

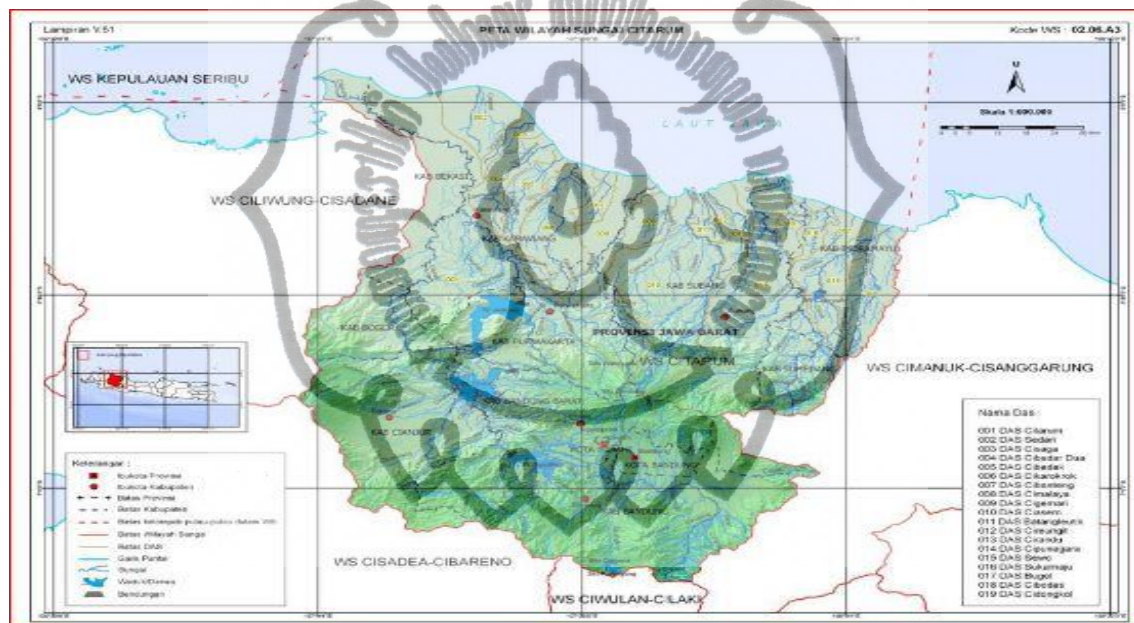
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji penelitian ini meliputi hasil uji laboratorium kondisi pencemaran di Sungai Citarum dengan berbagai parameter, uji laboratorium optimasi variasi adsorben Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif baik secara tunggal maupun majemuk (*compound*) dengan parameter uji kimia, fisika dan bakteriologi. Pengambilan sampel air dilakukan secara komposit dari titik-titik lokasi penelitian yang telah ditetapkan 4 titik lokasi yaitu Sebelum Bendungan Walahar (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2). Masing-masing titik dilakukan pengambilan sampel air secara komposit yaitu di permukaan, tengah dan dasar Sungai Citarum agar merepresentasikan kondisi yang sebenarnya di lokasi penelitian. Pengujian air di laboratorium digunakan rangkaian alat secara sistem kontinyu menggunakan laju aliran dari sampel air yang dibawa ke laboratorium. Seluruh titik sampel air dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali untuk setiap perlakuan. Pengujian hasil analisis laboratorium dengan uji *analisis of varian (anova)* yaitu dengan uji R regresi linier dan uji F dengan aplikasi SPSS versi 25. Uji yang dilakukan meliputi uji R atau uji linieritas berfungsi untuk mengetahui sejauh mana pengaruh variasi komposisi adsorben terhadap kualitas air pada Sungai Citarum dan uji F dilakukan untuk mengetahui apakah adanya pengaruh signifikan antara variasi komposisi adsorben terhadap kualitas air pada Sungai Citarum.

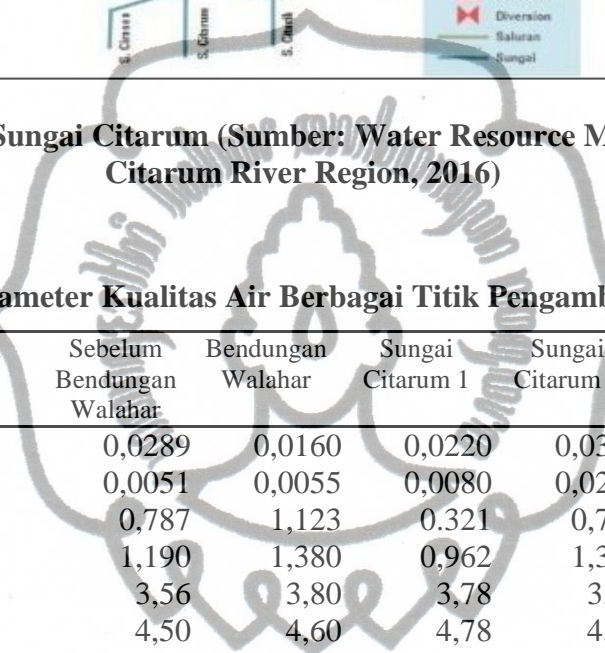
Untuk menguji persepsi masyarakat terhadap Sungai Citarum dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada 100 responden di sekitar aliran Sungai Citarum di wilayah Kabupaten Karawang. Kuesioner terdiri dari 4 bagian pertanyaan meliputi masalah persepsi masyarakat, partisipasi masyarakat, sosio-ekonomi dan masalah limbah dan sanitasi. Untuk masalah persepsi masyarakat sebanyak 10 pertanyaan, masalah partisipasi masyarakat sebanyak 10 pertanyaan, masalah sosio-ekonomi sebanyak 10 pertanyaan dan masalah sanitasi dan limbah sebanyak 15 pertanyaan. Kuesioner kemudian diuji validitasnya dengan uji *Chi Square* dan uji reliabilitas kuesioner dengan uji metode *Cronbach's Alpha*. Sebagai analisis lingkungan akan ditambahkan analisa terhadap lingkungan berupa informasi kegiatan usaha di sepanjang Sungai Citarum Wilayah Karawang serta data-data penunjang lainnya. Hal ini untuk menunjang keterkaitan antara faktor Abiotik (A), faktor Biotik (B) dan Culture-nya (C). Analisis disajikan secara deskriptif, objektif dan komprehensif.

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, maka diperoleh hasil-hasil penelitian dan pembahasannya sebagai berikut.

Pencemaran yang terjadi pada Sungai Citarum dapat diidentifikasi dari sampel air yang diambil dari keempat titik lokasi dengan cara menguji parameter logam berat (Fe, Mn, Cu dan Pb), parameter BOD, parameter COD, uji bakteriologi (uji total *coliform* dan uji *E. coli*) serta uji fisika (TDS). Pengambilan sampel meliputi di lokasi Sebelum Bendungan Walahar (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2). Gambar aliran dan hasil uji parameter tersebut dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6 dan Tabel 4.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber: Water Resources Management Plan of Citarum River Region, 2016)



Citarum River Region, 2016)

Tabel 1. Parameter Kualitas Air Berbagai Titik Pengambilan Sampel

Uji Parameter	Satuan	Sebelum Bendungan Walahar	Bendungan Walahar	Sungai Citarum 1	Sungai Citarum 2	Standar baku mutu kelas 1
Fe	ppm	0,0289	0,0160	0,0220	0,0300	0,3
Mn	ppm	0,0051	0,0055	0,0080	0,0200	0,1
Cu	ppm	0,787	1,123	0,321	0,787	0,02
Pb	ppm	1,190	1,380	0,962	1,337	0,03
BOD	ppm	3,56	3,80	3,78	3,87	2
COD	ppm	4,50	4,60	4,78	4,98	10
Total	jml/ml	25001	25001	25001	18330	1000
Coliform						
<i>E.coli</i>	jml/ml	1100	700	300	400	0
TDS	ppm	204	214	217	211	1000
Kekeruhan	NTU	35	30	29	33	30
pH		7,1	6,9	7,2	7,0	6-9

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Tabel 4 tersebut menunjukkan bahwa 5 parameter yaitu logam Fe, Mn, COD, TDS, kekeruhan dan pH telah memenuhi baku mutu air dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001. Nilai COD pada penelitian ini berkisar 4,5 ppm-4,98 ppm lebih kecil dibandingkan nilai COD Sungai Citarum 2012 berkisar 5 ppm sampai 425,2 ppm (Arief *et al.*, 2012). Kualitas kekeruhan dan pH dari Tabel 4 penelitian ini lebih baik dibandingkan kekeruhan dan pH Sungai Citarum tahun 2015 berturut turut berkisar 30,93 NTU- 47,50 NTU dan 5,30- 5,72 (Ramadhan *et al.*, 2015).

Peningkatan kualitas air Sungai Citarum ini disebabkan oleh program Citarum Harum. Program Citarum Harum ini telah tertuang pada Peraturan Presiden Nomor 15 Tahun 2018 Tentang Percepatan Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Daerah Aliran Sungai Citarum. Program ini dibawah komando Pangdam III Siliwangi dan Gubernur Jawa Barat dan dalam pengawasannya diawasi oleh aparat TNI menyebabkan industri atau warga sekitar mulai mengurangi pembuangan limbah atau sampah di sekitar Sungai Citarum. Hal ini juga diperkuat dengan pernyataan Gubernur Jawa Barat bahwa kemajuan perbaikan Sungai Citarum mencapai 30% dari target setelah dua tahun berjalan (Tempo, 18 Oktober 2019).

Hasil pada Tabel 4 menunjukkan telah terjadi pencemaran pada parameter Logam Pb, Cu, BOD, *E. coli* dan total coliform. Pencemaran logam Pb dapat berasal dari aktivitas manusia atau dari gejala alam (*geogenic* dan atau *biogenic*) (Wei dan Yang, 2010). Penyebab lainnya adalah logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan terikat dengan sedimen, selain itu dimungkinkan logam berat yang terdapat dalam sedimen sudah terakumulasi dalam waktu yang lama sebelum pengambilan sampel, sehingga pada saat dilakukan analisis kandungan Pb pada Sungai Citarum menunjukkan kadar yang tinggi (Henu, *et al.* 2015). Kadar Cu juga lebih tinggi dari ambang batas baku mutu standar, hal ini disebabkan oleh pencemaran yang bersumber dari limbah padat akibat buangan limbah pabrik atau kegiatan perusahaan di sekitar Sungai Citarum yang mengolah limbah kurang baik atau bahkan tidak ada pengolahan limbah. Kadar *E.coli* dan total *coliform* yang tinggi diakibatkan dari dari 100 responden yang diwawancarai, 23 orang diantaranya belum memiliki *septic tank* sendiri di rumahnya. Masyarakat yang belum memiliki *septic tank* mengalirkan buangan dari WC maupun limbah cair rumah tangga ke selokan, baik secara terpisah maupun tidak. Selain itu, masih banyak masyarakat yang membuang limbah cair dari rumah tangganya tidak ke dalam *septic tank* yang ada di rumahnya, akan tetapi ke selokan yang ada di sekitarnya. Akibat dari pembuangan kotoran tinja yang dibuang pada tempat yang semestinya telah menyebabkan pencemaran yang akhirnya kearah sungai. Kondisi pencemaran tersebut juga diindikasikan oleh kekeruhan air Sungai Citarum yang diatas 30 NTU pada ketiga lokasi yang diambil sampelnya. Hasil pengamatan secara visual pada aliran Sungai Citarum sangat fluktuatif selain dipengaruhi oleh pencemaran zat padat ataupun cair, juga dipengaruhi oleh kondisi iklim, kondisi hujan atau kemarau di sepanjang hulu hingga hilir. Pada saat hujan lebat di hulu atau di

sekitar aliran Sungai Citarum kekeruhan air bisa mencapai 500 NTU bahkan hingga 5000 NTU jika dalam kondisi ekstrim.

B. Faktor-Faktor Penyebab Pencemaran Sungai Citarum

Beberapa indikator kimia, fisika dan bakteriologi dari penelitian ini menunjukkan bahwa telah terjadi pencemaran di aliran Sungai Citarum. Hal ini selain ditunjukkan adanya logam berat Cu, Pb, BOD, E. coli, total coliform dan kekeruhan yang dapat dilihat pada Tabel 5. Dari keempat titik lokasi yang dilakukan pengambilan sampel di wilayah Kabupaten Karawang maka keempat lokasi pengambilan sampel tersebut menunjukkan hal yang sama. Demikian juga dengan beberapa data sekunder yang diambil dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kabupaten Karawang, maupun Laboratorium PDAM Tirta Tarum Karawang menunjukkan hal yang sama, yaitu adanya pencemaran dengan tingkat variasi yang berbeda-beda. Perbedaan ini dapat terjadi karena adanya faktor-faktor lingkungan yang berbeda, adanya buangan limbah yang berbeda dari berbagai perusahaan yang berbeda pula. Perusahaan-perusahaan yang berdiri di sepanjang aliran Sungai Citarum ini ada yang menghasilkan limbah padat dan limbah cair dengan berbagai bahan kimia dari perusahaan-perusahaan tersebut. Sebenarnya perusahaan-perusahaan tersebut telah diwajibkan untuk melaksanakan pengolahan limbah baik secara komunal ataupun secara mandiri. Akan tetapi dalam pelaksanaannya masih ada beberapa kegiatan perusahaan yang belum melakukan pengolahan limbah secara baik, atau bahkan tidak ada IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) sama sekali atau kalau ada kondisinya kurang memadai. Keterkaitan antara pencemaran, limbah dan ketersediaan IPAL ini dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 2. Indikator Pencemaran Sungai Citarum*

No	Parameter	Satuan	Nilai	Standar	Pencemaran**
1	Kekeruhan	NTU	43	25	klas I
2	TDS	mg/L	160	1000	
3	BOD	mg/L	12	12	kelas I
4	COD	mg/L	29.82	100	
5	DO	mg/L	6	6	kelas I
6	A. Coli	jml/100mL	1600	0	kelas IV
7	Total coliform	jml/100mL	1600	50	kelas IV

*Sumber : data skunder Citarum Harum dan analisis pendahuluan

**Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001

Tabel 3. Daftar Perusahaan Penghasil Limbah dan Ketersediaan IPAL di Sekitar Sungai Citarum Wilayah Karawang

No Kecamatan	Limbah		Ketersediaan IPAL		IPAL
	Cair	Padat	Komunal	Mandiri	
1 Cikampek	54		54		Lengkap
2 Purwasari	11	8	13		kurang 6
3 Klari	2	3	5		Lengkap
4 Telukjambe Barat	16	26		12	kurang 30
5 Telukjambe Timur	1	1		1	kurang 1
6 Karawang Timur	8	2	8		kurang 2
7 Karawang Barat	5	5		5	kurang 5
8 Rengasdengklok	2	2	3	1	Lengkap
9 Batujaya	1			1	Lengkap
Jumlah	100	47	83	20	kurang 44

Sumber : Dansektor-19 Citarum Harum dan DLHK Kabupaten Karawang 2020

Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6, maka pencemaran yang terjadi pada aliran Sungai Citarum meliputi pencemaran kelas I (ringan) sampai kelas IV (sangat berat). Pencemaran kelas ringan diindikasikan oleh parameter fisik air dari kekeruhan yang mencapai skala 43 NTU dari standar baku mutu 25 NTU. Pencemaran kimia ditunjukkan oleh kandungan COD yang mencapai 12 mg/L. Sedangkan pencemaran berat diindikasikan oleh tingginya kadar *E.coli* dan total coliform yang mencapai 1600 jumlah/100mL atau jauh diatas ambang baku mutu yang diperkenankan yaitu 50 jumlah/100mL. Data ini merupakan analisis pendahuluan dan data dari posko satuan tugas Citarum Harum khususnya di sektor 19 wilayah Kabupaten Karawang.

Berdasarkan penelitian terhadap lokasi penelitian, maka Sungai Citarum di wilayah Kabupaten Karawang ini melintasi 9 Kecamatan dari 30 Kecamatan yang ada di Kabupaten Karawang, dan melintasi 49 desa di sepanjang Sungai Citarum. Sepanjang aliran Sungai Citarum ini selain banyak berdiri rumah permukiman di sepanjang pinggiran Sungai Citarum, juga banyak kegiatan pertanian, peternakan, perikanan dan beberapa Usaha Kecil dan Menengah (UKM) yang sebagian besar masih membuang limbah rumah tangga atau limbah domestik dan limbah usaha UKM ke aliran Sungai Citarum. Sebagaimana diketahui bahwa Karawang merupakan salah satu lumbung padi nasional dengan luas lahan pertanian lebih dari 97000 hektar dan sebagian besar merupakan sawah beririgasi teknis dari irigasi waduk Jatiluhur yang merupakan aliran dari Sungai Citarum. Kegiatan usaha tani bukan hanya pertanian saja, tetapi juga perikanan, peternakan dan perkebunan yang masih menggunakan pupuk anorganik serta

pakan-pakan untuk budidaya ikan dan ternak, baik di sepanjang waduk maupun aliran Sungai Citarum.

Permasalahan di sepanjang Sungai Citarum menjadi semakin kompleks dengan adanya Kawasan Industri yang merupakan implementasi dari Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 53 Tahun 1989 tentang Kawasan Industri di Wilayah Kabupaten Karawang. Di Kabupaten Karawang terdapat 6 Kawasan Industri Terpadu yaitu, Karawang International Industri City (KIIC), Kawasan Industri Mitra (KIM) Karawang, Kawasan Industri Suryacipta, Kawasan Industri Pupuk Kujang Cikampek, Kawasan Industri Anggadita dan Karawang New Industri City (KNIC). Kawasan industri ini sangat strategis di Kota Karawang dekat dengan infrastruktur jalan tol, jalan arteri, pelabuhan, kereta api cepat dan dekat dengan aliran Sungai Citarum yang membelah kota Karawang menuju muaranya di Muara Gembong Kabupaten Bekasi. Kawasan industri ini ditengarai sebagai kawasan industri terbesar di Asia Tenggara dengan 11000 hektar dan ribuan jumlah perusahaan yang menghasilkan ribuan produk tentunya juga berdampak terhadap limbah cair maupun padat.

Dari hasil analisis industri di sepanjang Sungai Citarum di wilayah Kabupaten Karawang saja terdapat 147 perusahaan yang bersentuhan langsung dengan aliran Sungai Citarum. Dari 147 perusahaan ini 100 perusahaan menghasilkan limbah cair dan 47 perusahaan menghasilkan limbah padat. Dan dari 147 perusahaan ini baru 103 perusahaan yang mempunyai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) baik komunal maupun IPAL mandiri. Dari 103 perusahaan yang mempunyai IPAL atau 70% ternyata yang membuang limbah pada IPAL komunal ada 80 perusahaan (77%) dan hanya 20 perusahaan (23%) yang memiliki IPAL mandiri. Hal inilah yang semakin meningkatkan pencemaran di Sungai Citarum akibat adanya buangan limbah yang akhirnya mencemari aliran Sungai Citarum.

Dalam hal limbah rumah tangga 9 Kecamatan di Kabupaten Karawang yang dilalui oleh aliran Sungai Citarum ini menyumbang hampir 50% dari sampah yang ada di Kabupaten Karawang, hal ini dikarenakan wilayah-wilayah tersebut merupakan wilayah perkotaan yang padat dan sumber kepadatan penduduk di Kabupaten Karawang yang meliputi 2,3 juta penduduk. Hal ini ditambah masih ada masalah sanitasi baik terhadap limbah rumah tangga maupun buangan kotoran manusia yang belum sepenuhnya memiliki *septic tank* untuk masing-masing rumah tangga, hal ini terutama terjadi di sepanjang aliran sungai citarum bahkan di wilayah irigasi yang terlarang untuk pembuangan kotoran. Berdasarkan informasi dari Dinas Lingkungan Hidup Karawang

(2020) maka diperkirakan pembuangan limbah rumah tangga ini mencapai 1600 ton per hari. Ini akan menjadi tantangan bagi dinas terkait dan masalah pelestarian lingkungan hidup termasuk di sepanjang aliran Sungai Citarum.

C. Konsep IWRM Sungai Citarum

IWRM (*Integrated Water Resources Management*) adalah proses yang mengutamakan fungsi koordinasi dan pengelolaan air, tanah dan sumber daya terkait guna memaksimalkan hasil secara ekonomis dan kesejahteraan sosial dalam pola yang tidak mengorbankan keberlangsungan ekosistem vital (*Global Water Partnership-Technical Advisory Committee*, 2000). Organisasi ini telah merumuskan definisi dan interpretasi IWRM, yaitu “Suatu proses yang mengintegrasikan pengelolaan air, lahan, dan sumber daya terkait lainnya secara terkoordinasi dalam rangka memaksimalkan resultan ekonomi dan kesejahteraan sosial secara adil tanpa mengorbankan keberlanjutan ekosistem yang vital”. IWRM didasarkan pada pemahaman bahwa sumber daya air merupakan komponen yang tidak terpisahkan dari ekosistem, sumber daya alam, dan baik sosial dan ekonomi.

Prinsip pengelolaan terpadu ini dikembangkan sebagai respons terhadap pola pengelolaan SDA yang selama ini dilakukan secara terfragmentasi. Rumusan IWRM tersebut kemudian dikerucutkan lagi dalam pertemuan Global Water Partnership-South East Asia, 2004 menjadi sebagai berikut: “*Co-ordinated management of resources in natural environmental (water, land, flora, fauna) based on RIVER BASIN as geographical unit, with objective of balancing man's needs with necessity of conserving resources to ensure their sustainability*”.

Konsep IWRM ini membawa paradigma baru yaitu lebih mengutamakan keterpaduan lintas sektor, keterpaduan pengelolaan, keterpaduan lingkungan dan keterpaduan antar individu. Konsep ini memilih pendekatan bottom up ketimbang top down dan mendorong pengelolaan sumber daya secara multi sektor serta multi disiplin.

Prinsip utama IWRM, sesuai dengan prinsip Dublin 1991 adalah pembangunan dan pengelolaan Sumber Daya Air harus berdasarkan pendekatan partisipatif melibatkan berbagai pengguna, perencanaan dan pembuat kebijakan di semua tingkat.

Konsep IWRM atau pengelolaan sumber daya air terpadu kemudian diadopsi pemerintah Indonesia dalam UU No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air. Disebutkan

dalam pasal 3 UU SDA bahwa "Sumber daya air dikelola secara menyeluruh, terpadu dan berwawasan lingkungan hidup". Lebih lanjut dalam pasal 85 ayat 1 UU SDA menyebutkan, "Pengelolaan sumber daya air mencakup kepentingan lintas sektoral dan lintas wilayah yang memerlukan keterpaduan tindak untuk menjaga kelangsungan fungsi dan manfaat air dan sumber air." Kemudian pasal 85 ayat 2 menyebutkan, "Pengelolaan sumber daya air dilakukan melalui koordinasi dengan mengintegrasikan kepentingan berbagai sektor, wilayah, dan para pemilik kepentingan dalam bidang sumber daya air."

Sesuai amanat undang-undang itu, maka pendekatan pengelolaan sumber daya air terpadu dilakukan untuk membenahi permasalahan Citarum. Pendekatan penanganan terpadu Sungai Citarum merupakan yang pertama di Indonesia. Hambatan yang ditemui dalam pelaksanaan penanganana terpadu ini cukup banyak terutama terkait kepentingan antar sektor yang masih menonjol.

Upaya Menyeluruh untuk Membersihkan Citarum Dengan keberadaan Citarum yang melintasi sembilan Kabupaten (Bandung, Bandung Barat, Cianjur, Purwakarta, Kerawang, Bekasi, Subang, Indramayu dan Sumedang) dan tiga Kota (Bekasi, Bandung dan Cimahi), serta perannya yang sangat penting sebagai penyedia air baku ibukota menjadikannya sebagai wilayah sungai strategis nasional, sehingga kewenangan pengelolaannya juga berada di pemerintah pusat. Banyak daerah dan sektor yang terlibat dan mempunyai kepentingan dengan sungai ini. Untuk itu maka upaya penanganannya harus melibatkan semua pemangku kepentingan dari berbagai sektor dan daerah yang terlibat secara terintegrasi.

Semuanya harus terintegrasi dan terkoordinasi. Adalah mustahil dalam membersihkan sungai hanya di wilayah hilir saja tanpa membenahi wilayah hulu, atau komitmen satu kementerian /departemen tanpa kerjasama serupa dari kementerian/departemen lainnya, juga tidak mungkin suatu kabupaten mendukung visi ini tanpa ada dukungan kongkrit serupa dari kabupaten disebelahnya. Upaya ini juga tidak akan berhasil tanpa adanya partisipasi masyarakat, kalangan LSM dan kalangan bisnis/swasta. Sejak beberapa tahun lalu, sejumlah instansi pemerintah dan lembaga swadaya masyarakat berpartisipasi dalam serangkaian dialog yang pada akhirnya dapat menghasilkan Citarum Roadmap , yaitu suatu rancangan strategis berisi hasil identifikasi program-program utama untuk meningkatkan sistem pengelolaan sumber daya air dan memperbaiki kondisi di sepanjang aliran Citarum.

commit to user

Hingga kini telah teridentifikasi sebanyak 80 jenis program dengan perkiraan kebutuhan pembiayaan mencapai Rp. 35 triliun (pada tahun 2007) yang berasal dari berbagai sumber pembiayaan, baik itu anggaran pemerintah, kontribusi pihak swasta maupun masyarakat, juga bantuan dari lembaga keuangan internasional yang dilaksanakan secara bertahap dalam waktu 15 tahun ke depan. Citarum Roadmap menggunakan pendekatan komprehensif, multi-sektor dan terpadu untuk memahami dan memecahkan masalah kompleks seputar air dan lahan di sepanjang aliran Citarum.

Pelaksanaan program ini dilakukan melalui koordinasi dan konsultasi antar para pemangku kepentingan, serta mengutamakan partisipasi masyarakat dalam menentukan prioritas, rancangan hingga pelaksanaan. Koordinasi Program dilakukan oleh Bappenas, sedangkan lembaga pelaksana kegiatan dikordinasikan oleh Ditjen Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum melalui Balai Besar Wilayah Sungai Citarum, dengan melibatkan berbagai Departemen dan Kementerian terkait baik di tingkat Provinsi maupun Kabupaten/Kota melalui Dinas-Dinas terkait. Adapun tahap pertama Citarum Roadmap terdiri dari sembilan kegiatan antara lain: Rehabilitasi Daerah Aliran Sungai Citarum, Peningkatan pengelolaan lahan dan air, Pengelolaan air dan sanitasi berbasis masyarakat, Rencana aksi peningkatan kualitas air, Perlindungan lingkungan dan keanekaragaman hayati di hulu sungai, Penataan ruang, Pengelolaan banjir di kawasan hulu, Desain untuk peningkatan sistem penyediaan air bersih Kota Bandung, dan Strategi adaptasi terhadap perubahan iklim.

Sungai Citarum merupakan sungai utama dan salah satu sungai terbesar di Pulau Jawa dengan panjang ± 300 km, dan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) 6.614 km^2 . Sungai Citarum berhulu di Gunung Wayang yang terletak di Kecamatan Kertasari Kabupaten Bandung pada ketinggian 2.182 m di atas permukaan laut dan bermuara di Laut Jawa. Sungai Citarum melintasi 7 Kabupaten dan 2 Kota yaitu Kabupaten Bandung, Kabupaten Sumedang, Kabupaten Cianjur, Kabupaten Bogor, Kabupaten Purwakarta, Kabupaten Karawang, dan Kabupaten Bekasi serta kota Bandung dan Kota Camahi. Anak-anak sungai Citarum berjumlah ± 36 anak sungai dengan panjang ± 873 km (Nia Kurniasih, 2002).

Menurut penelitian dari *Greenpeace* (2012) di hulu hingga hilir sungai Citarum yang kemudian dituangkan dalam laporan berjudul “Bahan Beracun Lepas Kendali” Menempatkan Sungai Citarum sebagai sungai tersemar di dunia. Para peneliti

menemukan cemaran krom heksavalen (Cr^{6+}) dan logam berat, *diethyl phthalate* (DEP), BHT, *p-clorocresol* dan turunan bahan kimia beracun lain dalam konsentrasi tinggi di saluran air menuju Citarum di Majalaya, Rancaekek, Cisirung, Dayeuhkolot, Margaasih, Leuwigajah, Batujajar, Padalarang, Jatiluhur dan Karawang. Penelitian yang dipelopori oleh *Institute of Ecology* Universitas Padjadjaran juga mengatakan bahwa tingkat keasaman air di Sungai Citarum telah melampaui baku mutu. Temuan-temuan ini semakin menyadarkan kita akan Keterancaman sumber hayati di Sungai Citarum yang berdampak langsung pada manusia. Ada beberapa kajian tentang DAS Sungai Citarum, dari berbagai penelitian tersebut, Sungai Citarum ditempatkan sebagai sungai dengan ancaman serius. Ancaman ini datang dari hulu hingga hilir. Sebagaimana yang dikaji oleh Tampubolon dkk, (2003) Ancaman terhadap Sungai Citarum itu datang mulai dari perkara perambahan hutan dimana tercatat dari tahun 1992 – 2003 terjadi penurunan tutupan lahan hutan (pohon) dengan laju 2,23% (3.804,2 ha) per tahun. Penurunan luas tutupan lahan tersebut disebabkan oleh pembukaan lahan bagi pemukiman dan sarana sosial lain yang tumbuh 9,81 % (2.404,5 ha) per tahun. Demikian juga hasil kajian Muhamad Nadjib menempatkan problem penurunan kuantitas dan kualitas air Sungai Citarum.

Untuk memudahkan identifikasi terhadap semua permasalahan yang ada di Daerah Aliran Sungai Citarum tersebut, maka menurut Pusat Pengelolaan Ekoregion Jawa Kementerian Lingkungan Hidup (<http://ppejawa.com>), DAS Citarum dibagi menjadi 3 zona wilayah yaitu:

- a. Zona Citarum Hulu : Hulu sungai di Gunung Wayang – Ujung Saguling
- b. Zona Citarum Tengah : Saguling – Cirata – Jatiluhur
- c. Zona Citarum Hilir : Citarum Hilir – Muara Citarum

Permasalahan di daerah Citarum Hulu disebabkan oleh berkurangnya fungsi kawasan lindung (hutan dan non hutan), berkembangnya permukiman tanpa perencanaan yang baik, dan budi daya pertanian yang tidak sesuai dengan kaidah konservasi yang menyebabkan banyaknya lahan kritis, kadar erosi yang semakin tinggi yang mengakibatkan sedimentasi di palung sungai, waduk, bahkan masuk ke jaringan prasarana air. Permasalahan di daerah Citarum Tengah disebabkan tingginya pertumbuhan penduduk di Cekungan Bandung yang berdampak terhadap bertambahnya pembuangan limbah domestik tanpa pengolahan, pembuangan sampah dan limbah industri yang menambah beban pencemaran ke Sungai Citarum. Berdasarkan Perusahaan

Daerah Kebersihan Kota Bandung rata-rata produksi sampah sebesar 6.500 m^3 per hari, dimana 1500 m^3 diantaranya tidak dikumpulkan dan dibuang secara benar. Dengan demikian sampah yang tidak terkumpul dengan benar akan masuk ke sistem drainase dan sungai sebesar 500.000 m^3 pertahun.

Permasalahan di Citarum Hilir dikarenakan banyaknya alih fungsi lahan dari lahan pertanian menjadi permukiman akibat berkembangnya permukiman tanpa perencanaan yang baik. Terjadinya degradasi prasarana pengendali banjir, menurunnya fungsi prasarana jaringan irigasi, kurangnya prasarana pengendali banjir di muara, dan terjadinya abrasi pantai di muara. Semua hal tersebut menyebabkan daerah Citarum Hilir pun merupakan daerah rawan banjir. Banjir terakhir yang terjadi di bagian hilir Sungai Citarum disebabkan oleh curah hujan tinggi yang berlangsung terus menerus dimana Waduk Jatiluhur tidak mampu menampung debit banjir. Bersamaan dengan meluapnya Sungai Cikao di Purwakarta mengakibatkan banjir Sungai Cibeet di Karawang yang mengalir ke Sungai Citarum, sehingga alur Sungai Citarum di Karawang tidak mampu lagi menampung debit banjir dari hulu, sehingga terjadi banjir di Telukjambe, Karawang Kulon, Karawang Wetan Kabupaten Karawang dan Kabupaten Bekasi.

Padahal sungai merupakan sumber daya air yang memiliki sifat dan karakteristiknya berbeda dengan sumber daya lain. Menurut Pangesti dalam Sam'un Jaja Raharja (2008) sifat sungai mengalir dari hulu ke hilir, sehingga apa yang dilakukan di hulu akan memberi dampak pada hilir. Dampak pemanfaatan air di hulu akan menghilangkan peluang di hilir pencemaran di hulu akan menimbulkan biaya sosial di hilir (*externality cost*) dan sebaliknya pelestarian di hulu akan memberi manfaat di hilir. Dalam suatu wilayah sungai, lanjut Sam'un Jaja Raharja (2008), banyak terdapat institusi yang terlibat secara langsung dan tidak langsung. Masing-masing institusi merasa paling berhak melakukan pengelolaan, menggunakan atau melakukan eksploitasi sesuai dengan tujuan masing-masing. Akibat dari hal ini terjadi tumpang tindih dalam tugas pokok, fungsi dan kewenangan pengelolaan.

Namun dalam perjalanannya Sungai Citarum terabaikan, tercemar dan tidak lagi menjadi tempat yang ideal bagi manusia untuk menggantungkan hidup. Pengelolaan air khususnya sungai di Indonesia masih bersifat sentralistik dan hirarkial, seperti dapat dilihat pada Pasal 14 Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air

yang menyatakan bahwa Pemerintah Pusat memiliki kewenangan dan tanggung jawab untuk :

- a. menetapkan kebijakan nasional sumber daya air;
- b. menetapkan pola pengelolaan sumber daya air pada wilayah sungai lintas provinsi, wilayah sungai lintas negara, dan wilayah sungai strategis nasional;
- c. menetapkan rencana pengelolaan sumber daya air pada wilayah sungai lintas provinsi, wilayah sungai lintas negara, dan wilayah sungai strategis nasional;
- d. menetapkan dan mengelola kawasan lindung sumber air pada wilayah sungai lintas provinsi, wilayah sungai lintas negara, dan wilayah sungai strategis nasional;
- e. melaksanakan pengelolaan sumber daya air pada wilayah sungai lintas provinsi, wilayah sungai lintas negara, dan wilayah sungai strategis nasional;
- f. mengatur, menetapkan, dan memberi izin atas penyediaan, peruntukan, penggunaan, dan pengusahaan sumber daya air pada wilayah sungai lintas provinsi, wilayah sungai lintas negara, dan wilayah sungai strategi nasional;
- g. mengatur, menetapkan, dan memberi rekomendasi teknis atas penyediaan, peruntukan, penggunaan, dan pengusahaan air tanah pada cekungan air tanah lintas provinsi dan cekungan air tanah lintas negara;
- h. membentuk Dewan Sumber Daya Air Nasional, dewan sumber daya air wilayah sungai lintas provinsi, dan dewan sumber daya air wilayah sungai strategis nasional;

Sesuai dengan Keputusan Presiden Nomor 12 Tahun 2012 Sungai Citarum ditetapkan sebagai Wilayah Sungai Strategis Nasional sehingga pengelolaannya ditetapkan oleh Pemerintah Pusat. Tapi ketidakberhasilan pengelolaan sentralistik terlihat dimana sejak tahun 2008, Bappenas telah menyusun peta Citarum yang diterjemahkan dalam proyek *Integrated Citarum Water Resources Management Program* (Program Pengelolaan Sumber Daya Air Citarum Terpadu/IWRM) dengan dana utang dari Bank Pembangunan Asia (ADB) senilai Rp 16 triliun. Program ini berlangsung 30 tahun dan dibagi dalam dua tahap, masing-masing tahap 15 tahun, tetapi sampai sekarang program yang telah menghabiskan dana Rp. 9 Trilyun pada tahap pertama pelaksanaan IWRM belumlah memberi manfaat yang signifikan untuk masyarakat maupun Sungai Citarum sendiri. Sekarang muncul gerakan menyelamatkan sungai Citarum yang digaungkan akhir-akhir ini menjadi harapan begitu banyak orang. Pemerintah dalam jangka waktu sampai 2021

ingin mengubah citra Sungai Citarum menjadi sungai bersih, sehat, lestari. Dengan membentuk organ untuk penyelamatan yaitu Balai Besar Wilayah Sungai Citarum berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan umum tahun 2006. Salah satu yang menjadi perhatian penting dari program ini IWRM yakni pemberdayaan masyarakat. Ini dipandang sebagai basis penting dalam program pemeliharaan. Pelaksanaan program ini dilakukan melalui koordinasi dan konsultasi antar para pemangku kepentingan, serta mengutamakan partisipasi masyarakat dalam menentukan prioritas, rancangan hingga pelaksanaan. Koordinasi Program dilakukan oleh Bappenas, sedangkan lembaga pelaksana kegiatan dikordinasikan oleh Ditjen Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum melalui Balai Besar Wilayah Sungai Citarum, dengan melibatkan berbagai Departemen dan Kementerian terkait baik di tingkat Provinsi maupun Kabupaten/Kota melalui Dinas-Dinas terkait. Adapun tahap pertama Citarum Roadmap terdiri dari sembilan kegiatan antara lain: Rehabilitasi Daerah Aliran Sungai Citarum, Peningkatan pengelolaan lahan dan air, Pengelolaan air dan sanitasi berbasis masyarakat, Rencana aksi peningkatan kualitas air, Perlindungan lingkungan dan keanekaragaman hayati di hulu sungai, Penataan ruang, Pengelolaan banjir di kawasan hulu, Desain untuk peningkatan sistem penyediaan air bersih dan Strategi adaptasi terhadap perubahan iklim.

Berdasarkan hasil rekapitulasi permasalahan dan beberapa sumber referensi, diperlukan berbagai alternatif pemecahannya (strategi) dalam mewujudkan IWRM sehingga setiap permasalahan tersebut dapat diantisipasi secara simultan dan terkoordinasi. Sebagai langkah awal, mengingat keterbatasan sumberdaya, dilakukan terlebih dahulu penentuan prioritas program/kegiatan berdasarkan beberapa kriteria penilaian. Adapun kriteria penilaian meliputi:

- a. Dampak terhadap pengembangan program/kegiatan sesuai dengan target dan waktu yang ditetapkan,
- b. Ketersediaan inovasi terkini (teknologi atau kelembagaan),
- c. Persepsi (keinginan) masyarakat setempat,
- d. Dukungan aparat Pemerintah Daerah,
- e. Peluang Keberhasilan,
- f. Kemudahan dalam pelaksanaan
- g. Kondisi infrastruktur yang dapat mendukung pelaksanaan setiap kegiatan.

Dari hasil penilaian tersebut, telah terpilih prioritas program/kegiatan berturut-turut sebagai berikut:

- a. Penegakan hukum tentang lingkungan;
- b. Penerapan inovasi teknologi pengolahan sampah dan limbah pertanian/ peternakan untuk energi alternatif dan kompos;
- c. Penerapan inovasi teknologi Mikrohidro;
- d. Penyediaan sarana sampah;
- e. Penguatan/pemberdayaan kelompok masyarakat;
- f. Penguatan pelayanan penyuluhan dan informasi;
- g. Penerapan inovasi teknologi sapi perah ramah lingkungan;
- h. Penghijauan di DAS bagian hulu, tengah dan hilir;
- i. Pelatihan pengolahan sampah rumah tangga dan limbah lainnya; (10) Kemitraan dengan lembaga penelitian dan swasta;
- j. Pengembangan *septic tank* komunal; dan
- k. Revitalisasi pemukiman.

Berdasarkan hasil pembahasan di atas maka konsep IWRM harus dilaksanakan secara komprehensif dan terpadu dari hulu sampai hilir.

D. Persepsi Masyarakat terhadap Pencemaran Sungai Citarum

Untuk mendapatkan persepsi masyarakat terhadap pencemaran yang telah terjadi di Sungai Citarum maka dilakukan penyebaran kuesioner terhadap masyarakat di sekitar Sungai Citarum khususnya di wilayah Kabupaten Karawang. Materi kuesioner dapat dilihat pada Tabel Lampiran 1. Dan untuk memberikan hasil yang valid hasil kuesioner diuji validitas dengan uji chi square dan reliabilitasnya dengan uji *Chronbach's Alpha*. Hasil kuesioner dibagi menjadi empat topic, yaitu analisis persepsi masyarakat, analisis partisipasi masyarakat, analisis sosioal ekonomi dan analisis sanitasi dan limbah. Pembahasan kuesioner tersebut disajikan pada pembahasan sebagai berikut.

1. Analisis Persepsi Masyarakat

Analisis persepsi masyarakat dilakukan dengan memberikan kuesioner kepada 100 responden dengan mengisi 10 kuesioner pertanyaan. Hasil dari kuesioner lalu diuji validitas dan reliabilitas kuesioner tersebut seperti tercantum di Tabel 7.

Tabel 4. Uji Validasi Kuesioner Persepsi Masyarakat terhadap Sungai Citarum

Kuesioner	Taraf signifikansi	Hasil statistik
-----------	--------------------	-----------------

1	0,001	Valid
2	0,000	Valid
3	0,000	Valid
4	0,000	Valid
5	0,000	Valid
6	0,000	Valid
7	0,000	Valid
8	0,001	Valid
9	0,000	Valid
10	0,000	Valid

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil analisis statistik uji validitas tersebut menunjukkan bahwa 10 item kuesioner valid selanjutnya untuk memvalidasi kuesioner dilakukan uji reliabilitas. Hasil uji reliabilitas disajikan pada Tabel 8.

Tabel 5. Uji Reliabilitas Kuesioner Persepsi Masyarakat Sungai Citarum

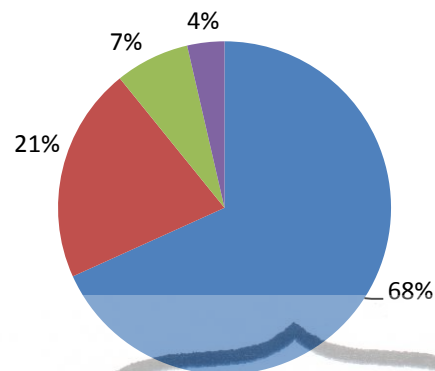
<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>	Hasil
0,754	10	Reliabel

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil uji reliabilitas menunjukkan bahwa 10 item kuesioner reliabel sehingga kuesioner tersebut dapat diperrtanggungjawabkan hasilnya. Hasil kuesioner persepsi masyarakat juga ditampilkan dalam diagram phi. kuesioner didesain dengan sepuluh pertanyaan dengan rincian jawaban menggunakan 4 kriteria yaitu 1 = baik, 2 = cukup baik, 3 = kurang 4 buruk. Hasil dari kuesioner disajikan pada Gambar 7.

Diagram Persepsi Masyarakat Terhadap Sungai Citarum

■ baik ■ cukup ■ kurang ■ buruk

**Gambar 3. Diagram Persepsi Masyarakat terhadap Sungai Citarum**

Hasil diagram tersebut menunjukkan persepsi masyarakat terhadap Sungai Citarum paling dominan adalah kriteria baik, Sungai menurut persepsi masyarakat adalah tempat untuk pelestarian, pemeliharaan dan tempat rekreasi. Sungai menurut persepsi masyarakat adalah objek yang harus dijaga kebersihan dan kelestariannya.

2. Analisis Partisipasi Masyarakat

Analisis partisipasi masyarakat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar masyarakat ikut andil dalam pelestarian Sungai Citarum. Analisis dilakukan dengan kuesioner. kuesioner terdiri dari 10 pertanyaan dan jawaban. Jawaban menggunakan opsi pilihan ganda a,b,c dan dikemudian masing masing dikonversi menjadi angka 1,2,3 dan 4 untuk dilakukan uji Validitas dan reliabilitas. Hasil uji validitas dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 6. Uji Validitas Kuesioner Partisipasi Masyarakat terhadap Sungai Citarum

Kuesioner	Taraf signifikansi	Hasil statistik
1	0,001	Valid
2	0,000	Valid
3	0,000	Valid
4	0,000	Valid
5	0,000	Valid
6	0,000	Valid
7	0,019	Valid
8	0,001	Valid
9	0,000	Valid
10	0,004	Valid

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Dari hasil analisis menunjukkan dari 10 item kuesioner didapat semua item kuesioner valid. Hasil kuesioner yang valid kemudian diuji reliabilitasnya agar kuesioner dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya. Uji reliabilitas dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 7. Uji kuesioner Reliabilitas Partisipasi Masyarakat terhadap Sungai Citarum

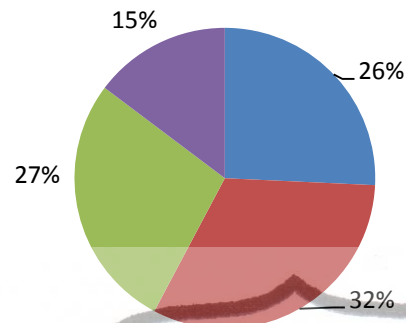
<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>	Hasil
0,606	10	Reliabel

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil uji reliabilitas menunjukkan bahwa 10 item kuesioner reliabel sehingga hasil tersebut menunjukkan bahwa kebenaran dari kuesioner tersebut dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya. Hasil validitas kuesioner tersebut kemudian digunakan sebagai kuesioner untuk mengetahui partisipasi masyarakat dalam memelihara Sungai Citarum. Hasil analisis tersebut ditampilkan pada Gambar 8.

Kuesioner partisipasi masyarakat terhadap Sungai Citarum

■ baik ■ cukup ■ kurang ■ buruk



Gambar 4. Diagram Partisipasi Masyarakat terhadap Sungai Citarum

Hasil analisis kuesioner menunjukkan bahwa mayoritas responden cukup berpartisipasi dalam memelihara Sungai Citarum. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 8. Sebesar 26% masyarakat juga berpartisipasi baik dalam pemeliharaan Sungai Citarum. Sebesar 42% masyarakat yaitu terdiri dari 27% kurang berpartisipasi dan 15% tidak berpartisipasi menunjukkan bahwa kesadaran masyarakat sekitar untuk pemeliharaan masyarakat terhadap Sungai Citarum masih belum baik. Hasil tersebut menunjukkan perlunya pemerintah untuk memberi penyuluhan masyarakat untuk menjaga Sungai Citarum dan hal ini sudah dilakukan melalui Peraturan Presiden Nomor 15 Tahun 2018 tentang Percepatan Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan DAS Citarum Percepatan Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan DAS Citarum secara komprehensif, terencana dan terpadu.

3. Analisis Sosial Ekonomi Masyarakat Sungai Citarum

Analisis sosial ekonomi masyarakat dilakukan dengan memberikan kuesioner dengan 10 pertanyaan yang mana 10 pertanyaan tersebut ada 4 pilihan jawaban. Hasil jawaban tersebut diuji Validasi dan Reliabilitas hasil validasi dicantumkan pada Tabel 11 dan uji reliabel di Tabel 12.

Tabel 8. Uji Validitas Kuesioner Sosial Ekonomi Masyarakat terhadap Sungai Citarum

Kuesioner	Taraf signifikansi	Hasil statistik
-----------	--------------------	-----------------

1	0,000	Valid
2	0,000	Valid
3	0,002	Valid
4	0,000	Valid
5	0,000	Valid
6	0,000	Valid
7	0,002	Valid
8	0,000	Valid
9	0,000	Valid
10	0,000	Valid

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil uji validasi menunjukkan bahwa 10 kuesioner tersebut valid ketika diuji validitasnya. Hasil tersebut kemudian selanjutnya diuji reliabelnya agar kuesioner tersebut dapat dipertanggung jawabkan uji reliabel dapat dilihat pada Tabel 12.

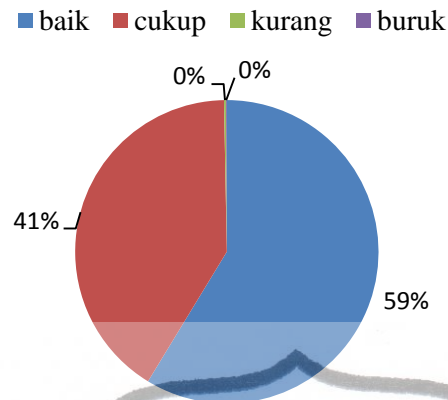
Tabel 9. Uji Reliabilitas Kuesioner Sosial Ekonomi Masyarakat terhadap Sungai Citarum

<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>	Hasil
0,657	10	Reliabel

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil uji reliabilitas didapat *cronbalch alpha* sebesar 0,657. Harga tersebut termasuk reliabel sehingga 10 item kuesioner tersebut dapat digunakan untuk kuesioner ekonomi masyarakat di sekitar Sungai Citarum. Hasil ekonomi masyarakat Sungai Citarum dapat dilihat pada Gambar 9.

Analisa Sosial Ekonomi Masyarakat Sekitar Sungai Citarum



Gambar 5. Analisis Sosial Ekonomi Masyarakat Sungai Citarum

Hasil kuesioner Sosial ekonomi tergolong ekonomi yang baik 59% dan cukup 41%. Hal ini mengindikasikan bahwa ekonomi masyarakat Sungai Citarum sudah sejahtera secara finansial. Hasil tersebut mengindikasikan peran pemerintah dalam mensejahterahkan masyarakat telah berhasil.

4. Sanitasi dan Limbah

Keadaan aspek sanitasi dan limbah dapat dilihat dengan kebiasaan masyarakat apakah sering membuang limbah rumah tangga di sungai atau tidak. Aspek ini juga dilihat peranan masyarakat dan pemerintah mengelola hasil limbahnya. Aspek untuk mengetahui hal tersebut dilakukan dengan uji kuesioner 15 item pertanyaan dan 4 kriteria pilihan ganda untuk item penjawabannya. Kuesioner tersebut diuji dengan validitas dan reliabel. Hasil uji validitas diperoleh Tabel 13.

Hasil uji validasi didapat 10 item tersebut telah valid diuji validitasnya. Hasil tersebut kemudian diperkuat dengan uji reliabel agar kuesioner tersebut dapat digunakan di lapangan. Hasil uji validitas kuesioner tersebut dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 10. Uji Validitas Kuesioner Analisis Sanitasi dan Limbah Masyarakat Terhadap Sungai Citarum

Kuesioner	Taraf signifikansi	Hasil statistik
1	0,000	Valid
2	0,001	Valid

3	0,000	Valid
4	0,000	Valid
5	0,019	Valid
6	0,000	Valid
7	0,003	Valid
8	0,001	Valid
9	0,003	Valid
10	0,003	Valid
11	0,000	Valid
12	0,000	Valid
13	0,000	Valid
14	0,000	Valid
15	0,001	Valid

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Tabel 11. Uji Reliabilitas Kuesioner Sanitasi dan Limbah Masyarakat Terhadap Sungai Citarum

<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>	Hasil
0,775	15	Reliabel

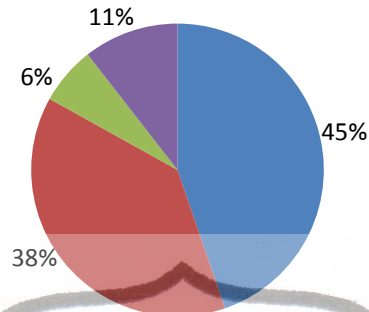
Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil uji reliabel menunjukkan bahwa 15 item kuesioner tersebut juga reliabel. Hasil kuesioner tersebut dapat dilakukan dan dapat dipertanggungjawabkan sebagai kuesioner analisis masalah limbah sanitasi di Sungai Citarum. Hasil kuesioner limbah sanitasi dapat dilihat pada gambar Gambar 10.

Hasil kuesioner limbah dan sanitasi pada Gambar 10 diperoleh bahwa tingkat kesadaran masyarakat yang peduli limbah dan sanitasi juga tinggi. Hasil tersebut terbukti dari 45% persen masyarakat memiliki kesadaran yang baik pada lingkungan sekitar Sungai Citarum serta 38% memiliki kesadaran cukup. Hanya total 17% saja masyarakat memiliki kesadaran Sungai Citarum yang masih kurang dan buruk. Hasil ini mengindikasikan bahwa peran masyarakat dajn pemerintah untuk sadar lingkungan di sekitar Sungai Citarum sudah baik. Hasil tersebut diharapkan meningkat dengan mengurangi perilaku masyarakat yang belum sadar lingkungan terhadap Sungai Citarum.

Analisis Sanitasi dan Limbah di Sekitar Sungai Citarum

■ baik ■ cukup ■ kurang ■ buruk



Gambar 6. Diagram Analisis Sanitasi dan Limbah Sungai Citarum

Secara komprehensif analisis persepsi masyarakat, partisipasi masyarakat, sosial ekonomi dan sanitasi dan limbah di sekitar Sungai Citarum dapat dirangkum seperti Tabel 15.

Tabel 12. Analisis Persepsi, Partisipasi, Sosial Ekonomi dan Sanitasi dan Limbah Masyarakat Sungai Citarum

Parameter	Kuisisioner			
	Baik (%)	Cukup (%)	Kurang (%)	Buruk (%)
Persepsi	68	21	7	4
Partisipasi	26	32	27	15
Sosial Ekonomi	59	41	0	0
Sanitasi Limbah	45	38	6	11

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Dari analisa persepsi masyarakat, partisipasi, sosial ekonomi dan kesadaran akan sanitasi dan limbah di sekitar Sungai Citarum cukup menggembirakan. Jika digabungkan antara nilai baik dan cukup maka sebesar 89% menyatakan bahwa persepsi masyarakat terhadap Sungai Citarum ini adalah dalam kategori baik dan cukup sedangkan sisanya 11% yang kurang dan buruk. Hal ini didukung kondisi sosial ekonomi masyarakat di sekitar Sungai Citarum 100% tergolong baik dan cukup, tentunya ini adalah modal bagus bagi

commit to user

akselerasi penanganan DAS Citarum dari predikat sungai terkotor menjadi sungai yang bersih dan terjaga kelestariannya.

Masalah partisipasi masyarakat masih menjadi tantangan bagi program Citarum Harum karena 42% masyarakat yang masih kurang dan buruk partisipasinya terhadap program akselerasi penanganan Sungai Citarum. Meskipun demikian kepedulian masyarakat terhadap sanitasi dan penanganan limbah di sekitar Sungai Citarum menunjukkan bahwa 83% masyarakat peduli terhadap sanitasi dan penanganan limbah. Hal ini sekaligus menunjukkan bahwa program Citarum Harum yang telah dicanangkan oleh pemerintah pusat sejak tahun 2018 melalui Peraturan Presiden Nomor 15 Tahun 2018 Tentang Percepatan Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Daerah Aliran Sungai Citarum cukup berhasil meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap program akselerasi penanganan Sungai Citarum yang bersih, nyaman, aman dan terjaga kelestariannya.

E. Kebaruan dan Keterbatasan Penelitian

Kebaruan penelitian ini adalah penggunaan 4 variasi adsorben yang berbeda pada alat filter. Masing masing filter memiliki fungsi yang saling melengkapi diantaranya pasir kuarsa untuk menyaring pengotor yang berukuran besar kemudian zeolit untuk menanggulangi cemaran logam berat yang tinggi serta dapat juga menurunkan kandungan BOD dan COD dalam limbah. Fungsi dari tanah andisol juga mengurangi kandungan logam berat serta dapat membunuh bakteri pada limbah sedangkan fungsi karbon aktif untuk menghilangkan bau pada limbah atau dapat mengurangi kandungan BOD dan COD pada limbah. Fungsi dari 4 filter tersebut saling sinergi sehingga diharapkan dapat mengatasi permasalahan kualitas air baku di Sungai Citarum.

Keterbatasan penelitian ini adalah penelitian terbataas pada analisis logam Cu, Mn, Fe dan Pb demikian juga uji biologi dan bakteriologi masih terbatas pada parameter BOD, COD, *E. coli* dan total *coliform*. Penelitian ini dapat dilanjutkan dilanjutkan dengan menambahkan parameter analisis yang lain seperti TSS, DO, total fosfat, NO₃ dan logam-logam berat lainnya seperti kadmium, selenium, kromium dan parameter lain yang dapat melengkapi penelitian ini.

Meskipun penelitian penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dalam kondisi yang terbatas tetapi sebenarnya bisa dilakukan secara skala komersial dengan system kontinyu. Keterbatasan selanjutnya adalah mengenai daya tahan dari adsorben. Daya tahan

dari adsorben berkaitan biaya perawatan yang terjadi pada industri masih perlu dikaji lebih lanjut.

F. Penentuan Formulasi Kombinasi Optimum Adsorben Untuk Proses Penjernihan Air Baku Sungai Citarum Menjadi Air Bersih

Pengolahan air baku menjadi air bersih dan air minum merupakan proses yang umum dilakukan oleh perusahaan pelayanan publik bidang air minum. Demikian juga PDAM Tirta Tarum Karawang yang mengandalkan air baku permukaan dari waduk Jatiluhur yang merupakan aliran dari Sungai Citarum yang diindikasikan telah mengalami pencemaran. Proses pengolahan air baru secara konvensional telah lama digunakan, yaitu proses pra-sedimentasi, koagulasi, aerasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan disinfeksi juga dilakukan oleh PDAM Tirta Tarum Karawang. Akan tetapi dalam proses filtrasi masih menggunakan media filter tunggal berupa pasir kuarsa atau antrasit yang telah digunakan dari tahun ke tahun. Permasalahan yang dihadapi dengan filtrasi secara konvensional ini adalah seringnya terjadi kejenuhan media akibat banyaknya lumpur atau pencemar lain yang berasal dari air baku yang diolah. Untuk mengatasi kejenuhan filter tunggal ini diperlukan perlakuan pemeliharaan, pembalikan media, pembersihan atau bahkan penggantian media secara berkala. Proses pemeliharaan, pembersihan, pembalikan atau penggantian ini selain memerlukan biaya yang besar juga diperlukan tenaga yang besar pula, itupun masih harus kehilangan waktu pelayanan karena proses penjernihan air harus dihentikan selama masa pemeliharaan tersebut, ditambah lagi masalah kualitas air yang dihasilkan belum sepenuhnya optimal. Oleh karena itu penggunaan variasi adsorben pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif diharapkan mampu mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut.

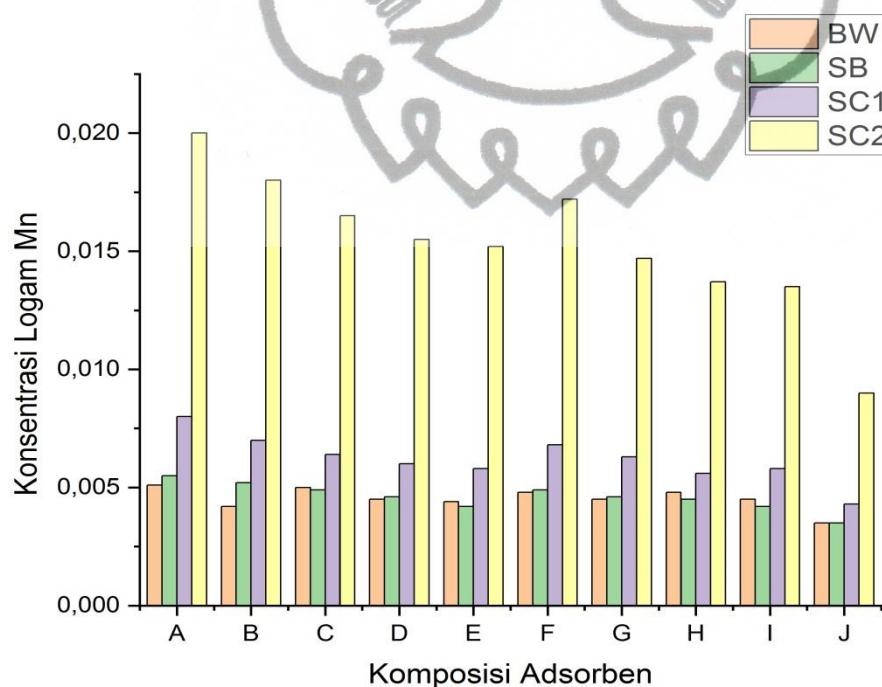
Hasil penelitian penggunaan variasi adsorben pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif terhadap kandungan logam Mn, Fe, Cu, Pb, BOD, COD, E. coli dan total coliform dalam air baku Sungai Citarum adalah sebagai berikut.

1. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben Pasir Kuarsa/Zeorit/Tanah Andisol/Karbon Aktif terhadap Penurunan Kandungan Logam Mn

Hasil analisis variasi komposisi adsorben pasir kuarsa/zeolite/tanah andisol/karbon aktif terhadap penurunan kandungan logam Mn pada air Sungai Citarum dapat dilihat pada Gambar 11 dan Tabel 16.

Titik sampel yang digunakan meliputi Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi adsorben dan variasi lokasi penelitian terhadap kandungan logam Mn (Mangan) yang ditunjukkan pada Gambar 11 dan Tabel 16.

Gambar 11 dan Tabel 16 pada lokasi sebelum bendungan (SB) kandungan logam ketika diolah dengan 9 variasi perlakuan didapat komposisi optimum pada variasi pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif 20/20/20/40. Variasi komposisi ini didapat komposisi karbon aktif yang lebih dominan dikarenakan karbon aktif memiliki luas permukaan tinggi. Identifikasi luas permukaan karbon dianalisis menggunakan metode BET. Hasil analisis menunjukkan karbon aktif memiliki luas permukaan spesifik 821 m²/g luas permukaan ini lebih besar dibandingkan luas permukaan pasir kuarsa teraktivasi HCl 1M sebesar 222,068 m²/g (Susanti, 2017), luas permukaan zeolit sebesar 73,31 m²/g (Pratomo, 2017) dan tanah andisol sebesar 257,84 m²/g (Saputro, 2014). Makin besar luas permukaan yang dihasilkan makin banyak kandungan adsorbat yang melekat pada permukaan karbon (Zulaeha, 2018).



Gambar 7. Variasi komposisi Pasir Kuarsa/Tanah Andisol/Zeolit/Karbon Aktif A = Tanpa Perlakuan, B = 100/0/0/0, C = 0/100/0/0, D = 0/0/100/0, E=0/0/0/100, F = 25/25/25/25, G =

40/20/20/20, H = 20/40/20/20 I=20/20/40/20 dan J = 20/20/20/40 terhadap penurunan kandungan logam Mn

Tabel 13. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben Terhadap Penurunan Kandungan Logam Mn

Pasir Kuarsa/Tanah Andisol/Zeolit/Karbon Aktif	konsentrasi logam Mn Sebelum Bendungan (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Mn Bendungan Walahar (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Mn Sungai Citarum 1 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Mn Sungai Citarum 2 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan
Tanpa perlakuan (A)	0,0051	0,0055	0,0080	0,0200
100/0/0/0 (B)	0,0042	0,0052	0,0070	0,0180
0/100/0/0 (C)	0,0050	0,0049	0,0064	0,0165
0/0/100/0 (D)	0,0045	0,0046	0,0060	0,0155
0/0/0/100 (E)	0,0044	0,0042	0,0058	0,0152
25/25/25/25 (F)	0,0048	0,0049	0,0068	0,0172
40/20/20/20 (G)	0,0045	0,0046	0,0063	0,0147
20/40/20/20 (H)	0,0048	0,0045	0,0056	0,0137
20/20/40/20 (I)	0,0045	0,0042	0,0058	0,0135
20/20/20/40 (J)	0,0035	0,0035	0,0043	0,0090

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Sebelum bendungan (SB) kandungan logam ketika diolah dengan 9 variasi perlakuan didapat komposisi optimum pada variasi pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif 20/20/20/40 dengan konsentrasi akhir logam Mn akhir setelah penggunaan adsorben tersebut sebesar 0,0035 ppm. Lokasi selanjutnya seperti Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) memiliki kualitas penurunan logam Mn terbaik pada komposisi pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif 20/20/20/40 dengan konsentrasi logam Mn setelah penggunaan variasi komposisi tersebut masing masing sebesar 0,0035 ppm, 0,0043 ppm dan 0,00905 ppm. Lokasi yang memiliki kandungan logam Mn terendah yaitu terletak pada 2 lokasi yaitu lokasi sebelum bendungan dan setelah bendungan walahar masing masing sebesar 0,0035 ppm. Keempat lokasi tersebut telah memenuhi ambang baku mutu sesuai Peraturan Menteri Kesehatan (Permeskes) Nomor 32 tahun 2017. Hasil penelitian Noor (2018) penjernihan logam Mn menggunakan karbon aktif 25%, pasir silika 35%, manganese 20%, zeolit 20% didapat konsentrasi outlet sebesar 0,1 ppm.

Hasil uji statistik pengaruh komposisi variasi adsorben terhadap kandungan logam Mn dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 14. Statistik uji linieritas pengaruh variasi komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Mn pada lokasi pengambilan sampel

Lokasi	R Hitung	R Tabel	Signifikansi Hitung	Signifikansi 5 %	Keterangan
Sebelum Bendungan (SB)	0,518	0,632	0,125	0,05	Tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Mn
Bendungan Walahar (BW)	0,852	0,632	0,002	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Mn
Sungai Citarum 1 (SC1)	0,821	0,632	0,004	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Mn
Sungai Citarum 2 (SC2)	0,891	0,632	0,001	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Mn

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil analisis statistik menunjukkan jika $R_{hitung} > R_{tabel}$ atau $signifikansi_{hitung} < signifikansi_{tabel}$ maka hipotesis alternatif diterima artinya Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Mn. Apabila hasil $R_{hitung} < R_{tabel}$ atau $signifikansi_{hitung} > signifikansi_{tabel}$ maka hipotesis nul diterima artinya Tidak Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Mn. Hasil ini menunjukkan bahwa pengolahan variasi komposisi adsorben tidak mempengaruhi dari penurunan kualitas Mangan ini dapat dilihat pada Tabel 17. Hasil uji statistik dari ketiga lokasi yaitu Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan adanya pengaruh signifikan antara pengaruh komposisi dengan penurunan kualitas logam Mn yang dapat dibuktikan data statistik pada Tabel 18.

Tabel 15. Statistik uji F Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben terhadap Penurunan Kandungan Logam Mn

Lokasi	F hitung	F tabel	Signifikansi hitung	Signifikansi 5%	Keterangan
Sebelum Bendungan (SB)	2,930	5,32	0,125	0,05	Tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Mn
Bendungan	21,146	5,32	0,002	0,05	Ada pengaruh

Walahar (BW)						komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Mn
Sungai Citarum 1 (SC1)	16,571	5,32	0,004	0,05		Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Mn
Sungai Citarum 2 (SC2)	30,485	5,32	0,001	0,05		Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Mn

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

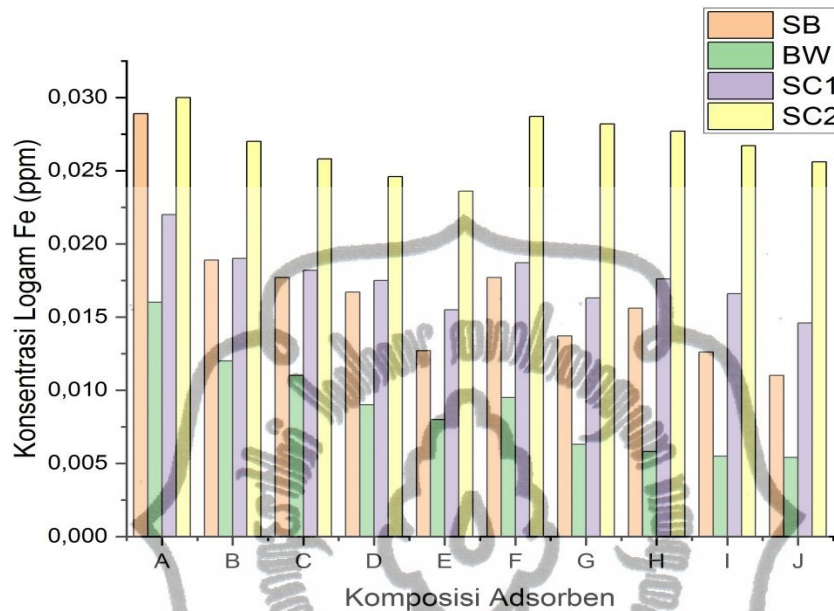
Hasil analisis statistik menunjukkan jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau signifikansi hitung < signifikansi tabel maka hipotesis alternatif diterima artinya Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Mn. Apabila hasil $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau signifikansi hitung > signifikansi tabel maka hipotesis nul diterima artinya tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Mn. Hasil ini menunjukkan bahwa pengolahan variasi komposisi adsorben tidak mempengaruhi dari penurunan kualitas Mn (Mangan) di lokasi sebelum bendungan ini dapat dilihat pada Tabel 18. Hasil uji statistik dari ketiga lokasi yaitu Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan adanya pengaruh signifikan antara pengaruh komposisi dengan penurunan kualitas logam Mn yang dapat dibuktikan data statistik pada Tabel 18.

2. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben Pasir Kuarsa/Zeorlit/Tanah Andisol/Karbon Aktif terhadap Penurunan Kandungan Logam Fe

Titik sampel yang digunakan meliputi Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi adsorben dan variasi lokasi penelitian terhadap kandungan logam Fe yang ditunjukkan pada Gambar 12 dan Tabel 19.

Pada Gambar 12 variasi komposisi adsorben menunjukkan bahwa komposisi pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif 20/20/20/40 merupakan komposisi terbaik untuk menurunkan kadar Fe pada keempat lokasi tersebut. Variasi lokasi pada Gambar 12 menunjukkan bahwa pada Bendungan Walahar (BW) memiliki kadar logam Fe yang lebih

kecil dibanding dengan keempat lokasi lainnya. Penjelasan lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 19.



Gambar 8. Variasi Komposisi Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif A = Tanpa Perlakuan, B = 100/0/0/0, C = 0/100/0/0, D = 0/0/100/0, E=0/0/0/100, F = 25/25/25/25, G = 40/20/20/20, H = 20/40/20/20 I=20/20/40/20 dan J = 20/20/20/40 terhadap penurunan kandungan logam Fe

Tabel 16. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben Terhadap Penurunan Kandungan logam Fe

Pasir Kuarsa/ Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif	konsentrasi logam Fe Sebelum Bendungan (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Fe Walaha (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Fe Sungai Citarum 1 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Fe Sungai Citarum 2 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan
Tanpa perlakuan (A)	0,0289	0,0160	0,0220	0,0300
100/0/0/0 (B)	0,0189	0,0120	0,0190	0,0270
0/100/0/0 (C)	0,0177	0,0110	0,0182	0,0258
0/0/100/0 (D)	0,0167	0,0090	0,0175	0,0246
0 /0/0/100 (E)	0,0127	0,0080	0,0155	0,0236
25/25/25/25 (F)	0,0177	0,0095	0,0187	0,0287
40/20/20/20 (G)	0,0137	0,0063	0,0163	0,0282

Pasir Kuarsa/ Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif	konsentrasi logam Fe Sebelum Bendungan (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Fe Walaha (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Fe Sungai Citarum 1 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Fe Sungai Citarum 2 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan
20/40/20/20 (H)	0,0156	0,0058	0,0176	0,0277
20/20/40/20 (I)	0,0126	0,0055	0,0166	0,0267
20/20/20/40 (J)	0,0110	0,0054	0,0146	0,0256

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Besi (Fe) dapat dihasilkan dari proses antropogenik. Menurut Yunginger dkk. (2018), proses antropogenik adalah proses yang dihasilkan oleh aktivitas manusia, misalkan adanya pencemaran yang diakibatkan oleh bahan bakar, limbah industri dan limbah domestik, limbah peternakan, hingga limbah pertanian dan perkebunan. Hasil penelitian pada Gambar 12 dan Tabel 19 menunjukkan bahwa kandungan logam Fe pada keempat lokasi yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walaha (BW), Sungai Citarum1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) sebesar 0,0289 ppm, 0,0160 ppm, 0,0220 ppm dan 0,0300 ppm. Kandungan logam Fe tersebut lebih rendah dibandingkan penelitian Kirana (2019) di Sungai Citarum yaitu sebesar 4,41 ppm. Keempat titik pengambilan lokasi tersebut yaitu Sebelum Bendungan Walaha (SB), Bendungan Walaha (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) juga memenuhi standar baku mutu Permenkes nomor 32 tahun 2017. Kandungan logam Fe yang telah memenuhi standar baku mutu, hal ini menunjukkan bahwa dengan pelaksanaan Peraturan Presiden nomor 15 tahun 2018 tentang Percepatan Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan DAS Citarum cukup berhasil. Keberhasilan ini juga dengan melibatkan semua pemangku kepentingan melalui tahapan-tahapan diskusi baik di tingkat pemerintah pusat, provinsi, kabupaten/kota, swasta, akademisi dan penggiat lingkungan. Program Pengendalian pencemaran ini difokuskan pada penyelesaian masalah dalam aspek penanganan lahan kritis, penanganan limbah industri, perikanan dan peternakan, penanganan limbah cair domestik dan persampahan, pengendalian pemanfaatan ruang/sungai, penegakan hukum, edukasi dan hubungan masyarakat, serta pemantauan kualitas air. Demi mendukung pemerintah maka dilakukan pengolahan logam tersebut. Hasil pengolahan air Sungai Citarum ditunjukkan pada Gambar 12, Tabel 19 dan Tabel 20. Dan hasil uji statistik pengaruh variasi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe dapat dilihat pada Tabel 19 dan Tabel 20.

Dengan perlakuan 9 variasi komposisi adsorben menunjukkan bahwa komposisi pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif sebesar 20/20/20/40 merupakan komposisi terbaik pada keempat lokasi tersebut. Penurunan kandungan logam Fe terbaik terletak pada lokasi Bendungan Walahar (BW) sebesar 0,0054 ppm. Lokasi selanjutnya seperti Sebelum Bendungan Walahar (SB), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) setelah diolah menggunakan adsorben dengan komposisi tersebut mengalami penurunan kandungan logam Fe menjadi sebesar 0,011 ppm, 0,0146 ppm dan 0,0256 ppm.

Tabel 17. Statistik uji linieritas pengaruh variasi komposisi adsorben terhadap penurunan Kandungan Logam Fe pada lokasi pengambilan sampel

Lokasi	R Hitung	R Tabel	Signifikansi Hitung	Signifikansi 5%	Keterangan	Sumber :
Sebelum Bendungan (SB)	0,796	0,632	0,006	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe	Hasil Analisis, 2020.
Bendungan Walahar (BW)	0,929	0,632	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe	Hasil analisis statistik
Sungai Citarum 1 (SC1)	0,765	0,632	0,010	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe	Hasil analisis statistik
Sungai Citarum 2 (SC2)	0,153	0,632	0,672	0,05	Tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe	Hasil analisis statistik

menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe di lokasi Sungai Citarum 2 (SC2). Hasil tersebut karena $R_{\text{Hitung}} < R_{\text{Tabel}}$ atau $\text{Signifikansi Hitung} > \text{Signifikansi Tabel}$ maka hipotesis nul diterima. Hasil analisis statistik ketiga lokasi yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW) dan Sungai Citarum 1 (SC1) menunjukkan ada pengaruh variasi komposisi adsorben dengan penurunan kandungan logam Fe. Hasil ini dikarenakan $R_{\text{Hitung}} > R_{\text{Tabel}}$ atau $\text{Signifikansi Hitung} < \text{Signifikansi Tabel}$ maka hipotesis alternatif diterima.

Dengan perlakuan 9 variasi komposisi adsorben menunjukkan bahwa komposisi pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif sebesar 20/20/20/40 merupakan komposisi terbaik pada keempat lokasi tersebut. Penurunan kandungan logam Fe terbaik terletak pada lokasi Bendungan Walahar (BW) sebesar 0,0054 ppm. Lokasi selanjutnya seperti Sebelum Bendungan Walahar (SB), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) setelah

diolah menggunakan adsorben dengan komposisi tersebut mengalami penurunan kandungan logam Fe menjadi sebesar 0,011 ppm, 0,0146 ppm dan 0,0256 ppm.

Tabel 18. Statistik uji F Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben terhadap Penurunan Kandungan Logam Fe

Lokasi	F hitung	F tabel	Signifikansi hitung	Signifikansi 5%	Keterangan	Sumber :
Sebelum Bendungan (SB)	13,815	5,32	0,006	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe	Hasil Analisis, 2020.
Bendungan Walahar (BW)	50,168	5,32	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe	Hasil analisis statistik
Sungai Citarum 1 (SC1)	16,571	5,32	0,010	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe	Hasil analisis statistik
Sungai Citarum 2 (SC2)	0,193	5,32	0,672	0,05	Tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe	Hasil analisis statistik

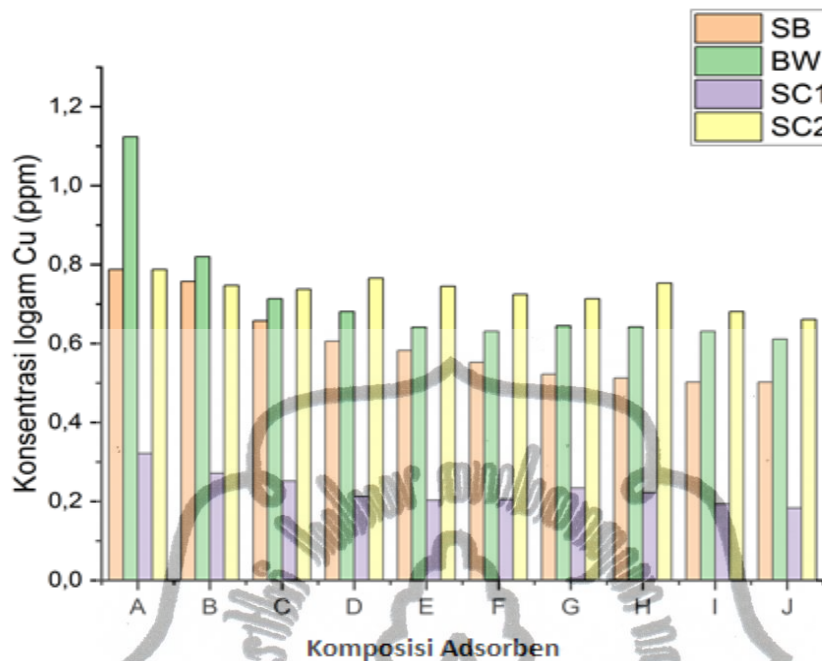
menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe di lokasi Sungai Citarum 2 (SC2). Hasil tersebut karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau signifikansi hitung $>$ signifikansi tabel maka hipotesis nul diterima. Hasil analisis statistik ketiga lokasi yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW) dan Sungai Citarum 1 (SC1) menunjukkan ada pengaruh variasi komposisi adsorben dengan penurunan kandungan logam Fe. Hasil ini dikarenakan $R_{hitung} > R_{tabel}$ atau signifikansi hitung $<$ signifikansi tabel maka hipotesis alternatif diterima.

3. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben Pasir Kuarsa/Zeorlit/Tanah Andisol/Karbon Aktif terhadap Penurunan Kandungan Logam Cu

Hasil pengujian pada keempat titik sampel yang digunakan meliputi Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi adsorben dan variasi lokasi penelitian terhadap kandungan logam Cu yang ditunjukkan pada Gambar 13 dan Tabel 22.

Gambar 13 menunjukkan bahwa kandungan penurunan logam tembaga (Cu) paling rendah pada komposisi pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif sebesar 20/20/20/40.

Pengaruh komposisi adsorben pada terhadap penurunan kandungan logam Cu pada keempat lokasi pengambilan sampel penelitian dapat dilihat pada Tabel 22.



Gambar 9. Variasi Komposisi Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif A = Tanpa Perlakuan, B = 100/0/0/0, C = 0/100/0/0, D = 0/0/100/0, E=0/0/0/100, F = 25/25/25/25, G = 40/20/20/20, H = 20/40/20/20 I=20/20/40/20 dan J = 20/20/20/40 terhadap penurunan kandungan logam Cu

Gambar 13 dan Tabel 22 menunjukkan kandungan Cu yang cukup tinggi. Konsentrasi logam berat Cu yang tinggi ini bisa disebabkan adanya buangan limbah dari kegiatan antropogenik di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) serta sepanjang aliran Sungai Citarum. Limbah yang diperkirakan berpotensi mengandung Cu diantaranya adalah pupuk yang berasal dari kegiatan pertanian dan perkebunan. Di bagian hulu Sungai Citarum terdapat kegiatan pertanian dan perkebunan yang menghasilkan limbah sisa-sisa pupuk dan pestisida (BRPPU, 2010). Menurut Alloway (1995), kisaran Cu dalam pupuk fosfat yang digunakan dalam kegiatan pertanian berkisar 1-300 mg/kg Cu. Hasil penelitian Yunus *et al.* (2010) menemukan konsentrasi Cu yang lebih tinggi (7,65-18,65 µg/g berat kering) di sedimen muara Sungai dibandingkan dengan daerah yang lebih jauh dari muara. Hal ini diduga karena masukan dari limbah domestik serta kegiatan pertanian yang menggunakan pupuk dan pestisida sehingga perlu dilakukan pengolahan untuk menanggulangi permasalahan tersebut. Sebagaimana hasil penelitian ini bahwa lokasi di sepanjang sekitar pinggiran aliran Sungai Citarum ini merupakan wilayah budidaya pertanian, perikanan, peternakan dan perkebunan serta wilayah yang cukup padat penduduk serta adanya beberapa kegiatan usaha kecil dan

menengah yang sebagian masih melakukan pembuangan limbah ke arah sungai, atau pengolahan limbah yang belum sempurna. Sebenarnya melalui dinas terkait yaitu Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kabupaten Karawang bekerjasama dengan satuan tugas (Satgas) Citarum Harum wilayah Karawang yang meliputi sektor 16, 17, 18 dan 19. sudah gencar melakukan sosialisasi pentingnya pengelolaan limbah baik melalui IPAL komunal maupun IPAL mandiri.

Tabel 19. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben terhadap Penurunan Kandungan Logam Cu

Pasir Kuarsa/Zeolit /Tanah Andisol/ Karbon Aktif	konsentrasi logam Cu Sebelum Bendungan (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Cu Walaha (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Cu Sungai Citarum 1 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Cu Sungai Citarum 2 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan
Tanpa perlakuan (A)	0,787	1,123	0,321	0,787
100/0/0/0 (B)	0,757	0,820	0,271	0,747
0/100/0/0 (C)	0,657	0,713	0,251	0,737
0/0/100/0 (D)	0,606	0,681	0,212	0,765
0/0/0/100 (E)	0,582	0,641	0,203	0,745
25/25/25/25 (F)	0,552	0,631	0,205	0,724
40/20/20/20 (G)	0,522	0,645	0,234	0,713
20/40/20/20 (H)	0,512	0,642	0,222	0,753
20/20/40/20 (I)	0,502	0,631	0,193	0,681
20/20/20/40 (J)	0,502	0,611	0,183	0,661

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil penelitian setelah perlakuan 9 komposisi adsorben pada keempat titik sampel yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walaha (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) didapat komposisi optimal pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif pada komposisi 20/20/20/40 dengan kandungan logam Cu pada Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walaha (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) yang terukur sebesar 0,5025 ppm, 0,6112 ppm, 0,1832 ppm dan 0,6613 ppm. Kandungan tersebut setelah diolah belum memenuhi persyaratan ambang baku mutu logam tembaga 0,02 ppm menurut peraturan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PPRI) Nomor 82 Tahun 2001. Adapun lokasi yang memiliki kandungan logam Cu terendah pada

Hasil uji statistik variasi komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Cu pada keempat lokasi dapat dilihat pada Tabel 22 dan Tabel 23.

Tabel 20. Uji Linieritas pengaruh variasi komposisi adsorben terhadap penurunan Kandungan Logam Cu pada lokasi pengambilan sampel

Lokasi	R Hitung	R Tabel	Signifikansi Hitung	Signifikansi 5%	Keterangan
Sebelum Bendungan (SB)	0,939	0,632	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe
Bendungan Walahar (BW)	0,752	0,632	0,012	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe
Sungai Citarum 1 (SC1)	0,818	0,632	0,004	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe
Sungai Citarum 2 (SC2)	0,816	0,632	0,004	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil analisis statistik keempat lokasi tersebut, yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan ada pengaruh variasi komposisi adsorben dengan penurunan kandungan logam Cu. Hasil ini ditunjukkan oleh $R_{\text{Hitung}} > R_{\text{Tabel}}$ atau Signifikansi Hitung < Signifikansi Tabel maka hipotesis alternatif diterima.

Tabel 21. Uji F Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben terhadap Penurunan Kandungan Logam Cu

Lokasi	F hitung	F tabel	Signifikansi hitung	Signifikansi 5 %	Keterangan
Sebelum Bendungan (SB)	60,176	5,32	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe
Bendungan Walahar (BW)	10,466	5,32	0,012	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe

commit to user

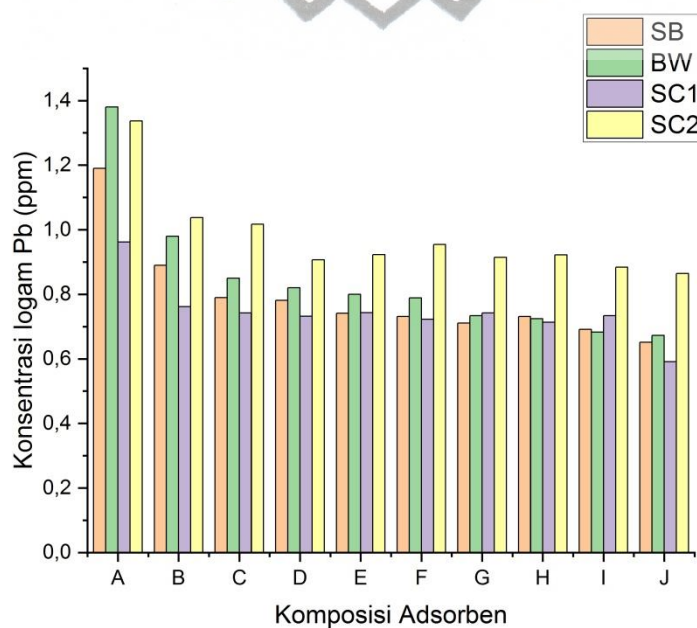
Sungai Citarum 1 (SC1)	16,227	5,32	0,004	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe
Sungai Citarum 2 (SC2)	15,972	5,32	0,004	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Fe

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil analisis statistik keempat lokasi tersebut, yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan ada pengaruh variasi komposisi adsorben dengan penurunan kandungan logam Cu. Hasil ini ditunjukkan oleh $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau signifikansi hitung < signifikansi tabel maka hipotesis alternatif diterima.

4. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif terhadap Penurunan Kandungan Logam Pb

Titik sampel yang digunakan meliputi Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi adsorben dan variasi lokasi penelitian terhadap kandungan logam Pb yang ditunjukkan pada Gambar 14 dan Tabel 25.



Gambar 10. Variasi Komposisi Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif A = Tanpa Perlakuan, B = 100/0/0/0, C = 0/100/0/0, D = 0/0/100/0, E=0/0/0/100, F =

**25/25/25/25, G = 40/20/20 /20, H = 20/40/20/20 I=20/20/40/20 dan J = 20/20/20 /40
terhadap penurunan kandungan logam Pb**

Hasil Gambar 14 menunjukkan bahwa komposisi pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif komposisi 20/20/20/40 adalah komposisi yang optimum untuk menurunkan logam Pb. Penurunan logam Pb pada berbagai variasi adsorben ditampilkan lebih detail pada Tabel 25.

Hasil penelitian pada Gambar 14 dan Tabel 25 menunjukkan pengambilan sampel awal keempat titik lokasi tersebut yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) kandungan Pb yang terukur berturut turut adalah sebesar 1,190 ppm, 1,380 ppm, 0,960 ppm dan 1,330 ppm. Kandungan Pb ini berasal dari Pb juga dapat dihasilkan dari kegiatan pertanian dan perkebunan yang berada di sebelah hulu dan sepanjang sekitar aliran Sungai Citarum. Berdasarkan penelitian lain diketahui bahwa pupuk fosfat dan nitrat diperkirakan mengandung Pb berturut-turut sebesar 7-225 mg/kg dan 2-27 mg/kg (Alloway, 1995). Kegiatan transportasi juga diduga berkontribusi terhadap konsentrasi logam Pb di perairan dan yang mengalir ke aliran sungai. Sebagai analogi hal seperti ini juga terjadi di daerah pelabuhan umumnya menjadi salah satu penyumbang bagi keberadaan Pb di air laut (Rochyatun *et al.*, 2006; Naria, 2005). Umumnya bahan bakar minyak mendapat zat tambahan *tetraetyl* yang mengandung Pb untuk meningkatkan mutu bahan bakar khususnya bensin yaitu sebagai anti *knocking* (anti letup), pencegah korosi, anti oksidan, diaktivator logam, anti pengembunan dan zat pewarna. Dari penelitian ini kandungan logam Pb menunjukkan telah melebihi ambang baku yaitu ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 tahun 2017 untuk kandungan timbal ialah 0,05 ppm. Hasil uraian tersebut menunjukkan bahwa air di keempat lokasi sampel tersebut harus diolah melalui proses penjernihan dalam hal ini menggunakan filter dengan komposisi adsorben pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif untuk menurunkan kandungan Pb pada air tersebut.

Tabel 22. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben terhadap Penurunan Kandungan Logam Pb

Pasir Kuarsa/Zeolit /Tanah Andisol/ Karbon Aktif	konsentrasi logam Pb Sebelum Bendungan (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Pb Walahar (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Pb Sungai Citarum 1 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Pb Sungai Citarum 2 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan
Tanpa perlakuan (A)	1,190	1,380	0,962	1,337

Pasir Kuarsa/Zeolit /Tanah Andisol/ Karbon Aktif	konsentrasi logam Pb Sebelum Bendungan (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Pb Walaha (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Pb Sungai Citarum 1 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi logam Pb Sungai Citarum 2 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan
100/0/0/0 (B)	0,890	0,980	0,762	1,037
0/100/0/0 (C)	0,790	0,850	0,742	1,017
0/0/100/0 (D)	0,781	0,820	0,732	0,907
0/0/0/100 (E)	0,741	0,800	0,743	0,923
25/25/25/25 (F)	0,731	0,789	0,723	0,954
40/20/20/20 (G)	0,711	0,734	0,742	0,914
20/40/20/20 (H)	0,731	0,724	0,713	0,922
20/20/40/20 (I)	0,691	0,683	0,734	0,884
20/20/20/40 (J)	0,651	0,673	0,591	0,864

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Gambar 14 dan Tabel 25 menunjukkan bahwa dari 9 variasi komposisi adsorben menunjukkan bahwa komposisi pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif dengan komposisi 20/20/20/40 merupakan komposisi terbaik. Penurunan kandungan logam Pb terbaik terletak pada lokasi Sungai Citarum 1 (SC1) sebesar 0,59142 ppm. Lokasi selanjutnya pada Sebelum Bendungan Walaha (BW), Bendungan Walaha (BW) dan Sungai Citarum 2 (SC2), Setelah diolah menggunakan adsorben dengan komposisi tersebut mengalami penurunan kandungan logam Pb menjadi sebesar 0,651 ppm, 0,673 ppm dan 0,864 ppm dan kandungan tersebut menunjukkan telah dibawah standar baku mutu seperti pada Permenkes nomor 32 tahun 2017 yaitu mempersyaratkan kandungan dibawah 0,05 ppm. Adapun hasil uji statistik pengaruh variasi komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Pb ini dapat dilihat pada Tabel 26 dan Tabel 27.

Tabel 23. Uji Linieritas pengaruh variasi komposisi adsorben terhadap penurunan Kandungan Logam Pb

Lokasi	R Hitung	R Tabel	Signifikansi Hitung	Signifikansi 5%	Keterangan
Sebelum Bendungan (SB)	0,803	0,632	0,005	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Pb
Bendungan Walaha (BW)	0,820	0,632	0,004	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Pb
Sungai Citarum 1	0,748	0,632	0,013	0,05	Ada pengaruh

(SC1)					komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Pb	S
Sungai Citarum 2 (SC2)	0,764	0,632	0,01	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Pb	umb er : Hasi 1 Anal isis, 202
0.						

Hasil analisis statistik menunjukkan jika $R_{\text{hitung}} > R_{\text{Tabel}}$ atau Signifikansi Hitung < Signifikansi Tabel maka hipotesis Alternatif diterima artinya Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Pb. Apabila hasil $R_{\text{hitung}} < R_{\text{Tabel}}$ atau Signifikansi Hitung > Signifikansi Tabel maka hipotesis Nul diterima artinya Tidak Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Pb. Dari hasil uji statistik menunjukkan bahwa pengolahan variasi komposisi adsorben mempengaruhi dari penurunan kualitas Pb ini dapat dilihat pada Tabel 16. Hasil statistik dari ketiga lokasi yaitu Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan adanya pengaruh signifikan antara pengaruh komposisi dengan penurunan kualitas logam Pb dibuktikan oleh data statistik pada Tabel 26 dan Tabel 27.

Tabel 24. Uji F Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben terhadap Penurunan Kandungan Logam Pb

Lokasi	F hitung	F tabel	Signifikansi hitung	Signifikansi 5%	Keterangan	Sum ber : Hasi 1 Anal isis, 202 0. H asil anali sis stati
Sebelum Bendungan (SB)	14,503	5,32	0,005	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Pb	
Bendungan Walahar (BW)	16,446	5,32	0,004	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Pb	
Sungai Citarum 1 (SC1)	10,173	5,32	0,013	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Pb	
Sungai Citarum 2 (SC2)	11,242	5,32	0,01	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Pb	

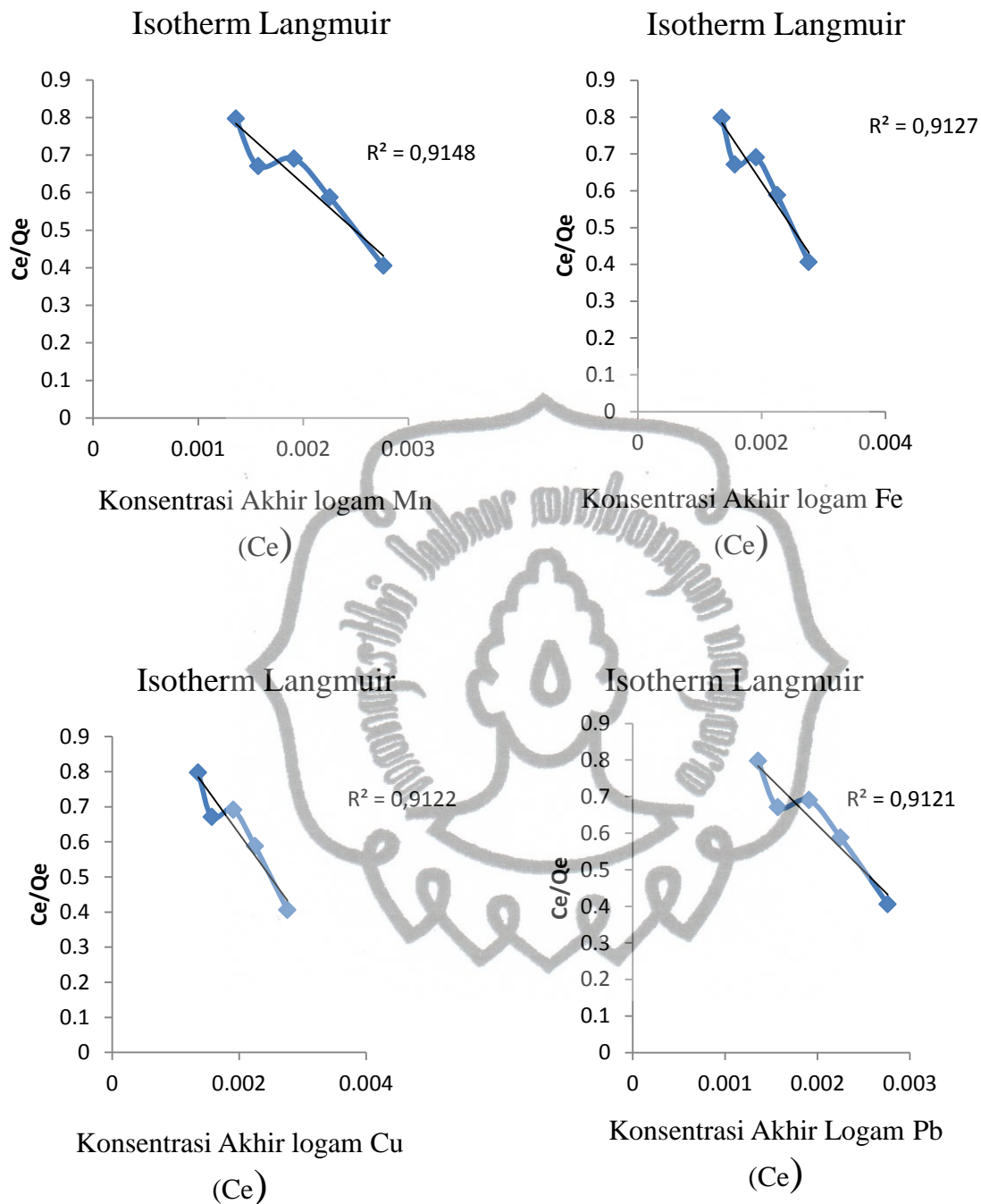
stik menunjukkan jika $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ atau signifikansi hitung < signifikansi tabel maka hipotesis Alternatif diterima artinya Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan

kandungan logam Pb. Apabila hasil $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau signifikansi hitung $>$ signifikansi tabel maka hipotesis nul diterima artinya tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan logam Pb. Dari hasil uji statistik menunjukkan bahwa pengolahan variasi komposisi adsorben mempengaruhi dari penurunan kualitas Pb ini dapat dilihat pada Tabel 27. Hasil statistik dari ketiga lokasi yaitu pada Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan adanya pengaruh signifikan antara pengaruh komposisi dengan penurunan kualitas logam Pb dibuktikan oleh data statistik pada Tabel 27.

Optimasi variasi konsentrasi awal zat warna bertujuan untuk mengetahui besarnya konsentrasi adsorbat optimum yang dapat diadsorpsi oleh adsorben. Selain itu, juga digunakan untuk menentukan jenis isotherm adsorpsi. Jenis isotherm adsorpsi yang dikaji ini berguna untuk mengetahui penyerapan yang terjadi antara adsorben dan adsorbat. Kapasitas dan energi adsorpsi juga didasarkan pada isotherm adsorpsi yang didapatkan dari variasi konsentrasi awal larutan Logam Mn, Fe, Cu dan Pb. Semakin tinggi adsorbat, adsorpsi akan meningkat. Adsorpsi yang terjadi harus dalam keadaan kesetimbangan, yaitu laju desorpsi dan adsorpsi berlangsung relatif sama (Zakaria, 2011).

Untuk memberikan gambaran dalam hal pembahasan mengenai isotherm adsorpsi komposisi pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif 20/20/20/40 memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan Logam Mn, Fe, Cu dan Pb baik secara kimia dan fisika. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode isotherm Langmuir dan Freundlich. Penentuan isotherm tersebut didasarkan atas harga R^2 grafik. Kurva isotherm Langmuir dan Freundlich untuk Logam Mn, Fe, Cu dan Pb dapat dilihat pada Gambar 15 dan Gambar 16.

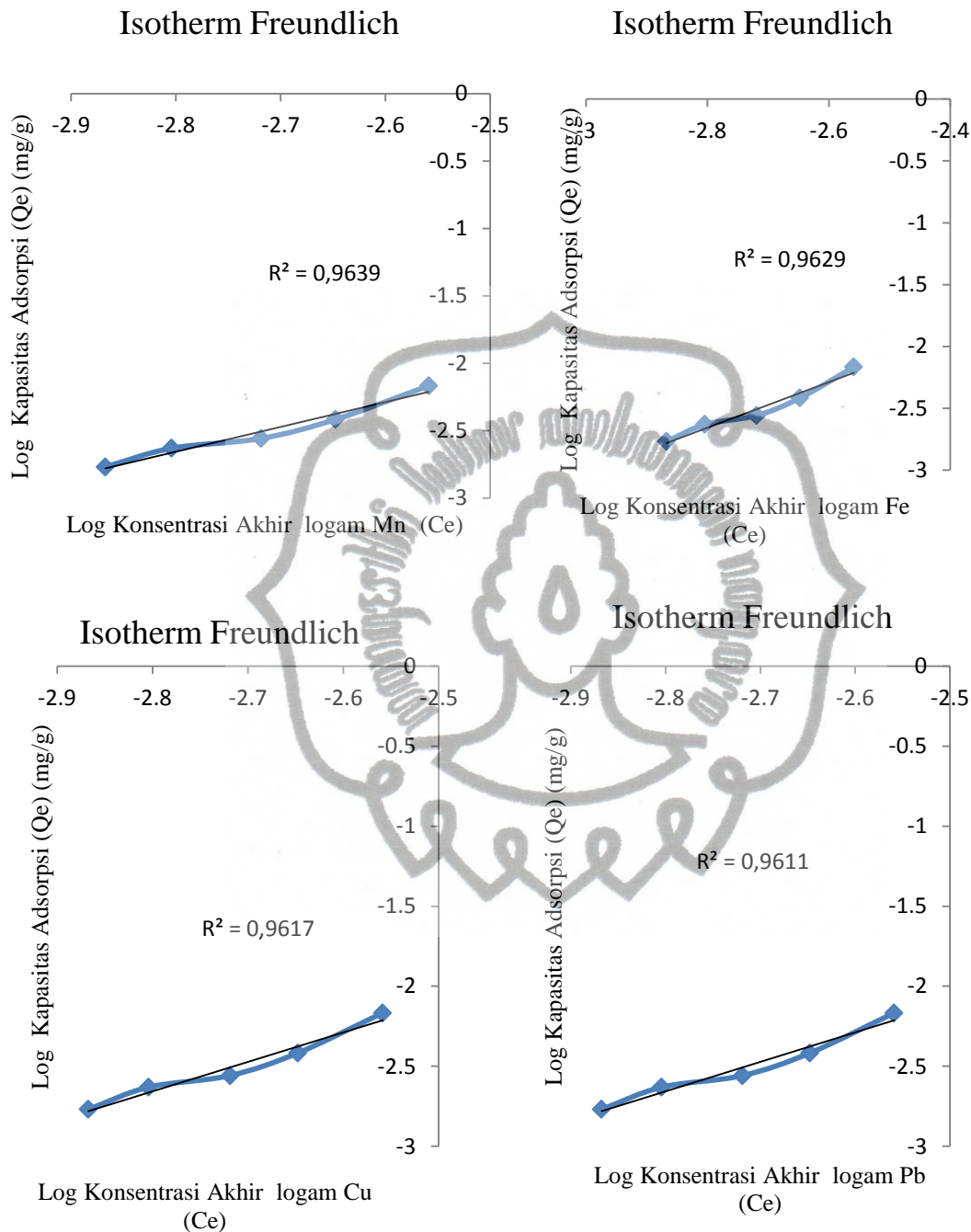
Pada Gambar 15 dan 16 ditunjukkan bahwa isotherm Langmuir memberikan nilai $R^2 = 0,9148$ (Mn), $R^2 = 0,9127$ (Fe), $R^2 = 0,9122$ (Cu), dan $R^2 = 0,9121$ (Pb). Sedangkan grafik isotherm Freundlich memberikan nilai $R^2 = 0,9639$ (Mn), $R^2 = 0,9629$ (Fe), $R^2 = 0,9617$ (Cu) dan $R^2 = 0,9611$ (Pb). Hal ini berarti adsorpsi kimia maupun fisika sama-sama terjadi, tetapi kecenderungannya lebih dominan adsorpsi fisika. Gaya tarik-menarik dari suatu padatan dibedakan menjadi dua jenis yaitu gaya fisika dan gaya kimia yang masing-masing menghasilkan adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*). Adsorpsi fisika adalah proses interaksi antara adsorben dengan adsorbat yang melibatkan gaya-gaya antar molekul seperti gaya van der Waals, sedangkan adsorpsi kimia terjadi jika interaksi adsorben dan adsorbat melibatkan pembentukan ikatan kimia. Proses adsorpsi melibatkan berbagai macam gaya yakni gaya van der Waals, gaya elektrostatis, ikatan hidrogen serta ikatan kovalen (Martell and Hancock, 1996).



Gambar 11. Kurva Isotherm Langmuir Logam Mn, Fe, Cu dan Pb.

Isotherm Langmuir menunjukkan bahwa proses adsorpsi antara adsorben dan adsorbat terjadi secara kimia membentuk lapisan tunggal (*monolayer*) (Bentahar *et al.*, 2016). Gambar 15 diperoleh nilai R^2 mendekati 1 yang menunjukkan bahwa gugus aktif adsorben berinteraksi dengan Logam Mn, Fe, Cu dan Pb melalui ikatan kimia. Mekanisme reaksi adalah gugus aktif silanol dan aluminol melepaskan ion H^+ yang selanjutnya berikatan

dengan OH^- dari larutan membentuk H_2O . Permukaan adsorben yang bermuatan negatif akan berikatan dengan Logam Mn, Fe, Cu dan Pb.



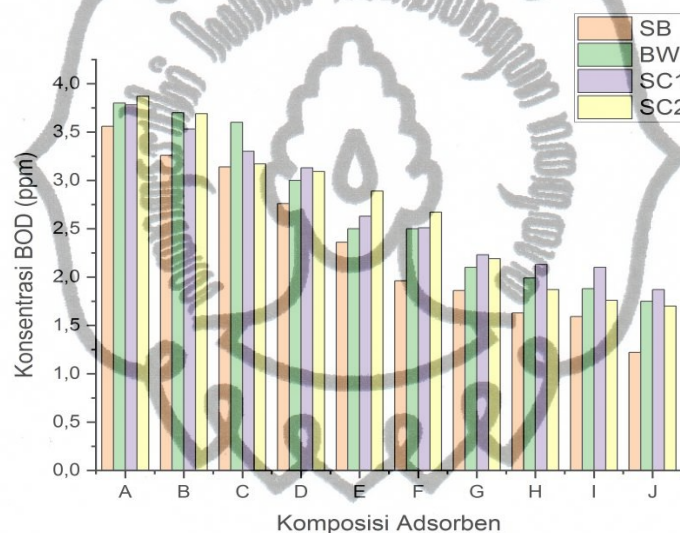
Gambar 12. Kurva Isotherm Freundlich Logam Mn, Fe, Cu dan Pb.

Dari Gambar 15 dan Gambar 16 dapat dilihat bahwa nilai R^2 isotherm Freundlich logam Mn, Fe, Cu dan Pb > nilai R^2 isotherm Langmuir logam Mn, Fe, Cu dan Pb. Hal ini mengindikasikan bahwa adsorpsi logam Mn, Fe, Cu dan Pb juga terjadi secara fisika melalui gaya *Van Der Waals*. Adapun gaya *Van Der Waals* terjadi karena permukaan adsorben yang

bersifat elektronegatif berinteraksi dengan logam Mn, Fe, Cu dan Pb yang bersifat elektropositif, meskipun interaksinya lemah. Interaksi terjadi dengan cara logam menempel pada pori-pori adsorben tanpa membentuk ikatan atau berinteraksi dengan energi ikat yang lemah melalui gaya *Van Der Waals*. Gaya tarik menarik yang lemah tersebut menyebabkan adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben sehingga dapat membentuk lapisan *multilayer* (Pranoto *et al.*, 2013).

5. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif terhadap Penurunan Kandungan BOD

Pengaruh variasi komposisi adsorben pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 13. Variasi Komposisi Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif A = Tanpa Perlakuan, B = 100/0/0/0, C = 0/100/0/0, D = 0/0/100/0, E=0/0/0/100, F = 25/25/25/25, G = 40/20/20 /20, H = 20/40/20/20 I=20/20/40/20 dan J = 20/20/20 /40 terhadap Penurunan Kandungan Logam terhadap Penurunan BOD

Gambar 17 menunjukkan komposisi optimum pasir kuarsa/zeolit /tanah andisol/karbon aktif adalah 20/20/20/40 dengan lokasi penelitian yang memiliki kandungan BOD yang paling baik adalah pada lokasi Sebelum Bendungan (SB). Pengaruh variasi komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan BOD diuraikan pada Tabel 28.

Tabel 25. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben Pada terhadap Penurunan Kandungan BOD

Pasir kuarsa /zeolit/tanah andisol/karbon aktif	konsentrasi BOD Sebelum Bendungan	konsentrasi BOD Walahar	konsentrasi BOD Sungai Citarum 1	konsentrasi BOD Sungai Citarum 2
---	-----------------------------------	-------------------------	----------------------------------	----------------------------------

Tabel	(ppm) (Akhir) dengan pengolahan	(ppm) (Akhir) dengan pengolahan	(ppm) (Akhir) dengan pengolahan	(ppm) (Akhir) dengan pengolahan
Tanpa perlakuan (A)	3,56	3,80	3,78	3,87
100/0/0/0 (B)	3,26	3,70	3,53	3,69
0/100/0/0 (C)	3,14	3,60	3,30	3,17
0/0/100/0 (D)	2,76	3,00	3,13	3,09
0/0/0/100 (E)	2,36	2,50	2,63	2,89
25/25/25/25 (F)	1,96	2,50	2,51	2,67
40/20/20/20 (G)	1,86	2,10	2,23	2,19
20/40/20/20 (H)	1,63	1,99	2,13	1,87
20/20/40/20 (I)	1,59	1,88	2,10	1,76
20/20/20/40 (J)	1,22	1,75	1,87	1,70

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Parameter BOD memberikan gambaran seberapa banyak oksigen yang telah digunakan oleh aktivitas mikroba selama kurun waktu yang ditentukan (Alaerts dan Santika, 1984). Semakin besar nilai BOD semakin besar tingkat pencemaran air oleh bahan organik. Kandungan BOD yang rendah mengindikasikan bahwa sungai tersebut bebas dari pencemaran bahan organik (Saksena *et al.*, 2008). Kandungan BOD yang tinggi dalam air tidak diinginkan karena akan mengurangi DO (Fatoki *et al.*, 2001). Hasil penelitian pada Gambar 17 dan Tabel 28 menunjukkan bahwa kandungan BOD pada keempat lokasi penelitian Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) sebelum pengolahan sebesar 3,56 ppm, 3,80 ppm, 3,78 ppm dan 3,87 ppm konsentrasi awal tersebut tidak jauh berbeda dengan penelitian Arief *et al.*, (2012) yang menyatakan konsentrasi BOD pada Sungai Citarum hulu berkisar 1,6 ppm sampai dengan 20,5 ppm dan setelah pengolahan dengan menggunakan komposisi terbaik yaitu pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif dengan perbandingan komposisi 20/20/20/40 diperoleh kandungan BOD berturut turut sebesar 1,86 ppm, 2,10 ppm, 2,23 ppm dan 2,19 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan BOD pada keempat lokasi penelitian yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan sudah memenuhi ambang baku mutu yang ditetapkan oleh Permenkes Nomor 32 tahun 2017 untuk kandungan BOD yaitu dibawah 50 ppm.

Hasil uji statistik pengaruh variasi adsorben terhadap penurunan kandungan BOD dapat dilihat pada Tabel 29 dan Tabel 30.

Tabel 26. Uji Linieritas pengaruh variasi komposisi adsorben terhadap penurunan Kandungan BOD

Lokasi	R Hitung	R Tabel	Signifikansi Hitung	Signifikansi 5%	Keterangan
Sebelum Bendungan (SB)	0,988	0,632	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan BOD
Bendungan Walahar (BW)	0,973	0,632	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan BOD
Sungai Citarum 1 (SC1)	0,983	0,632	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan BOD
Sungai Citarum 2 (SC2)	0,989	0,632	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan BOD

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil analisis statistik tersebut menunjukkan bahwa keempat lokasi yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan ada pengaruh variasi komposisi adsorben dengan penurunan kandungan BOD. Hasil ini dikarenakan $R_{\text{Hitung}} > R_{\text{Tabel}}$ atau Signifikansi Hitung < Signifikansi Tabel maka hipotesis alternatif diterima.

Tabel 27. Uji F Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben Terhadap Penurunan Kandungan BOD

Lokasi	F hitung	F tabel	Signifikansi hitung	Signifikansi 5%	Keterangan
Sebelum Bendungan (SB)	327,838	5,32	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan BOD
Bendungan Walahar (BW)	144,270	5,32	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan BOD
Sungai Citarum 1 (SC1)	235,356	5,32	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben

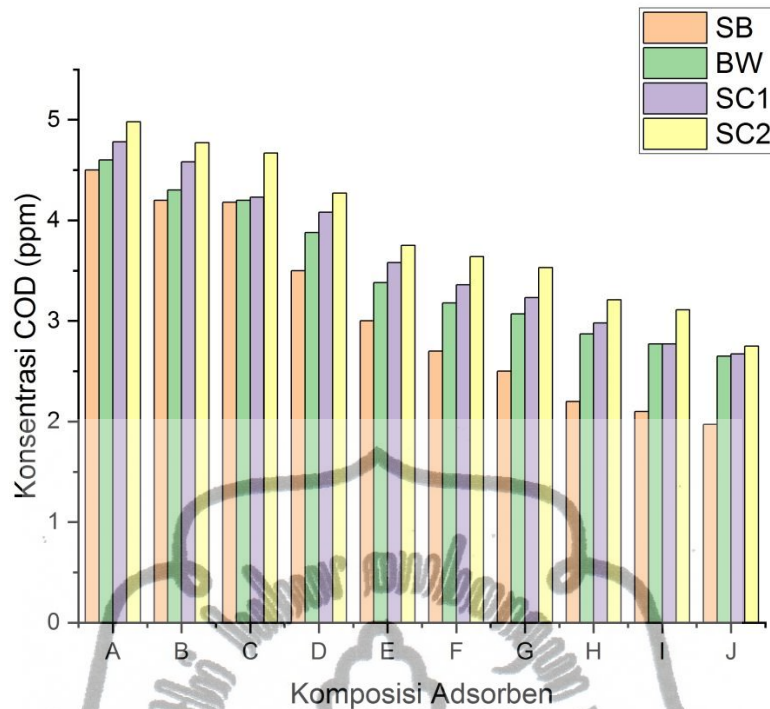
Sungai Citarum 2 (SC2)	343,021	5,32	0,000	0,05	terhadap penurunan kandungan BOD Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan BOD
-------------------------------	---------	------	-------	------	--

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil analisis statistik tersebut menunjukkan bahwa keempat lokasi yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan ada pengaruh variasi komposisi adsorben dengan penurunan kandungan BOD. Hasil ini dikarenakan $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau signifikansi hitung < signifikansi tabel maka hipotesis alternatif diterima.

6. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben Pasir Kuarsa/Zeorlit/Tanah Andisol/Karbon Aktif terhadap Penurunan Kandungan COD

Hasil penelitian pengaruh variasi komposisi adsorben pasir kuarsa/zeolite/tanah andisol/karbon aktif terhadap penurunan kandungan COD disajikan pada Gambar 18.



Gambar 14. Variasi Komposisi Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif A = Tanpa Perlakuan, B = 100/0/0/0, C = 0/100/0/0, D = 0/0/100/0, E=0/0/0/100, F = 25/25/25/25, G = 40/20/20 /20, H = 20/40/20/20 I=20/20/40/20 dan J = 20/20/20 /40 Terhadap Penurunan Kandungan Logam Terhadap Penurunan BOD

Gambar 18 menunjukkan bahwa komposisi optimum terjadi pada variasi komposisi pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif sebesar 20/20/20/40. Lokasi yang memiliki kadar COD yang paling rendah adalah lokasi sebelum bendungan. Hasil penelitian selengkapnya disajikan pada Tabel 31.

Tabel 28. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben terhadap Penurunan Kandungan COD

Pasir Kuarsa /Zeolit /Tanah Andisol /Karbon Aktif	konsentrasi COD Sebelum Bendungan (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi COD Bendungan Walahar (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi COD Sungai Citarum 1 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan	konsentrasi COD Sungai Citarum 2 (ppm) (Akhir) dengan pengolahan
Tanpa perlakuan (A)	4,50	4,60	4,78	4,98

100/0/0/0 (B)	4,20	4,30	4,58	4,77
0/100/0/0 (C)	4,18	4,20	4,23	4,67
0/0/100/0 (D)	3,50	3,88	4,08	4,27
0/0/0/100 (E)	3,00	3,38	3,58	3,75
25/25/25/25 (F)	2,70	3,18	3,36	3,64
40/20/20/20 (G)	2,50	3,07	3,23	3,53
20/40/20/20 (H)	2,20	2,87	2,98	3,21
20/20/40/20 (I)	2,10	2,77	2,77	3,11
20/20/20/40 (J)	1,97	2,65	2,67	2,75

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil Gambar 18 dan Tabel 31 menunjukkan bahwa pada penelitian ini kandungan COD pada keempat lokasi penelitian, yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) sebelum pengolahan sebesar 4,50 ppm, 4,60 ppm, 4,78 ppm dan 4,98 ppm. Hasil ini lebih kecil dibanding pada analisa kandungan COD pada Sungai Citarum sebelumnya. Adanya kegiatan Program Citarum Harum dengan Peraturan Presiden 15 tahun 2018 tentang Tentang Percepatan Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Daerah Aliran Sungai Citarum menyebabkan Sungai Citarum lebih terjaga kebersihannya. Program pemerintah ini didukung dengan pengolahan limbah termasuk pemantauan kandungan COD secara kontinyu. Dari hasil penelitian ini diperoleh komposisi terbaik yaitu pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol/karbon aktif dengan perbandingan komposisi 20/20/20/40 didapat COD berturut turut sebesar 1,97 ppm, 2,65 ppm, 2,67 ppm dan 2,75 ppm. Kandungan COD pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada keempat lokasi tersebut telah memenuhi ambang baku mutu yang ditetapkan oleh Permenkes Nomor 32 tahun 2017 untuk kandungan COD sebesar 90 ppm. Pada penelitian terdahulu diperoleh bahwa kandungan COD minimum di pada aliran Sungai Citarum mencapai 14 ppm dan maksimum 120,76 ppm pada terjadi pada musim kemarau dan pada musim penghujan minimum 12 ppm dan maksimum 290 ppm. Sedangkan pada waduk-waduk diperoleh konsentrasi minimum COD di musim kemarau 14,67 ppm dan maksimum 43,56 ppm dan musim penghujan minimum 15 ppm dan maksimum 43,0 ppm. Dengan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa program Citarum Harum yang dimulai pada tahun 2018 cukup berhasil tetapi masih perlu lebih ditingkatkan lagi.

Hasil uji statistik pengaruh variasi komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan COD ini dapat dilihat pada Tabel 32 dan Tabel 33.

Tabel 29. Uji Linieritas pengaruh variasi komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan COD

Lokasi	R hitung	R Tabel	Signifikansi hitung	Signifikansi 5%	Keterangan
Sebelum Bendungan (SB)	0,979	0,632	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan COD
Bendungan Walahar (BW)	0,981	0,632	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan COD
Sungai Citarum 1 (SC1)	0,991	0,632	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan COD
Sungai Citarum 2 (SC2)	0,989	0,632	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan COD

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil analisis statistik keempat lokasi yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan ada pengaruh variasi komposisi adsorben dengan penurunan kandungan COD. Hasil ini dikarenakan $R_{Hitung} > R_{Tabel}$ atau Signifikansi Hitung < Signifikansi Tabel maka hipotesis alternatif diterima.

Tabel 30. Uji F Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben terhadap Penurunan Kandungan COD

Lokasi	F hitung	F tabel	Signifikansi hitung	Signifikansi 5%	Keterangan
Sebelum Bendungan (SB)	188,096	5,32	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan COD
Bendungan Walahar (BW)	204,646	5,32	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan COD
Sungai Citarum 1 (SC1)	437,464	5,32	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi

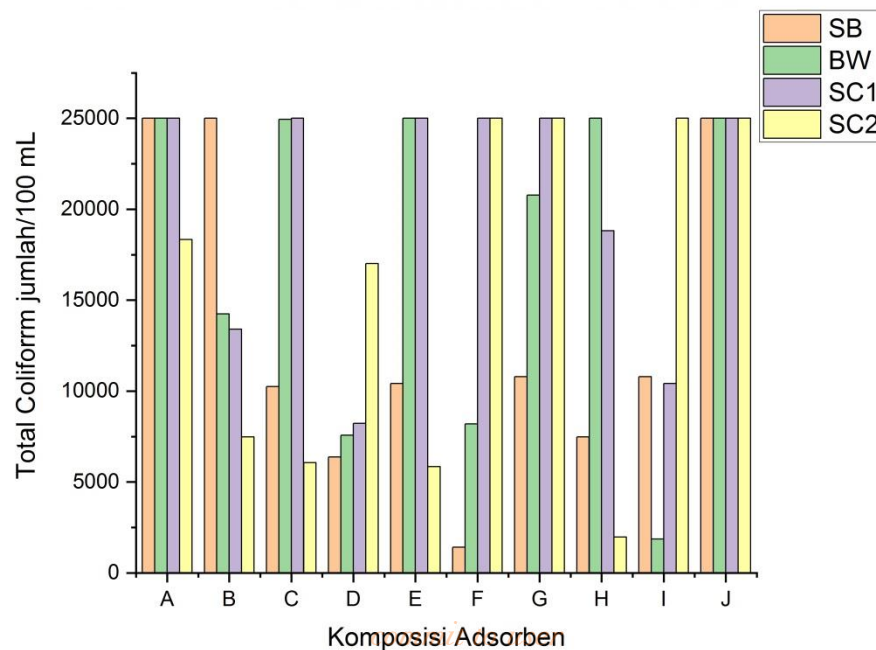
					adsorben terhadap penurunan kandungan COD
Sungai Citarum 2 (SC2)	348,416	5,32	0,000	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan COD

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil analisis statistik keempat lokasi yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan ada pengaruh variasi komposisi adsorben dengan penurunan kandungan COD. Hasil ini dikarenakan $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau signifikansi hitung < signifikansi tabel maka hipotesis alternatif diterima.

7. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben Pasir Kuarsa/Zelolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif terhadap Total *Coliform*

Hasil pengujian pada titik sampel yang digunakan meliputi Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi adsorben dan variasi lokasi penelitian terhadap kandungan Total Coliform yang ditunjukkan pada Gambar 13 dan Tabel 25.



Gambar 15. Variasi Komposisi Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif A = Tanpa Perlakuan, B = 100/0/0/0, C = 0/100/0/0, D = 0/0/100/0, E=0/0/0/100, F = 25/25/25/25, G = 40/20/20 /20, H = 20/40/20/20 I=20/20/40/20 dan J = 20/20/20 /40 Terhadap Penurunan Kandungan Total Coliform

Hasil penelitian pada Gambar 19 menunjukkan bahwa komposisi optimum adsorben terhadap penurunan total coliform Sebelum Bendungan (SB) pada komposisi Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif sebesar 25/25/25/25 (F), komposisi optimum Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif pada lokasi Bendungan Walahar (BW) pada komposisi 20/20/40/20 (I), komposisi optimum Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif pada lokasi Sungai Citarum 1 (SC1) yaitu 0/0/100/0 (D) dan komposisi optimum Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif pada lokasi Sungai Citarum 2 (SC2) adalah pada komposisi 20/40/20/20 (H). Secara terperinci dapat dilihat pada Tabel 34.

Tabel 31. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben terhadap Penurunan Total Coliform

Pasir kuarsa /zeolit /tanah andisol /karbon aktif Tabel	Total Coliform Sebelum Bendungan (jml/100mL)	Total Coliform Bendungan Walahar (jml/100mL)	Total Coliform Sungai Citarum1 (jml/100mL)	Total Coliform Sungai Citarum2 (jml/100mL)
Tanpa perlakuan (A)	25001	25001	25001	18330
100/0/0/0 (B)	25001	14250	13410	7470
0/100/0/0 (C)	10240	24950	25001	6060
0/0/100/0 (D)	6380	7570	8220	17020
0/0/0/100 (E)	10410	25001	25001	5840
25/25/25/25 (F)	1410	8200	25001	25001
40/20/20/20 (G)	10790	20770	25001	25001
20/40/20/20 (H)	7470	25001	18820	1970
20/20/40/20 (I)	10790	1860	10410	25001
20/20/20/40 (J)	25001	25001	25001	25001

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil pada Tabel 34 tersebut menunjukkan total coliform yang terjadi pada keempat lokasi yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) sangat tinggi atau melebihi ambang batas baku yang ditentukan

oleh Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 tahun 2017 untuk kebutuhan sanitasi baku mutu Coliform sebesar 50 jumlah/100 mL. Tingginya total coliform pada keempat lokasi tersebut menyebabkan perlu dilakukan pengolahan air pada lokasi tersebut jika akan digunakan sebagai air baku. Pengelolaan pada keempat lokasi tersebut menggunakan adsorben Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif dengan komposisi optimum pada lokasi Sebelum Bendungan 25/25/25/25(F), komposisi optimum Pasir Kuarsa/ Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif pada lokasi Bendungan Walahar 20/20/40/20 (I), komposisi optimum Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif pada lokasi Sungai Citarum 1 (SC1) adalah 0/0/100/0 (D) dan komposisi optimum Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif pada lokasi Sungai Citarum 2 (SC2) adalah 20/40/20/20 (H) dengan kualitas kadar total coliform terbaik pada lokasi Sebelum Bendungan (SB) sebesar 1410 jumlah/100 mL. Hasil ini lebih baik dibanding dengan penelitian Rois (2018) sebesar 45.000 jumlah/100 mL. berdasarkan pada hasil Tabel 34 menunjukkan bahwa keempat lokasi tersebut belum memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

Hasil uji statistik pengaruh variasi komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan total coliform disajikan pada Tabel 35 dan Tabel 36.

Tabel 32. Uji linieritas pengaruh variasi komposisi adsorben terhadap penurunan Total Coliform

Lokasi	R Hitung	R Tabel	Signifikansi Hitung	Signifikansi 5%	Keterangan
Sebelum Bendungan (SB)	0,233	0,632	0,517	0,05	Tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan total <i>coliform</i>
Bendungan Walahar (BW)	0,130	0,632	0,721	0,05	Tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan total <i>coliform</i>
Sungai Citarum 1 (SC1)	0,004	0,632	0,991	0,05	Tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan total <i>coliform</i>

Sungai Citarum 2 (SC2)	0,400	0,632	0,253	0,05	<i>coliform</i> Tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan total <i>coliform</i>	Su mbe r : Has il Ana
---------------------------	-------	-------	-------	------	---	--------------------------------------

lisis, 2020.

Hasil analisis statistik pada keempat lokasi yaitu sebelum bendungan (SB), bendungan walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan tidak ada pengaruh variasi komposisi adsorben dengan penurunan Total Coliform. Hasil ini dikarenakan $R_{\text{Hitung}} < R_{\text{Tabel}}$ atau Signifikansi Hitung $>$ Signifikansi Tabel maka hipotesis nul diterima.

Tabel 33. Uji F Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben terhadap Penurunan Total Coliform

Lokasi	F_{hitung}	F_{tabel}	Signifikansi hitung	Signifikansi 5%	Keterangan
Sebelum Bendungan (SB)	0,459	5,32	0,517	0,05	Tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan total <i>coliform</i>
Bendungan Walahar (BW)	0,137	5,32	0,721	0,05	Tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan total <i>coliform</i>
Sungai Citarum 1 (SC1)	0,000	5,32	0,991	0,05	Tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan total <i>coliform</i>
Sungai Citarum 2 (SC2)	1,519	5,32	0,253	0,05	Tidak ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan total <i>coliform</i>

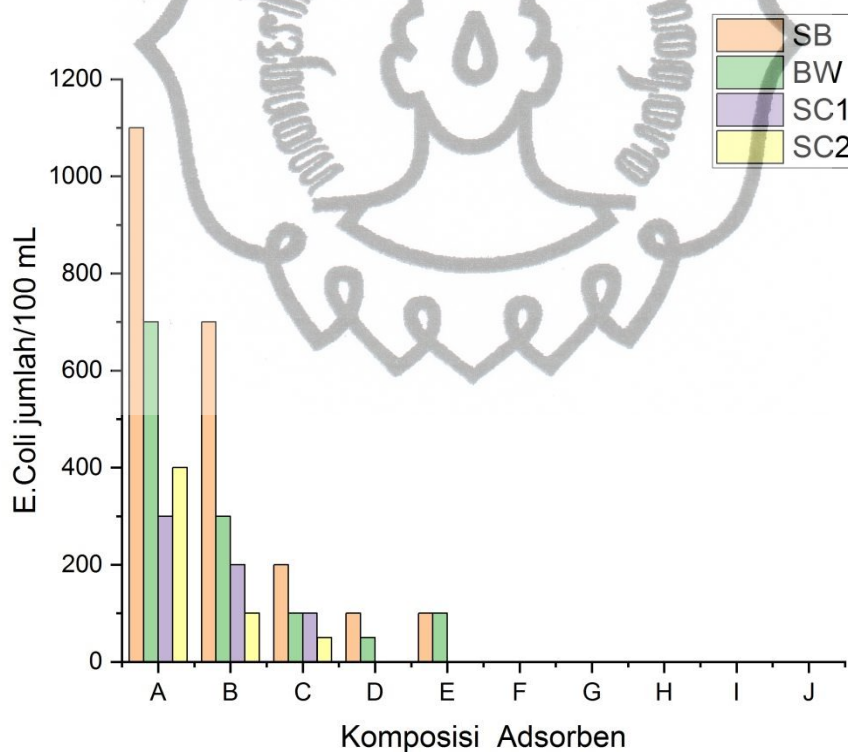
commit to user

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil analisis statistik pada keempat lokasi yaitu sebelum bendungan (SB), bendungan walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan tidak ada pengaruh variasi komposisi adsorben dengan penurunan Total *Coliform*. Hasil ini dikarenakan $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau signifikansi hitung $>$ signifikansi tabel maka hipotesis nul diterima.

8. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif terhadap Penurunan *E.coli*

Hasil uji laboratorium pengaruh variasi komposisi pasir kuarsa/zeolit/tanah andisol /karbon aktif terhadap penurunan *E.coli* dapat dilihat pada Gambar 20 dan Tabel 37.



Gambar 16. Variasi Komposisi Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif A = Tanpa Perlakuan, B = 100/0/0/0, C = 0/100/0/0, D = 0/0/100/0, E=0/0/0/100, F = 25/25/25/25, G = 40/20/20 /20, H = 20/40/20/20 I=20/20/40/20 dan J = 20/20/20 /40 Terhadap Penurunan Kandungan *E.coli*

Gambar 20 menunjukkan bahwa komposisi optimum sebelum Bendungan (SB) dan setelah Bendungan Walahar (BW) terjadi pada komposisi F, G, H, I dan J sedangkan untuk

lokasi Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) komposisi optimum pada perlakuan komposisi D, E, F, G, H, I dan J. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 37.

Tabel 34. Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben Pada Berbagai Lokasi Penelitian terhadap Penurunan Kandungan *E. Coli*

Pasir Kuarsa /Zeolit /Tanah Andisol /Karbon Aktif	Jumlah <i>E.coli</i> Sebelum Bendungan (jml/100mL) (Akhir) dengan pengolahan	Jumlah <i>E.coli</i> Walahar (jml/100mL) (Akhir) dengan pengolahan	Jumlah <i>E.coli</i> Sungai Citarum1 (jml/100mL) (Akhir) dengan pengolahan	Jumlah <i>E.coli</i> Sungai Citarum2 (jml100/mL) (Akhir) dengan pengolahan
Tanpa perlakuan (A)	1100	700	300	400
100/0/0/0 (B)	700	300	200	100
0/100/0/0 (C)	200	100	100	50
0/0/100/0 (D)	100	50	0	0
0/0/0/100 (E)	100	100	0	0
25/25/25/25 (F)	0	0	0	0
40/20/20/20 (G)	0	0	0	0
20/40/20/20 (H)	0	0	0	0
20/20/40/20 (I)	0	0	0	0
20/20/20/40 (J)	0	0	0	0

Sumber : Hasil Analisis, 2020.

Hasil penelitian pada Tabel 37 menunjukkan bahwa kandungan *E. coli* pada keempat lokasi melebihi ambang batas dari standar baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 tahun 2017 untuk kebutuhan sanitasi baku mutu *E-coli* sebesar 0 jumlah/100 mL. Kandungan *E. coli* pada keempat lokasi yang tertera pada Tabel 37 menunjukkan bahwa sangat jauh dari ambang baku mutu sehingga perlu dilakukan pengolahan pada keempat lokasi tersebut. Pengolahan ini menggunakan 9 variasi komposisi Pasir Kuarsa/Zeolit/Tanah Andisol/Karbon Aktif. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa keempat lokasi pengolahan telah memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 tahun 2017 untuk kebutuhan sanitasi baku mutu *E. coli* sebesar 0 jumlah/100 mL. Hasil Tabel 37 menunjukkan bahwa komposisi optimum Sebelum Bendungan Dan Setelah Bendungan Walahar terjadi pada komposisi F, G, H, I dan J sedangkan untuk lokasi Sungai Citarum 1 dan Sungai Citarum 2 komposisi optimum pada perlakuan komposisi D, E, F, G, H, I dan J. Hasil yang signifikan ini

dikarenakan Tanah andisol mempunyai potensi menjadi adsorben alam untuk menurunkan bakteri *Coliform* dalam limbah domestik karena sudah terbukti dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas air minum (Pranoto, 2013). Bakteri *Coliform*, *Escherichia Coli* dan bakteri patogen dalam limbah cair domestik berasal dari *ekskreta* (Soemirat, 2011).

Tabel 35. Uji Linieritas pengaruh variasi komposisi adsorben terhadap penurunan *E. Coli*

Lokasi	R hitung	R tabel	Signifikansi Hitung	Signifikansi 5%	Keterangan	H
Sebelum Bendungan (SB)	0,789	0,632	0,007	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan <i>E.coli</i>	asil anali sis
Bendungan Walahar (BW)	0,754	0,632	0,012	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan <i>E.coli</i>	statis tik keem
Sungai Citarum 1 (SC1)	0,785	0,632	0,007	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan <i>E.coli</i>	pat lokas i
Sungai Citarum 2 (SC2)	0,664	0,632	0,036	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan <i>E.coli</i>	yaitu Sebe lum Bend

ungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan ada pengaruh variasi komposisi adsorben dengan penurunan kandungan *E. coli*. Hasil uji ini dikarenakan $R_{\text{Hitung}} > R_{\text{Tabel}}$ atau signifikansi hitung < signifikansi tabel maka hipotesis alternatif diterima

Tabel 36. Uji Statistik Pengaruh Variasi Komposisi Adsorben terhadap Penurunan *E. Coli*

Lokasi	F hitung	F tabel	Signifikansi hitung	Signifikansi 5%	Keterangan	Sum
Sebelum Bendungan (SB)	13,234	5,32	0,007	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan <i>E.coli</i>	ber :
Bendungan Walahar (BW)	10,541	5,32	0,012	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan <i>E.coli</i>	Hasil Anal
Sungai Citarum 1 (SC1)	12,863	5,32	0,007	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan <i>E.coli</i>	isis, 2020
Sungai Citarum 2 (SC2)	6,312	5,32	0,036	0,05	Ada pengaruh komposisi adsorben terhadap penurunan kandungan <i>E.coli</i>	H

pat lokasi yaitu Sebelum Bendungan (SB), Bendungan Walahar (BW), Sungai Citarum 1 (SC1) dan Sungai Citarum 2 (SC2) menunjukkan ada pengaruh variasi komposisi adsorben dengan penurunan kandungan *E. coli*. Hasil uji ini dikarenakan $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau signifikansi hitung < signifikansi tabel maka hipotesis alternatif diterima.

9. Analisis Ekonomi Operasional PDAM Tirta Tarum

Hasil operasional penggunaan filter untuk pengolahan air Sungai Citarum dijelaskan pada Tabel 40 dan 41 sebagai berikut.

commit to user

Tabel 37. Volume Media komparasi penjernihan manual dan filter komposisi adsorben

Diameter	180	cm
Tinggi media	15	cm
Volume media	381510	cm ³
	38,151	m ³

Tabel 38. Komparasi biaya pengolahan dengan metode manual dan metode Filter Komposisi Adsorben

Kalkulasi biaya penjernihan manual dengan filter komposisi adsorben		
Biaya	Nilai	Satuan
Upah tenaga kerja	95.000	Rp/hari
	2.850.000	Rp/bln
Kebutuhan biaya per m ³ manul	11,45	Rp/m ³
Kebutuhan biaya per m ³ (dengan filter adsorben)	7,52	Rp/m ³

Hasil Tabel 40 dan tabel 41 menunjukkan bahwa nilai dari biaya operasional filter adsorben tanah andisol hanya sebesar 7,52 rupiah sedangkan biaya menggunakan metode manuall lebih mahal berkisar 11,45 rupiah. Hasil penggunaan media filter mengurangi biaya sampai dengan 34 persen. Hasil dari uraian tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan media sangat efektif diterapkan di PDAM mengingat efisiensi pemotongan biaya operasional yang tinggi.