

bahwa pada depot SEL I dan SEL III terdapat banyak sela-sela area produksi yang berdebu dan kurang mudah dibersihkan. Pada depot SEL I dan SEL III, pemilik depot isi ulang belum dapat menyediakan informasi spesifik mengenai waktu penggantian *microfilter*. Depot SEL III secara khusus masih melakukan pengisian galon pada ruang terbuka dengan selang tambahan, serta ditemukannya beberapa genangan air akibat air yang tumpah saat proses pengisian galon. Selain itu, depot SEL III juga tidak menyatakan dilakukannya pengujian kualitas air minum di laboratorium. Hanya depot SEL I dan SEL II yang dapat menunjukkan hasil pengujian kualitas air minum dari laboratorium, meskipun bukan yang terbaru.

Apabila mengacu pada skor minimal inspeksi (70) dalam PERMENKES No. 43 tahun 2014, depot SEL III menjadi depot yang perlu meningkatkan penerapan *good practicesnya*. Oleh karena itu, masih diperlukan pengawasan dari pemerintah untuk memastikan penyelenggaraan dan penerapan *good practices* proses pengolahan maupun kebersihan dilaksanakan dengan baik oleh seluruh depot AMDK isi ulang.

5.2. Identifikasi dan Karakterisasi Partikel Mikroplastik dalam Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Isi Ulang di kecamatan Semarang Selatan

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada AMDK isi ulang dari depot isi ulang di Kecamatan Semarang Selatan, ditemukan konsentrasi rata-rata partikel mikroplastik sebanyak $846,78 \pm 293,33$ partikel/L atau $16088,78 \pm 5573,23$ partikel/galon dalam setiap galonnya (Tabel 3.). Konsentrasi mikroplastik yang hampir sama dilaporkan oleh Wang *et al.*, (2020) dalam air dari Instalasi Pengolahan Air Minum yaitu sekitar 930 Partikel/L. Rata-rata konsentrasi partikel mikroplastik yang ditemukan dalam penelitian ini jauh lebih rendah dari yang dilaporkan oleh Oßmann *et al.* (2018) yaitu sebesar 4889 ± 5432 partikel/L pada kemasan botol PET isi ulang. Meskipun demikian, apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Pivokonsky *et al.* (2018) (338 ± 76 hingga 628 ± 28 partikel/L) dan Shruti *et al.* (2022) (23-202 Partikel/L) pada sampel air dari instalasi pengolahan air minum, konsentrasi partikel mikroplastik dari penelitian ini lebih tinggi.

Konsentrasi mikroplastik yang lebih tinggi dalam penelitian ini apabila dibandingkan penelitian Pivokonsky *et al.* (2018) dan Shruti *et al.* (2022) dapat dipengaruhi oleh penggunaan kemasan galon lama pada depot isi ulang. Menurut Mohamed Hadeed & Al-Ahmady (2022), stress mekanis yang dialami kemasan seperti proses pengosongan dan pengisian kembali akan memberikan efek signifikan pada lepasnya partikel plastik ke produk. Dengan demikian, penggunaan kemasan plastik secara berulang dapat menyebabkan kerusakan kemasan plastik sehingga melepaskan mikroplastik ke dalam produk.

Selain dari penggunaan kemasan galon lama, instalasi pengolahan air minum yang telah digunakan beberapa tahun oleh depot isi ulang dapat mempengaruhi tingginya konsentrasi mikroplastik yang ditemukan. Ketiga depot telah beroperasi sekitar 5-10 tahun. Shruti *et al.* (2022) menyatakan bahwa penggunaan pipa tua yang berbahan dasar plastik dapat berisiko melepaskan partikel mikroplastik dalam air minum akibat adanya gesekan mekanis, retakan, maupun melemahnya plastik seiring dengan usia penggunaan.

Variasi konsentrasi mikroplastik yang ditemukan dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Penggunaan sumber air baku dan proses pengolahan yang bervariasi dari tiap depot dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi konsentrasi mikroplastik. Menurut Pivokonsky *et al.* (2018), sumber air baku dengan tingkat pencemaran mikroplastik yang berbeda dapat mempengaruhi jumlah mikroplastik akhir pada air minum. Selain dari sumber air baku, perbedaan proses pengolahan air minum juga mempengaruhi kelimpahan mikroplastik pada produk akhir. Menurut WHO (2019), proses distribusi dan pembotolan/pengemasan air minum juga dapat menjadi salah satu penyebab kontaminasi pada air minum.

Selain dari keragaman proses produksi, perbedaan konsentrasi juga dapat disebabkan dari perbedaan metode analisis. Menurut Oßmann (2021), perbedaan metode analisis akan menentukan jumlah partikel yang ditemukan, sehingga

sebenarnya sulit untuk membandingkan hasil yang ditemukan antar penelitian. Berdasarkan beberapa studi, Bäuerlein *et al.* (2022) menyimpulkan bahwa perbedaan jangkauan ukuran partikel yang dianalisis juga menyebabkan perbedaan konsentrasi partikel yang ditemukan. Perubahan pengukuran partikel dari $>20 \mu\text{m}$ ke $>10 \mu\text{m}$ dapat menyebabkan kenaikan konsentrasi partikel hingga 8 kali lipat. Hal ini disebabkan karena semakin kecil ukuran mikroplastik, seharusnya semakin tinggi kelimpahannya dalam air minum (Pivokonsky *et al.*, 2018)

Pada seluruh sampel, partikel berbentuk fragmen menjadi bentuk partikel paling mendominasi seluruh sampel, lalu diikuti oleh partikel *film*. Partikel berbentuk *fiber* dan *spherical/pellets* ditemukan dalam persentase yang relatif kecil pada seluruh sampel (Tabel 4.). Hasil pengamatan karakteristik partikel yang ditemukan serupa dengan hasil penelitian Mason *et al.* (2018) yang melaporkan bahwa partikel fragmen merupakan bentuk partikel yang paling banyak ditemukan pada sampel AMDK botol (65%), dan disusul dengan bentuk *film*, *fiber*, *foam*, dan *pellet*. Hal serupa juga dilaporkan oleh Makhdoumi *et al.* (2021) di air keran yang menemukan partikel berbentuk fragmen sebanyak 93% dari total partikel yang teridentifikasi. Banyak ditemukannya partikel berbentuk fragmen yang diidentifikasi diduga berasal dari disintegrasi partikel plastik yang lebih besar seperti dari botol minuman serta kemasan makanan, sedangkan mikroplastik berbentuk *film* dapat berasal dari proses fragmentasi plastik tipis seperti kantong plastik dan bahan-bahan kemasan (Shruti *et al.*, 2022). Partikel berbentuk fragmen juga diduga dapat masuk ke dalam air minum saat melakukan gerakan membuka kemasan (Mason *et al.*, 2018).

Beberapa penelitian lain, seperti Oßmann *et al.* (2018), Kankanige & Babel (2020), dan Shruti *et al.* (2022), justru melaporkan partikel berbentuk *fiber* lebih mendominasi dibandingkan partikel fragmen. Perbedaan jenis partikel dominan yang ditemukan dapat disebabkan oleh perbedaan kondisi lokasi pengambilan sampel. Jumlah partikel mikroplastik berbentuk *fiber* lebih dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Hal ini disebabkan karena sumber partikel berbentuk fiber sebagian besar berasal dari pakaian dan tekstil sintesis (Shruti *et al.*, 2022). Menurut

Zhang *et al.* (2019), adanya aktivitas keramaian manusia dapat menyebabkan semakin banyaknya *microfiber* dari pakaian yang terbang ke udara dan berpotensi masuk ke dalam air minum.

Pada seluruh sampel, sebagian besar partikel yang ditemukan masuk ke dalam kategori ukuran 5-20 μm dan 21-50 μm . Hanya sebagian kecil partikel <5 μm dan partikel >100 μm yang ditemukan dalam seluruh sampel (Tabel 5.). Hasil penelitian yang dilakukan sesuai dengan hasil penelitian Schymanski *et al.* (2018) dalam AMDK botol, yaitu proporsi partikel yang paling banyak ditemukan berasal dari kelompok ukuran 5-10 μm , 10-20 μm , dan 20-50 μm . Ditemukannya partikel yang cenderung kecil dapat disebabkan degradasi partikel plastik besar (Pivokonsky *et al.*, 2018). Ukuran partikel yang ditemukan dari pengamatan cenderung memiliki karakteristik kelompok lebih kecil dibandingkan penelitian Zhang *et al.* (2019) pada sumber air baku dan air keran. Sesuai dengan pernyataan Eerkes-Medrano *et al.* (2018), proses pengolahan air dari koagulasi, filtrasi, dan disinfeksi akan mempengaruhi jenis dan ukuran partikel mikroplastik yang masuk ke air.

Pengelompokan ukuran partikel yang dianalisis dalam berbagai studi sangat bervariasi, sehingga sebenarnya perbandingan secara langsung ukuran partikel yang ditemukan antar studi cukup sulit dilakukan (Novotna *et al.*, 2019). Meskipun demikian, secara umum hasil yang ditemukan dari pengamatan telah sesuai dengan temuan Mason *et al.* (2018) dan Schymanski *et al.* (2018) bahwa partikel <100 μm lebih banyak ditemukan dalam sampel (95% dan 98%) dibandingkan partikel berukuran >100 μm pada sampel AMDK. Partikel berukuran besar lebih jarang ditemukan pada air yang telah diolah akibat proses filtrasi yang telah dialami oleh air, sehingga partikel berukuran besar akan tersaring dari air baku (Pivokonsky *et al.*, 2018).

Secara umum, polimer yang ditemukan di seluruh depot telah dilaporkan pada penelitian lain mengenai mikroplastik di berbagai sumber air minum. Jenis polimer PET, PP, dan PE juga ditemukan dalam penelitian Oßmann *et al.* (2018) dan Mason

et al. (2018), PA ditemukan dalam penelitian Mason *et al.* (2018) dan Mintenig *et al.* (2019), PVC ditemukan pada Mintenig *et al.* (2019) dan Shen *et al.* (2021), EVA ditemukan dalam penelitian Pivokonský *et al.* (2020), sedangkan ABS ditemukan dalam penelitian Barbier *et al.* (2022). PU yang terdapat pada sampel dari SEL II ditemukan pada Almaiman *et al.* (2021) dan Barbier *et al.* (2022). PMMA yang ditemukan di SEL II dan SEL III ditemukan pada penelitian Kankanige & Babel (2020), Pivokonsky *et al.* (2018), dan Shen *et al.* (2021). Polimer PC yang ditemukan di sampel SEL II juga ditemukan pada penelitian Kankanige & Babel (2021).

Partikel PET, PE, dan PP, PA, PS, dan PVC merupakan jenis partikel mikroplastik yang paling banyak ditemukan di berbagai penelitian air minum (Gambino *et al.*, 2022). Apabila melihat dari jenis polimer plastik yang dominan di temukan, jenis polimer dominan yang ditemukan dalam penelitian ini cenderung memiliki kemiripan dengan jenis-jenis polimer yang dominan ditemukan pada air keran yaitu *Polyesters* (PEST), PA, dan PVC (Weisser *et al.*, 2021). Meskipun demikian, pada penelitian ini tidak ditemukan adanya kontaminasi partikel PS maupun kontaminasi PET dalam konsentrasi tinggi seperti pada penelitian lainnya. Adanya perbedaan komposisi polimer pada berbagai studi disebabkan oleh perbedaan sumber air, proses pengolahan, perbedaan bahan pengemas yang digunakan, serta terdapatnya perbedaan laju degradasi pada berbagai polimer (Danopoulos *et al.*, 2020).

Munculnya kontaminasi partikel PE dan PP pada seluruh sampel diduga berasal dari penggunaan tutup galon pada setiap depot. PP merupakan polimer bahan dasar pembuat tutup botol pada air minum kemasan (Mason *et al.*, 2018). Hal ini sejalan dengan dugaan dari penelitian Oßmann *et al.* (2018) bahwa PP dan PE yang ditemukan dalam AMDK botol dapat berasal dari tutup kemasan, mesin pencuci kemasan, maupun tahapan lain selama proses pengisian AMDK. Ditemukannya PC pada sampel SEL II juga dapat berasal dari kemasan galon yang digunakan.

PC merupakan jenis polimer plastik yang sering digunakan sebagai bahan kemasan galon air minum isi ulang. PC memiliki karakteristik yang kaku dan kuat, memiliki *impact strength*, stabilitas dimensional, dan resistensi terhadap panas yang baik. Karakteristik paling dominan dari PC adalah derajat kekerasannya yang tinggi (Selke & Cutter, 2016). Berbeda dengan kemasan PET, karakteristik dari PC ini yang diduga membuat PC sedikit ditemukan sebagai mikroplastik meski telah digunakan berulang kali. Selama proses penggunaan kemasan, kemasan akan melalui proses *cleaning*, *labeling*, penyimpanan, serta transportasi sehingga kemasan terpapar sinar UV dan variasi suhu yang dapat mempengaruhi kontaminasi mikroplastik (Gambino *et al.*, 2022).

Berdasarkan penelitian Oßmann *et al.* (2018) dan Schymanski *et al.* (2018), sumber cemaran mikroplastik air minum tidak hanya berasal dari kemasannya saja. Polimer PP yang ditemukan dalam sampel juga dapat berasal dari *leaching* membran yang digunakan selama proses filtrasi. Pada proses pengolahan air minum, terdapat beberapa jenis material membran sintetik yang digunakan, diantaranya adalah *polyether sulfone* (PES), PVC, PP, dan *polyvinylidene fluoride* (PVDF) (Ding *et al.*, 2021). Menurut Oßmann (2021), material membran yang digunakan berpotensi mengalami *leaching* ke produk akibat *ageing*/penuaan selama proses penggunaan dan proses pembersihan filter.

Polimer PVC dan PA yang paling dominan ditemukan dalam seluruh sampel diduga berasal dari penggunaan pipa atau peralatan berbahan dasar plastik selama proses produksi air minum. Pipa yang digunakan pada proses pengolahan air dan rumah tangga biasanya terbuat dari bahan seperti PVC atau PE dengan menggunakan sambungan pipa berbahan PA. Selama digunakan, dapat terjadi abrasi pada pipa yang menyebabkan lepasnya partikel plastik ke air minum (Kankanige & Babel, 2021; Mintenig *et al.*, 2019). Penemuan ini didukung dengan pernyataan Shruti *et al.* (2022) bahwa penggunaan pipa tua yang berbahan dasar plastik dapat berisiko melepaskan partikel mikroplastik dalam air minum akibat adanya gesekan mekanis, retakan, maupun melemahnya plastik seiring dengan usia penggunaan. Menurut

Kankanige & Babel (2020), kontaminasi PA juga mungkin disebabkan oleh kontaminasi dari udara selama proses produksi berlangsung. PA/Nylon dari udara/debu dapat berasal dari pakaian yang digunakan manusia (Jenner *et al.*, 2021).

Berdasarkan penelitian Pivokonský *et al.* (2020), polimer EVA hanya ditemukan dalam sumber air baku air minum. Pizzichetti *et al.* (2021) menemukan bahwa meskipun air baku telah mengalami proses filtrasi, masih terdapat partikel mikroplastik yang lolos ke air minum. Oleh karena itu, beberapa polimer mikroplastik yang tidak teridentifikasi pada kemasan maupun proses pengolahan dapat berasal sumber air baku. Pendugaan serupa dilakukan oleh Kankanige & Babel (2020) bahwa munculnya polimer PMMA dalam AMDK dapat berasal dari cemaran mikroplastik dalam air baku yang lolos dari proses pengolahan air dan masuk ke produk.

Terdapat beberapa sumber polimer mikroplastik yang masih kurang jelas meskipun dilakukannya pendugaan sumber dari bahan peralatan yang digunakan serta perbedaan metode pengolahan air minum (Weisser *et al.*, 2021). Oleh karena itu, masih diperlukan investigasi yang lebih mendalam untuk mengetahui secara pasti dan membuktikan sumber cemaran jenis polimer mikroplastik yang ditemukan dalam AMDK isi ulang.

5.3. Kondisi Depot Isi Ulang Air Minum di Kecamatan Semarang Selatan dan Kontaminasi Mikroplastik

Adanya perbedaan konsentrasi mikroplastik yang ditemukan dalam sampel AMDK isi ulang ketiga depot di Semarang Selatan mencerminkan keragaman proses produksi dan kondisi/penerapan *good practices* depot isi ulang air minum. Berdasarkan Tabel 3., rata-rata konsentrasi partikel tertinggi diperoleh dari depot SEL III dengan nilai $1134,33 \pm 144,14$ partikel/L, sedangkan konsentrasi partikel terendah ditemukan pada sampel depot SEL II yaitu $548 \pm 110,03$ Partikel/L. Hasil

yang diperoleh menunjukkan adanya keterkaitan antara keragaman konsentrasi mikroplastik yang diperoleh dengan perbedaan proses produksi, skor inspeksi yang diperoleh, dan penerapan *good practices* yang dilakukan setiap depot.

Jumlah *microfilter* yang digunakan masing-masing depot mencerminkan besarnya konsentrasi mikroplastik yang ditemukan pada produk akhir. Semakin sedikit jumlah *microfilter* yang digunakan, semakin tinggi nilai rata-rata konsentrasi mikroplastik yang ditemukan dalam sampel. Temuan ini sesuai dengan penelitian Pivokonsky *et al.* (2018) bahwa perbedaan proses pengolahan air minum mempengaruhi kelimpahan mikroplastik pada produk akhir, namun secara umum, setelah proses filtrasi kelimpahan mikroplastik dalam air minum akan berkurang. Meskipun demikian, pengaruh jumlah *microfilter* yang berbeda ini masih perlu diteliti lebih lanjut.

Pada depot SEL I, terdapat proses *Reverse Osmosis (RO) Filtration* di awal proses pengolahan air. Proses *Reverse Osmosis (RO) Filtration* biasanya digunakan dalam proses pengolahan dengan memberikan tekanan tinggi pada membran *semi-permeable* (*pore size* >2 nm) (Poerio *et al.*, 2019). *RO filtration* menggunakan membran dengan *pore size* dengan jangkauan yang mirip dengan ukuran mikroplastik. Oleh karena itu, *RO Filtration* dapat menjadi penghalang fisik partikel mikroplastik yang seharusnya lebih efektif dalam mengurangi kontaminasi mikroplastik dalam air (Shen *et al.*, 2020).

Apabila hanya melihat dari proses produksi, seharusnya penambahan proses *RO filtration* pada depot SEL I dapat menghasilkan sampel AMDK dengan tingkat konsentrasi mikroplastik lebih rendah dibandingkan depot lainnya. Namun, efektifitas performa proses penyaringan juga dipengaruhi oleh *membrane fouling*. Untuk mencegah terjadinya *fouling* diperlukan *pre-treatment* yang baik seperti koagulan pada air baku dan proses pembersihan rutin (Poerio *et al.*, 2019). Sehingga, meskipun depot SEL I memiliki tambahan proses produksi berupa *RO filtration*, dalam penerapannya depot SEL I tidak melakukan *pre-treatment* secara

khusus pada air baku dan tidak melakukan proses pemeliharaan filter secara rutin. Hal ini yang menyebabkan proses filtrasi RO pada depot SEL I tidak menghasilkan konsentrasi akhir mikroplastik yang rendah dalam AMDK isi ulang.

Penerapan *good practices* yang berbeda antar depot salah satunya adalah frekuensi penggantian *carbon filter*, *sand filter*, dan *microfilter* yang digunakan dalam proses pengolahan air. Depot SEL II melakukan frekuensi pemeliharaan *filter* dan pergantian *microfilter* paling sering dibandingkan 2 depot lainnya dan menghasilkan AMDK isi ulang dengan konsentrasi mikroplastik terendah. Berdasarkan temuan tersebut, perbedaan proses pemeliharaan *filter* dapat menjadi salah satu hal yang mempengaruhi kelimpahan mikroplastik pada produk akhir. Hal ini dapat disebabkan oleh penurunan efektifitas proses penyaringan dengan membran akibat terjadinya *membrane fouling* (Poerio *et al.*, 2019).

Membrane fouling adalah peristiwa dimana partikel maupun senyawa makromolekul, termasuk mikroplastik, yang secara fisik maupun kimiawi berinteraksi dengan permukaan membran yang digunakan dalam proses pengolahan air sehingga menyebabkan ukuran pori membran semakin kecil dan terjadi penyumbatan. Polutan berukuran 0,1-10x lebih besar dari ukuran pori membran dapat menyebabkan penyumbatan pori (Shen *et al.*, 2020). Ukuran mikroplastik cenderung lebih besar daripada ukuran *pore size* yang digunakan, sehingga mikroplastik dalam jumlah banyak dari air baku berisiko menyebabkan penyumbatan pada pori membran dan menurunkan performa proses filtrasi membran (Ma *et al.*, 2019). Selama proses pengolahan air, membran/*filter* yang digunakan harus dibersihkan secara rutin untuk mencegah penyumbatan (*clogging*) dan *fouling* (Ding *et al.*, 2021).

Selain *membrane fouling*, variasi kelimpahan mikroplastik dapat disebabkan oleh frekuensi pergantian *microfilter*. Tidak ada standar terkait penggantian *microfilter*, namun beberapa produsen menyarankan pergantian *filter* minimal setiap 6 bulan sekali (Girolamini *et al.*, 2019). Membran yang digunakan dalam filtrasi dapat

mengalami *leaching* dan mengeluarkan partikel mikroplastik akibat stress mekanis yang dialami selama penggunaan dan *aging* dari membran (Ding *et al.*, 2021; Oßmann, 2021). Hal ini dikonfirmasi oleh eksperimen Dalmau-Soler *et al.* (2021) yang menemukan bahwa saat material membran yang digunakan semakin tua, mikroplastik dapat dilepaskan ke area sekitar membran.

Sampel depot SEL III yang memiliki konsentrasi partikel tertinggi dibandingkan depot lainnya. Melihat *good practices* yang tidak dilakukan oleh depot SEL III, aspek yang mungkin mempengaruhi tingginya cemaran mikroplastik dapat disebabkan oleh pengisian di ruang terbuka dengan selang tambahan. Menurut WHO (2019), proses pembotolan/pengemasan air minum dapat menjadi salah satu penyebab kontaminasi pada air minum. Menurut Oßmann (2021), udara yang masuk sebelum maupun selama proses pengisian dan penutupan botol dapat menjadi salah satu penyebab kontaminasi mikroplastik dalam air minum.

Selain dari proses pengisian di ruang terbuka, faktor lain yang dapat mempengaruhi konsentrasi mikroplastik yang lebih tinggi pada sampel depot SEL I dan SEL III adalah kondisi beberapa bagian depot yang berdebu. Menurut Kankanige & Babel (2020), kondisi kebersihan harus dijaga secara ketat pada area produksi dan pengemasan air minum untuk mencegah kontaminasi. Meskipun demikian, karena sifat mikroplastik yang *ubiquitous* di lingkungan, sulit untuk menjamin udara lingkungan di sekitar area produksi terbebas dari kontaminasi mikroplastik. Area yang berdebu ini dapat berpotensi menjadi sumber mikroplastik di sekitar area produksi. Menurut Gasperi *et al.* (2018), mikroplastik/*microfibers* berukuran besar yang berada di udara dapat mengalami presipitasi dan berakumulasi menjadi debu di lantai. Apabila area berdebu tidak dibersihkan, maka partikel mikroplastik yang terakumulasi dapat terkena angin kembali dan masuk ke dalam produk.

Lokasi depot SEL I dan SEL III yang berada di area teras/halaman rumah pemilik depot juga dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi konsentrasi mikroplastik yang ditemukan pada sampel AMDK isi ulang. Karena terletak pada

area tempat tinggal pemilik depot, di sekitar area produksi depot SEL I dan SEL III terdapat aktivitas domestik/rumah tangga yang dilakukan. Menurut Zhang *et al.* (2019), adanya aktivitas keramaian manusia dapat menyebabkan semakin banyaknya *microfiber* dari pakaian yang terbang ke udara dan berpotensi masuk ke dalam air minum.

Meskipun hampir di seluruh depot tidak melakukan penyikatan pada galon, praktik penggunaan sikat saat pencucian galon berisiko meningkatkan cemaran mikroplastik. Praktik pencucian galon menggunakan sikat yang terkadang dilakukan depot SEL I juga menjadi salah satu poin penerapan *good practice* yang diduga menjadi sumber cemaran mikroplastik pada sampel (Almaiman *et al.*, 2021). Proses pembersihan kemasan, terutama penggunaan tekanan berlebih, dapat memberikan tambahan stress sehingga terjadi pelepasan partikel mikroplastik (Kankanige & Babel, 2020).

Dari hasil yang diperoleh, terlihat bahwa *good practices* yang diterapkan dengan baik oleh depot SEL II terkait dengan konsentrasi mikroplastik yang lebih rendah dibandingkan depot isi ulang lainnya. Temuan ini perlu menjadi dorongan depot isi ulang air minum lainnya untuk bisa menerapkan *good practices* yang lebih baik dan mereduksi konsentrasi mikroplastik dalam AMDK isi ulang di Kecamatan Semarang Selatan.

5.4. Analisis Estimasi Paparan Mikroplastik dari AMDK isi ulang pada penduduk Kecamatan Semarang Selatan

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, estimasi paparan mikroplastik dari AMDK isi ulang di Kecamatan Semarang Selatan dengan variasi pemenuhan konsumsi air minum dari AMDK isi ulang berkisar antara 548-2268,66 Partikel/orang/hari. Apabila dibandingkan dengan perhitungan estimasi paparan mikroplastik dari air minum yang dilakukan Danopoulos *et al.* (2020) dengan jumlah konsumsi air sebanyak 2L/hari, hasil estimasi paparan mikroplastik dari

penelitian ini serupa dengan perhitungan dari penelitian Pivokonsky *et al.* (2018) pada sampel air dari proses pengolahan air minum yaitu sebesar 1256 partikel/orang/hari. Akan tetapi, estimasi paparan yang diperoleh dari penelitian ini cenderung lebih tinggi (1096-2268,66 partikel/orang/hari) dibandingkan paparan mikroplastik yang dihitung berdasarkan penelitian Kankanige & Babel (2020) pada AMDK botol di Thailand (280 partikel/orang/hari) dan penelitian Tong *et al.* (2020) pada air keran di Cina (880 partikel/orang/hari).

Adanya perbedaan estimasi paparan dari berbagai penelitian disebabkan oleh perbedaan konsentrasi mikroplastik yang ditemukan. Semakin tinggi konsentrasi mikroplastik dalam air minum, otomatis akan semakin tinggi nilai estimasi yang diperoleh. Konsentrasi yang ditemukan pada penelitian Kankanige & Babel (2020) sebesar 140 partikel/L, penelitian Tong *et al.* (2020) sebesar 440 partikel/L. Pada penelitian ini, rata-rata konsentrasi mikroplastik yang ditemukan ($846,78 \pm 293,33$ partikel/L) jauh lebih besar dibandingkan kedua penelitian tersebut, namun mendekati konsentrasi mikroplastik dari penelitian Pivokonsky *et al.* (2018) sebesar 628 partikel/L.

Selain dari konsentrasi mikroplastik, jumlah asupan air minum juga mempengaruhi paparan mikroplastik dari AMDK isi ulang. Menurut Danopoulos *et al.* (2020), selain dari nilai konsentrasi partikel mikroplastiknya, tingkat paparan yang semakin tinggi dari air minum lebih disebabkan oleh peningkatan volume air yang dikonsumsi apabila dibandingkan dengan kategori makanan/minuman lain.

Asupan air pada manusia dewasa bervariasi dan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gender, iklim, pola makan, serta aktivitas fisik yang dilakukan (WHO, 2017). Penelitian ini hanya mempertimbangkan konsumsi AMDK isi ulang berdasarkan anjuran konsumsi dari Kemenkes RI (2018), padahal air minum juga digunakan dalam proses pengolahan makanan dan menjadi rute paparan mikroplastik dalam tubuh (Danopoulos *et al.*, 2020). Sekitar 7.5 L air/hari digunakan oleh penduduk di seluruh dunia untuk memenuhi kebutuhan air minum

dan pemanfaatannya untuk proses pengolahan makanan (WHO, 2017). Estimasi paparan dalam AMDK isi ulang dapat ditingkatkan ketepatannya jika tersedia data konsumsi masyarakat Kota Semarang yang lebih akurat.

Dibandingkan dengan estimasi paparan mikroplastik melalui air minum di berbagai negara, hasil penelitian ini termasuk cukup tinggi. Selain dari sumber air yang berbeda, perbedaan ini dapat disebabkan oleh perbedaan teknologi pengolahan air yang digunakan dan penerapan *good practices* pada depot isi ulang di Kecamatan Semarang Selatan dengan berbagai instalasi pengolahan air minum di negara lain. Pivokonský *et al.* (2020) menemukan bahwa instalasi pengolahan air minum yang lebih kompleks lebih efektif menghilangkan partikel mikroplastik bila dibandingkan dengan instalasi pengolahan yang lebih sederhana. Instalasi pengolahan air minum yang ada di depot isi ulang, khususnya di Kecamatan Semarang Selatan, cenderung lebih sederhana dibandingkan penelitian di negara lain, sehingga hal ini berpotensi mempengaruhi konsentrasi cemaran mikroplastik di AMDK isi ulang masing-masing depot dan estimasi paparannya.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa AMDK isi ulang merupakan sumber paparan yang penting bagi warga di Kota Semarang. Instalasi pengolahan air minum seharusnya dapat memastikan keamanan dan kualitas air minum yang dikonsumsi oleh masyarakat, namun saat ini belum ada batasan mengenai kelimpahan cemaran mikroplastik dalam air minum (Dronjak *et al.*, 2022). Oleh karena itu, depot isi ulang air minum, khususnya di Kecamatan Semarang Selatan, perlu berusaha untuk meminimalisir kontaminasi mikroplastik di AMDK isi ulang sehingga mengurangi paparan yang diterima oleh penduduk.