terus menipis seiring dengan perkembangan jumlah penduduknya. Permasalahan krisis air bersih diperkirakan akan terus meningkat dalam beberapa tahun ke depan apabila tidak ditangani secara serius.

Salah satu studi menyebutkan bahwa pada salah satu wilayah di Surabaya yaitu Kecamatan Simokerto tercatat 1.186 kepala keluarga atau sekitar 26,6% masih membuang air limbah domestik (*black water* dan *grey water*) langsung ke saluran drainase tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu (Setiawati, 2016). Apabila air limbah domestik yang dibuang berlebihan dan melebihi kemampuan alam untuk menerimanya, maka akan merusak lingkungan sekitarnya (Wulandari, 2014). Hal ini juga masih belum sesuai dengan target Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2015- 2019 yakni 100 : 0 : 100, dimana 100% dalam pelayanan air bersih, 0% kawasan permukiman kumuh, dan 100% sanitasi yang layak. Oleh karena itu, diperlukan solusi alternatif yang terintegrasi secara maksimal untuk menyelesaikan permasalahan air bersih di Indonesia. Smart-UV merupakan program revitalisasi pemukiman kumuh dan padat penduduk perkotaan di Indonesia. Basis Smart-UV sendiri didasarkan pada filtrasi air limbah domestik dengan memanfaatkan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan dukungan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memetakan titik lingkungan kumuh yang ada di perkotaan. *Pseudomonas aeruginosa* sebagai bakteri gram negatif yang memiliki sifat aerob obligat, memiliki kapsul, dan berflagela polar serta motil terbukti pada beberapa penelitian terdahulu mempunyai kemampuan dalam mendegradasi limbah cair. Berdasarkan sebuah penelitian yang dilakukan oleh Shah (2017) menyebutkan bahwa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* memiliki potensial besar dalam mendegradasi limbah cair dibuktikan dengan pengurangan limbah setelah pemberian isolat pada hasil uji coba. Selain itu, berdasarkan penelitian komparatif yang dilakukan oleh Hesnawi dkk (2014) menyebutkan bahwa bakteri komersial seperti *Pseudomonas aeruginosa* dapat secara maksimal bekerja di sungai dengan kultur strain perkembangbiakan yang berasal dari limbah sisa seperti Oleh karena itu, pemanfaatan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam Smart-UV diharapkan dapat mampu untuk mendegradasi limbah cair di pemukiman kumuh Indonesia. Hal ini juga didukung dengan adanya SIG untuk memetakan posisi sungai yang menjadi masalah pemukiman kumuh. Pemanfaatan SIG memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan, menjelajah, melakukan query, dan menganalisa wilayah kumuh (Wibowo dkk, 2015). Dengan adanya SIG, program Smart-UV dapat lebih akurat dan dapat mengatasi lebih banyak permasalahan kumuh di Indonesia. Efektivitas dan efisiensi Smart-UV dalam penerapan di daerah pemukiman kumuh perkotaan dapat menjadi inovasi terbaru dalam mewujudkan *Sustainable Development Goals (SDGs)* Indonesia. Pengkajian lebih lanjut mengenai gagasan baru pengembangan, analisis prospek, dan kelayakan program Smart-UV dalam upaya revitalisasi pemukiman kumuh perkotaan di Indonesia perlu untuk dilakukan dalam misi untuk mewujudkan *SDGs* Indonesia kedepannya. Sementara itu, manfaat dari adanya program ini secara teoritis dapat meningkatkan variasi ilmu pengetahuan tentang pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan mikroorganisme dalam kehidupan sehari-hari serta secara praktis sebagai inovasi program alternatif masa depan dalam upaya revitalisasi pemukiman kumuh perkotaan di Indonesia berbasis air limbah domestik.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penulisan karya ilmiah tulis ini adalah literature study approach. Metode study literature approach adalah pendekatan studi kepustakaan dengan mengkaji informasi yang sesuai dengan permasalahan, yakni kepadatan penduduk yang menyebabkan lingkungan menjadi kumuh sehingga memunculkan permasalahan krisis air bersih, pemanfaatan *Pseudomonas aeruginosa* dengan prinsip bioremediasi untuk mengolah limbah domestik, dan SIG untuk mendeteksi titik wilayah kumuh yang ada di perkotaan dengan cara mengumpulkan data-data yang dibutuhkan melalui buku referensi, artikel ilmiah berupa disertasi dan skripsi, dan jurnal nasional maupun internasional yang sesuai dengan tema terkait revitalisasi pemukiman kumuh perkotaan berbasis air filtrasi limbah domestik, bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, dan pemetaan SIG.

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian adalah induktif konseptual dan analisis komparatif. Induktif konseptual dilakukan dengan penimbangan fakta serta informasi yang terkumpul untuk membangun konsep, hipotesis dan teori. Fakta diawali dengan masalah peningkatan penduduk Indonesia yang mengakibatkan sulitnya mendapatkan air bersih dan tingginya pencemaran air di Indonesia. Fakta tersebut didukung oleh adanya analisis data berupa analisis komparatif yang bertujuan untuk membandingkan alternatif upaya yang sudah ada sebelumnya dengan ide baru mengenai pemanfaatan *Pseudomonas aeruginosa* dan SIG sebagai upaya revitalisasi pemukiman limbah kumuh perkotaan di Indonesia. Aspek yang dibandingkan meliputi aspek efektivitas dan efisiensi dengan pemecahan masalah yang sudah ada (Gambar 1).



Gambar 1. Kerangka berpikir program Smart-UV

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Padatnya pemukiman penduduk di kota-kota besar merupakan sebuah tantangan yang harus ditangani dengan baik oleh segenap lapisan masyarakat di Indonesia. Akan tetapi, masih banyak sekali pemukiman padat penduduk di beberapa kota tidak ditangani dengan baik sehingga memicu munculnya permasalahan sosial berupa pemukiman kumuh dan krisis air bersih. Berbagai kebijakan pemerintah telah diberikan dalam upaya untuk mengatasi permasalahan pemukiman kumuh perkotaan di Indonesia ini. Namun, berdasarkan data penelitian yang bersumber dari Ervianto dkk (2019) menyebutkan bahwa luas pemukiman kumuh di Indonesia mencapai 38.431 Ha dengan jumlah kawasan kumuh mencapai 3.193 kawasan. Hal ini merupakan sebuah fakta yang miris mengingat laju pembangunan infrastruktur yang tinggi di ibukota tidak sebanding dengan pembangunan kawasan pemukiman penduduk di Indonesia. Selain itu, menurut Badan Pusat Statistik pada tahun 2017 memproyeksikan komposisi laju pertumbuhan penduduk setiap tahunnya di kota juga terus meningkat (Gambar 2).

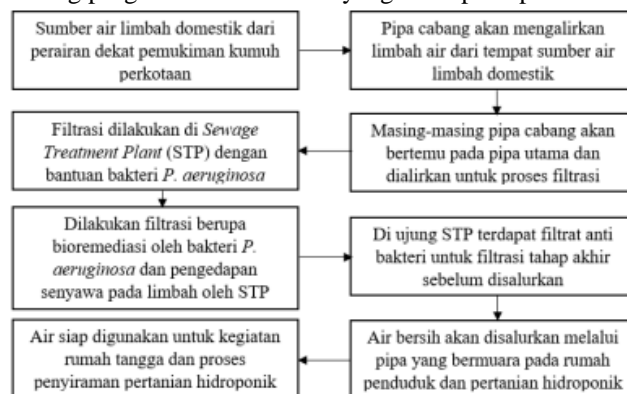


Gambar 2. Proyeksi komposisi laju pertumbuhan penduduk (Sumber: Badan Pusat Statistik, 2017)

Berdasarkan fakta tersebut diperlukan kajian program secara komprehensif tentang program kerja yang tepat untuk diterapkan dalam pemukiman kumuh di daerah perkotaan. Perumusan kebijakan ditambah dengan penerapan IPTEK yang tepat diperlukan dalam merevitalisasi pemukiman kumuh tersebut. Oleh karena itu, dilakukan pengembangan program Smart-UV untuk merevitalisasi pemukiman kumuh perkotaan di Indonesia berbasis filtrasi air limbah domestik dengan bantuan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan pemetaan Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG merupakan suatu sistem yang mengorganisir data wilayah beserta penggunaannya yang mencakup lebih jauh beberapa aspek daripada sekedar menyajikannya (Ariyanti dkk, 2020). Keberhasilan SIG sendiri didasarkan pada tiga faktor utama yaitu keserasian dan mutu data, pengorganisasian data, serta tata cara penggunaannya (Sari dkk, 2021). SIG sebagai salah satu bentuk informasi berbasis komputer yang dapat diaplikasikan untuk pengelolaan pemasukan, penyimpanan, manipulasi, pembaruan, analisis, dan penyajian data-data bereferensi geografis telah mengalami berbagai pengembangan dalam beberapa dekade terakhir sehingga penting kegunaannya untuk kemutakhiran data geografis (Ashadi, 2019).

Implementasi SIG pada bidang pemetaan wilayah utamanya kawasan pemukiman kumuh di perkotaan dapat menjadi salah satu solusi mutakhir apabila dipadukan dengan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* untuk filtrasi air limbah domestik di kawasan kumuh tersebut. *Pseudomonas aeruginosa* adalah salah satu kelompok bakteri Gram-negatif yang termasuk dalam famili Pseudomonadaceae dengan kemampuan bertahan hidup di berbagai lingkungan (Silby et al., 2011). Genom *Pseudomonas aeruginosa* (5,5–7 Mbp) relative lebih besar dibandingkan dengan sekuens bakteri lainnya seperti *Bacillus subtilis* (4,2 Mbp), *Escherichia coli* (4,6 Mbp) dan *Mycobacterium tuberculosis* (4,4 Mbp). Bakteri ini mengkodekan lebih banyak proporsi bagian dari enzim pengatur yang penting untuk metabolisme, transportasi penghabisan senyawa organik. Pengkodean ini memungkinkan genom dari *Pseudomonas aeruginosa* untuk memiliki fleksibilitas metabolisme yang besar dan kemampuan beradaptasi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan (Klockgether dkk., 2011; Stover dkk., 2000). Kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan membuat bakteri ini berpotensi untuk diterapkan dalam berbagai kondisi dan berguna untuk proses filtrasi limbah cair berbahaya di perairan. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam menguraikan polutan berbahaya yang ada di dalam limbah domestik. *Pseudomonas aeruginosa* mampu menekan kadar fosfat yang ada di dalam limbah rumah sakit dengan persentase sebesar 47,30 % (Litaay, 2013). Penelitian lain menunjukkan bahwa *Pseudomonas aeruginosa* strain CMG103 memiliki beberapa gen yang berfungsi untuk mengekspresikan protein yang menyebabkan bakteri menjadi resisten logam Cd (Hassan et al., 1999). Selain itu, biomassa *Pseudomonas aeruginosa* yang telah mati juga memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mengadsorpsi logam Cd dan Pb dalam suatu larutan (Karimpour et al., 2018).

Prinsip dasar pembuatan program Smart-UV berasal dari sungai yang memiliki kandungan air limbah domestik. Limbah domestik atau limbah B3 merupakan permasalahan yang sering menjadi akar permasalahan kumuhnya pemukiman di perkotaan. Berdasarkan hasil pemantauan limbah domestik oleh Kementerian Lingkungan Hidup (2019) menunjukkan bahwa total limbah B3 yang dihasilkan mencapai 44.939.612,36 ton dengan rincian sebanyak 44.883.734,20 ton dikelola oleh pemerintah dan 228.410,30 ton tidak dikelola dengan baik sehingga menimbulkan pencemaran air di sekitar area pemukiman. Hal tersebut menandakan bahwa terdapat potensi untuk dapat melakukan pengelolaan kembali air limbah domestik di kawasan pemukiman kumuh dengan menggunakan sistem filtrasi. Tujuan proses filtrasi ini adalah untuk memisahkan air dengan kotoran/logam berat hasil industri yang membahayakan serta untuk menghasilkan air bersih guna kegiatan rumah tangga kembali. Selain itu, air hasil filtrasi juga digunakan untuk kegiatan pertanian hidroponik guna menyokong perekonomian warga pemukiman dan mendukung program climate action yang diterapkan pemerintah (Gambar 3).



Gambar 3. Diagram alur konsep Smart-UV

Pada awalnya, sumber air limbah domestik yang berasal dari perairan dekat pemukiman kumuh perkotaan akan dialirkan pada sebuah pipa cabang. Pipa-pipa cabang ini akan bertemu pada sebuah pipa utama besar yang akan menyalurkan air limbah domestik menuju *Sewage Treatment Plant* (STP) dan akan dilakukan tiga tahap

pengolahan. Tahap pengolahan tersebut antara lain bioremediasi oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, pengendapan hasil penguraian senyawa pada limbah oleh STP, dan filtrasi antibakteri untuk memastikan air hasil pengolahan bebas bakteri dan layak untuk digunakan. Setelah itu, air hasil filtrasi limbah domestik akan disalurkan kembali menuju pipa dan bermuara pada rumah penduduk untuk digunakan dalam kegiatan rumah tangga serta pertanian hidroponik. Sistem Informasi Geografis (SIG) digunakan untuk memetakan wilayah pemukiman kumuh di Indonesia. Adanya SIG dalam Smart-UV memudahkan untuk mengetahui serta menargetkan prioritas wilayah yang akan dilakukan revitalisasi.

Pemakaian *Sewage Treatment Plant* (STP) dengan tambahan filtrat antibakteri dilakukan untuk menyaring secara lebih lanjut agar bakteri digunakan tidak menjadi polutan tambahan dan mengganggu ekologi mikroba setelah program Smart-UV diterapkan. Secara teknis, pemakaian STP dengan membran filtrat bertenaga tinggi memudahkan pekerjaan dalam menyaring secara lebih akurat, tepat dan praktis. Sementara itu, secara ekonomis, memang penggunaan STP pada awalnya memakan banyak biaya, tetapi seiring dengan pertambahan tahun, penerapan program Smart-UV dengan STP dapat menguntungkan banyak pihak untuk mengurangi limbah cair di perairan Indonesia.

Analisis prospek program Smart-UV dalam upaya revitalisasi pemukiman kumuh perkotaan di Indonesia didasarkan pada indikator efektivitas dan efisiensi yang dibandingkan dengan program revitalisasi pemukiman kumuh lainnya. Dari segi efektivitas dapat ditinjau dari penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) pada pelaksanaan program Smart-UV. Luasnya wilayah perkotaan menyebabkan klasifikasi titik pemukiman kumuh sulit dilakukan secara manual. Klasifikasi titik pemukiman kumuh di perkotaan bertujuan untuk memprioritaskan titik wilayah mana yang akan dilakukan revitalisasi terlebih dahulu. Dengan adanya SIG, maka prioritas titik wilayah pemukiman kumuh dapat ditentukan sehingga bisa sesegera mungkin dilakukan revitalisasi. Berbeda halnya dengan program lain yang tidak menggunakan SIG, pelaksanaan revitalisasi di wilayah perkotaan kurang efisien karena tidak tahu wilayah mana yang mendapat prioritas untuk dilakukan revitalisasi. Dari segi efisiensi dapat ditinjau dari pengimplementasian bioteknologi lingkungan yaitu bioremediasi dengan memanfaatkan mikroorganisme *Pseudomonas aeruginosa* untuk menguraikan polutan-polutan yang ada di dalam limbah domestik. Salah satu kemampuan *Pseudomonas aeruginosa* untuk melakukan bioremediasi adalah dengan berperan sebagai bioadsorben yang cukup efektif dalam mengadsorpsi logam Cu, Cd, Pb dari limbah air domestik (Chang et al., 1997). Pemanfaatan mikroorganisme dalam pengolahan limbah domestik termasuk ke dalam pengolahan secara biologis. Pengolahan secara biologis dianggap sebagai pengolahan limbah yang paling murah, efisien, dan efektif bila dibandingkan dengan pengolahan limbah secara fisika dan kimia (Tjokrokusumo, 1995). Dengan adanya program Smart-UV, maka krisis air bersih di wilayah pemukiman dapat ditekan secara lebih efektif dan efisien. Hal tersebut tentu mendukung upaya revitalisasi di wilayah pemukiman kumuh sehingga terjadi peningkatan kualitas kehidupan masyarakat di lingkungan tersebut.

Pemilihan pengolahan biologis menggunakan agen biologis berupa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* sebagai bakteri gram negatif berkapsul yang memiliki flagella polar serta bersifat motil didasarkan pada beberapa jurnal pendahulu yang menunjukkan bahwa bakteri jenis ini memiliki kemampuan dalam mendegradasi bahan limbah cair di daerah perairan. Sifat bakteri yang motil dan mampu mendekomposisi material limbah cair sehingga aman bagi lingkungan. Selain itu, residu yang dihasilkan dari dekomposisi limbah cair oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* tidak berbahaya bagi lingkungan. Produk residu berupa lumpur kemudian akan di salurkan menuju saluran yang terpasang dengan *Sewage Treatment Plant* (STP) untuk diuraikan dalam alat hingga benar-benar larut. Selanjutnya, hasil endapan akan dikembalikan ke sungai.

Kelayakan program Smart-UV apabila diterapkan di Indonesia sebagai upaya untuk mengatasi pemukiman kumuh perkotaan di Indonesia didasarkan pada adanya *impact* positif yang didapat dari implementasi penerapan revitalisasi pemukiman kumuh perkotaan di Indonesia berbasis filtrasi air limbah domestik dengan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* menggunakan pemetaan Sistem Informasi Geografis (SIG). Salah satu faktor penyebab terjadinya pemukiman kumuh adalah adanya ketersediaan air bersih yang tidak merata. Badan Pusat Statistik (2019) menunjukkan data bahwa terdapat sekitar 14,03% atau sekitar 36,5 juta penduduk belum mendapat akses air bersih yang layak. Selain sistem pengelolaan air limbah yang tidak memenuhi 23 persyaratan teknis, prasarana dan sarana pengelolaan air limbah yang tidak memenuhi persyaratan teknis juga merupakan salah satu faktornya. Oleh karena itu, perlu adanya peningkatan terkait inovasi akses program pengelolaan air limbah yang efektif dan efisien serta mudah untuk diterapkan.

Smart-UV merupakan program alternatif dalam revitalisasi pemukiman kumuh dan padat penduduk perkotaan di Indonesia. Adanya penggunaan 3in1 dalam suatu alat *Sewage Treatment Plant* (STP) mampu menjadi solusi terbaik dalam mengatasi masalah pemukiman kumuh perkotaan di Indonesia. *Sewage Treatment Plant* (STP) dikombinasikan dengan salah satu penerapan bioteknologi yaitu bioremediasi memanfaatkan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* sebagai pendegradasi dan dilanjutkan dengan penggunaan filtrasi antibakteri. Implikasi penggunaan Smart-UV sebagai inovasi terbaru dalam mewujudkan *Sustainable Development Goals* (SDGs) ke-11 Indonesia yaitu "kota dan pemukiman yang berkelanjutan". Selain itu, adanya penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) mampu menginterpretasikan terkait ketepatan sasaran Smart-UV dalam mengatasi

masalah permukiman kumuh perkotaan di Indonesia.

Air bersih yang dihasilkan telah melewati tiga kali filter dalam satu alat yakni *Sewage Treatment Plant* (STP). Air bersih akan disalurkan ke pemukiman warga untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga. Selain itu, air bersih tersebut dapat digunakan sebagai perairan hidroponik yang sekaligus menjadi sumber pendapatan bagi warga sekitar. Penggunaan program Smart-UV perlu adanya dukungan dari pemerintah dan edukasi terkait pengenalan Smart-UV kepada masyarakat. Adanya dukungan dari kedua pihak tersebut, maka program Smart-UV dapat meningkatkan kesejahteraan terkait kualitas hidup masyarakat. Hal ini merujuk pada visi Indonesia Emas 2045 pilar pertama yaitu pembangunan manusia dan penguasaan iptek.

Tantangan dari penerapan program Smart-UV sebagai upaya revitalisasi adalah biaya pelaksanaan program yang masih besar sehingga perlu adanya kerja sama dengan pemerintah untuk membantu terkait pendanaan dalam mempermudah dan memperlancar pelaksanaan program Smart-UV sebagai upaya revitalisasi pemukiman kumuh perkotaan di Indonesia.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan berbagai pemaparan yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa gagasan baru pengembangan program Smart-UV sebagai program unggulan dalam upaya revitalisasi pemukiman kumuh perkotaan di Indonesia dinilai efektif dan efisien untuk diterapkan di Indonesia. Penerapan program Smart-UV dapat menyempurnakan program-program sebelumnya yang telah dilakukan dengan integrasi beberapa komponen penting untuk filtrasi limbah cair di perairan Indonesia. Program Smart-UV layak untuk diimplementasikan karena mampu mengintegrasikan tiga unsur penting dalam pengembangan teknologi berupa Sistem Informasi Geografis (SIG), bioremediasi oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Sewage Treatment Plant* (STP) sebagai inovasi terbaru dalam mewujudkan *Sustainable Development Goals* (SDGs) ke-11 Indonesia yaitu “kota dan pemukiman yang berkelanjutan” dan merujuk pada visi Indonesia Emas 2045 pilar pertama yaitu pembangunan manusia dan penguasaan iptek.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anwari, A., & Makruf, M. (2019). PEMETAAN WILAYAH RAWAN BAHAYA BANJIR DI KABUPATEN PAMEKASAN BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG). *Network Engineering Research Operation*, 4(2).
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2019). Persentase Rumah Tangga Yang Memiliki Akses Terhadap Layanan Sumber Air Minum Layak Dan Berkelanjutan (40% Bawah), Menurut Daerah Tempat Tinggal (Persen), 2017-2019. <https://www.bps.go.id/indicator/23/1556/1/persen-tase-rumah-tangga-yangmemiliki-akses-terhadap-layanan-sumber-air-minum-layak-dan-berkelanjutan40-bawah-menurut-daerah-tempat-tinggal.html>, diakses pada tanggal 18 Juni 2023
- Cahyo, Pujo Nur, dkk. (2016). Pengaruh Potensi Sumber Daya Air Terhadap Pola Penggunaan Kebutuhan Domestik Di Kecamatan Eromoko Kabupaten Wonogiri. (ISSN: 0215-1790) *MGI* Vol.30, No.2, Hal 196-206.
- Chellaiah, E. R. (2018). Cadmium (heavy metals) bioremediation by *Pseudomonas aeruginosa*: a minireview. *Applied Water Science*, 8(6).
- Hesnawi dkk. 2014. Biodegradation of municipal wastewater with local and commercial bacteria. *Procedia Engineering*, 70(1): 810-814.
- Kencanawati, C. I. P. K. (2016). Sistem Pengelolaan Air Limbah. *Sistem Pengolahan Air Limbah*, (7473), 1–55.
- Klockgether, J., Cramer, N., Wiehlmann, L., Davenport, C.F., Tummler, B., 2011. *Pseudomonas aeruginosa* Genomic Structure and Diversity. *Front Microbiol* 2(1), 150
- L. Ariyanti, M. N. D. Satria, and D. Alita. (2020). “Sistem Informasi Akademik Dan Administrasi Dengan Metode Extreme Programming Pada Lembaga Kursus Dan Pelatihan,” *J. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 90–96.
- Nrior, R. R., & Inweregbu, A. O. (2019). Bioremediation Potential of *Pseudomonas aeruginosa* KX828570 on Crude Oil Spill Polluted Marshland and Terrestrial Soil Treated with Oil Spill Dispersant. *Journal of Advances in Microbiology*, 1– 15.
- R. Sari, F. Hamidy, and S. Suaidah. 2021. “SISTEM INFORMASI AKUNTANSI PERHITUNGAN HARGA POKOK PRODUKSI PADA KONVEKSI SJM BANDAR LAMPUNG,” *J. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 65–73.
- Shah, M. 2017. Bioremedial application of *Pseudomonas aeruginosa* in waste water treatment. *Austin Journal of Biotechnology & Bioengineering*, 4(1): 1-4.
- Silby, M.W., Winstanley, C., Godfrey, S.A., Levy, S.B., Jackson, R.W., 2011. *Pseudomonas* genomes: diverse and adaptable. *FEMS Microbiol Rev* 35, 652– 680.
- Stover, C.K., Pham, X.Q., Erwin, A.L., Mizoguchi, S.D., Warrenner, P., et al., 2000. Complete genome sequence of *Pseudomonas aeruginosa* PAO1, an opportunistic pathogen. *Nature*, 406, 959–964.
- Suud, B., & Navitas, P. (2015). Faktor-faktor penyebab kekumuhan permukiman di Kelurahan Tanah

- Kalikedinding, Kecamatan Kenjeran, Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 33–35.
- Wayoi, G. P. F. (2018). *Bioremediasi Air Laut Terkontaminasi Limbah Minyak Menggunakan Bakteri Pseudomonas aeruginosa*. Tugas Akhir, 1–5.
- Wibowo dkk. 2015. Sistem informasi geografis (SIG) menentukan lokasi pertambangan batubara di Provinsi Bengkulu berbasis website. *Jurnal Media Infotama*, 11(1): 51-59.
- Wulandari, Puji Retno. 2014. *Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju – Sumatera Selatan)*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya, Volume 2 Nomor 3.