

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA**

#### **4.1 Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di hotel berbintang tiga di Kota Yogyakarta. Pada penelitian ini, dilakukan pengambilan sampel dan perhitungan di lokasi berupa data timbulan dan komposisi sampah yang dihasilkan oleh kegiatan perhotelan. Hotel bintang tiga yang menjadi sampel penelitian berjumlah enam hotel dengan lokasi yang tersebar di Kota Yogyakarta dan juga memiliki variasi jumlah kamar, fasilitas dan tingkat *occupancy* yang beragam.

Jumlah sampel hotel bintang tiga sebanyak enam hotel tersebut didapat berdasarkan perizinan pihak hotel. Selama masa penelitian, kendala utama dalam penentuan sampel adalah sulitnya perizinan dari pihak hotel bintang tiga. Hal ini disebabkan karena masa penelitian yang bertepatan dengan adanya proyek yang dilakukan hotel. Masa-masa awal bulan Ramadhan merupakan waktu dimana hotel sedang melakukan persiapan untuk datangnya *peak time* yaitu Idul Fitri dan libur sekolah dimana terjadi kenaikan jumlah tamu yang menginap. Sehingga pihak hotel disibukkan dengan proyek dan menjadi sulit untuk mendampingi peneliti. Terdapat salah satu hotel yang memberikan izin namun durasi waktu penelitian harus singkat karena dikhawatirkan akan mengganggu kelancaran proyek hotel. Alasan selanjutnya yaitu karena pada beberapa hotel memiliki tingkat *occupancy* yang tinggi, maka apabila peneliti mengambil sampel sampah di Tempat Penampungan Sementara (TPS) hotel, akan mengganggu estetika dan mengganggu para tamu. Dan kendala lainnya yaitu sulitnya untuk mendapatkan konfirmasi mengenai perizinan penelitian dari beberapa pihak hotel.

Tabel 4.1 Fasilitas Sampel Hotel Bintang Tiga Kota Yogyakarta

<b>Fasilitas / Keterangan</b>	<b>Hotel A</b>	<b>Hotel B</b>	<b>Hotel C</b>	<b>Hotel D</b>	<b>Hotel E</b>	<b>Hotel F</b>
<b>Lokasi</b>	Jl. Prawirotaman	Jl. HOS Cokroaminoto	Jl. Mangkuyudan	Jl. Pasar Kembang	Jl. Gandekan	Jl. Patangpuluhan
<b>Kecamatan</b>	Mergangsan	Wirobrajan	Mergangsan	Gedong-tengen	Gedong-tengen	Wirobrajan
<b>Jarak dengan Wisata Terdekat</b>	1,6 km	1,3 km	1,4 km	0,1 km	0,5 km	1,3 km
<b>Jarak dengan Wisata Populer</b>	3,6 km	1,4 km	3,1 km	0,1 km	0,5 km	2,5 km
<b>Jarak dengan Bandara Terdekat</b>	7,8 km	8,7 km	8,2 km	7,6 km	7,8 km	9,5 km
<b>Jumlah Kamar</b>	58	116	62	154	72	36
<b>Kolam Renang</b>	Ada, <i>outdoor</i>	Ada, <i>outdoor</i>	Ada, <i>outdoor</i>	Ada, <i>indoor</i> dan <i>outdoor</i>	Ada, <i>outdoor</i>	Ada
<b>Layanan Kebersihan</b>	<i>Housekeeping, Laundry</i>	<i>Housekeeping, Laundry</i>	<i>Housekeeping, Laundry</i>	<i>Housekeeping, Laundry</i>	<i>House-keeping, Laundry</i>	<i>Housekeeping, Laundry</i>
<b>Pusat Kesehatan</b>	Pijat, Spa, Perawatan Kecantikan	Spa, Fitness	Pijat, Spa	Spa dan Pusat Kesehatan	-	Pemandian umum
<b>Outdoor</b>	Teras	Taman	Teras, taman	-	Balkon, teras, fasilitas BBQ	Teras, taman
<b>Penampungan Sampah</b>	TPS dengan ukuran 3m x 2m x 3m	TPS sampah basah ukuran 1,5m x 1m x 2m, TPS sampah kering ukuran 1m x 1m x 2m	TPS sampah basah dan kering masing-masing ukuran 1,5m x 0,75 x 0,75	TPS sampah basah dan kering masing-masing ukuran 1m x 1m x 3m	TPS dengan ukuran 2m x 1,5m x 3m	Container dengan kapasitas 660 L

Fasilitas / Keterangan	Hotel A	Hotel B	Hotel C	Hotel D	Hotel E	Hotel F
Lain-lain	Penyewaan sepeda	Musik/ Pertunjukkan <i>Live, Billyard</i>	-	-	-	Butik, <i>Café</i>

Pada tabel 4.1 dapat dilihat perbedaan lokasi dan jumlah kamar pada keenam sampel hotel. Keenam hotel tersebut memiliki fasilitas yang hampir sama, yaitu minimal memiliki kolam renang, *restaurant*, *meeting room* dan layanan kebersihan. Hanya saja terdapat beberapa fasilitas tambahan pada beberapa hotel, seperti live music dan area *billyard* pada Hotel B dan *boutique* pada Hotel F.

Untuk fasilitas *restaurant*, Hotel F memiliki konsep bistro dimana konsep ini berbeda dengan *restaurant* pada empat hotel lainnya. Apabila hotel-hotel lain menyediakan fasilitas *breakfast* berupa prasmanan atau yang biasa disebut *all you can eat* kepada setiap tamu yang menginap, bistro pada Hotel F tidak menyediakan fasilitas tersebut. Layaknya bistro lainnya, yaitu makanan dan minuman disajikan sesuai dengan pesanan pelanggan yang datang. Demikian juga pada Hotel C yang tidak menyajikan sarapan dalam bentuk prasmanan, namun yang disediakan adalah sarapan dalam kamar dalam bentuk porsi per orang. Perbedaan tersebut berpengaruh terhadap jumlah timbulan sampah dapur yang dihasilkan dimana timbulan sampah dapur Hotel F dan Hotel C tidak sebesar empat hotel lain.

Terdapat juga perbedaan lokasi pada keenam hotel tersebut. Terdapat dua hotel di Kecamatan Mergangsan yaitu di wilayah Mantrijeron dan Brontokusuman, dua hotel di Kecamatan Wirobrajan yaitu di wilayah Pakuncen dan Patangpuluhan, serta dua hotel di Kecamatan Gedongtengen di wilayah Sosromenduran dan Pringgokusuman. Wisata terdekat yang dimaksud dari Hotel A, C dan F yaitu Museum Sonobudoyo, Gondomanan. Sedangkan untuk kawasan wisata terdekat dari hotel B, D dan E yang dimaksud yaitu Malioboro. Pada tabel di atas juga

dicantumkan jarak antara hotel dengan wisata populer. Wisata populer yang dimaksud tersebut adalah kawasan Malioboro, Stasiun Tugu, Pasar Beringharjo dan Kilometer 0 Jogja. Perbedaan lokasi hotel tersebut juga berpengaruh terhadap tingkat *occupancy* yang juga mempengaruhi besar timbulan sampah tiap hotel. Hotel yang terletak berdekatan dengan pusat wisata populer cenderung memiliki jumlah pengunjung yang lebih ramai dibandingkan dengan hotel yang letaknya jauh dengan wisata populer yang sudah menjadi *landmark* Kota Yogyakarta.

Pada tabel juga tercantum fasilitas-fasilitas hotel lainnya seperti kolam renang, *meeting room*, spa, *housekeeping*, laundry, *café*, *BBQ griller*, pemandian umum, juga fasilitas olahraga dan kecantikan lainnya. Dari sekian fasilitas yang disediakan, fasilitas *meeting room*, *housekeeping* dan laundry turut mempengaruhi timbulan dan komposisi sampah yang ada di TPS, karena ditemukan jenis sampah seperti plastik laundry, botol shampoo dan sabun, sikat gigi dan sampah hasil penyapuan di TPS. Apabila fasilitas *meeting room* atau *ballroom* pada hotel sedang digunakan, maka timbulan sampah hotel pada hari tersebut dapat bertambah banyak karena ditemukan sampah box makanan dan botol atau gelas minuman di TPS dengan jumlah yang cukup banyak. Sedangkan sampah hasil dari fasilitas lain seperti spa, pemandian umum dan butik tidak ditemukan pada TPS hotel.

Masing-masing hotel sudah memiliki tempat penampungan sampah yang berada di area hotel. Hotel B, C dan D sudah memisahkan TPS untuk sampah basah (berasal dari dapur, *restaurant* dan taman) dan sampah kering (berasal dari kamar dan gedung hotel). Sedangkan Hotel A, E dan D hanya memiliki satu tempat penampungan untuk sampah sehingga sampah basah dan sampah kering ditampung dalam satu ruangan atau wadah. TPS pada Hotel A, B, D dan E terletak di area *basement* hotel, sedangkan TPS pada Hotel C dan F terletak di luar ruangan yaitu di belakang hotel.

Meskipun keenam pihak hotel sudah membedakan antara sampah basah dan sampah kering, pemilahan tersebut tidak benar-benar sesuai dengan komponennya. Sampah hotel tersebut hanya dipisahkan berdasarkan sumber dihasilkannya sampah yaitu sampah yang berasal dari dapur dan *restaurant* yang ditampung di tempat penampungan sampah basah, dan sampah yang berasal dari kamar yang ditampung di tempat penampungan sampah kering. Sampah yang berasal dari dapur tersebut tidak hanya terdiri dari sampah organik seperti sisa bahan makanan, namun juga terdapat komponen anorganik seperti sisa-sisa pembungkus makanan yang terbuat dari plastik dan kertas. Demikian pula sampah yang dihasilkan dari kamar yang juga tercampur antara organik (sisa makanan dari pengunjung kamar) dan anorganik (kertas, plastik dan sebagainya).

Pengangkutan sampah pada hotel ini dilakukan pada setiap harinya. Untuk Hotel A, B dan E, pengangkutan dilakukan berkisar pada malam hari pukul 11.00 hingga pukul 05.00 pagi. Untuk Hotel D dan F, pengangkutan dilakukan pada pagi hari sekitar pukul 05.00 – 07.00. Dan untuk Hotel C pengangkutan dilakukan pada siang hari pukul 14.00. Semua sampah pada keenam hotel diangkut menggunakan armada truk sampah.

Pihak hotel pada Hotel B dan D sudah bekerja sama dengan pihak ketiga yaitu pengepul sampah untuk mengangkut sampah kering yang dapat diolah kembali. Sisanya yaitu sampah organik atau sampah basah diangkut menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Dan untuk Hotel A, C, E dan F, kedua jenis sampah baik sampah basah dan sampah kering diangkut menuju TPA.

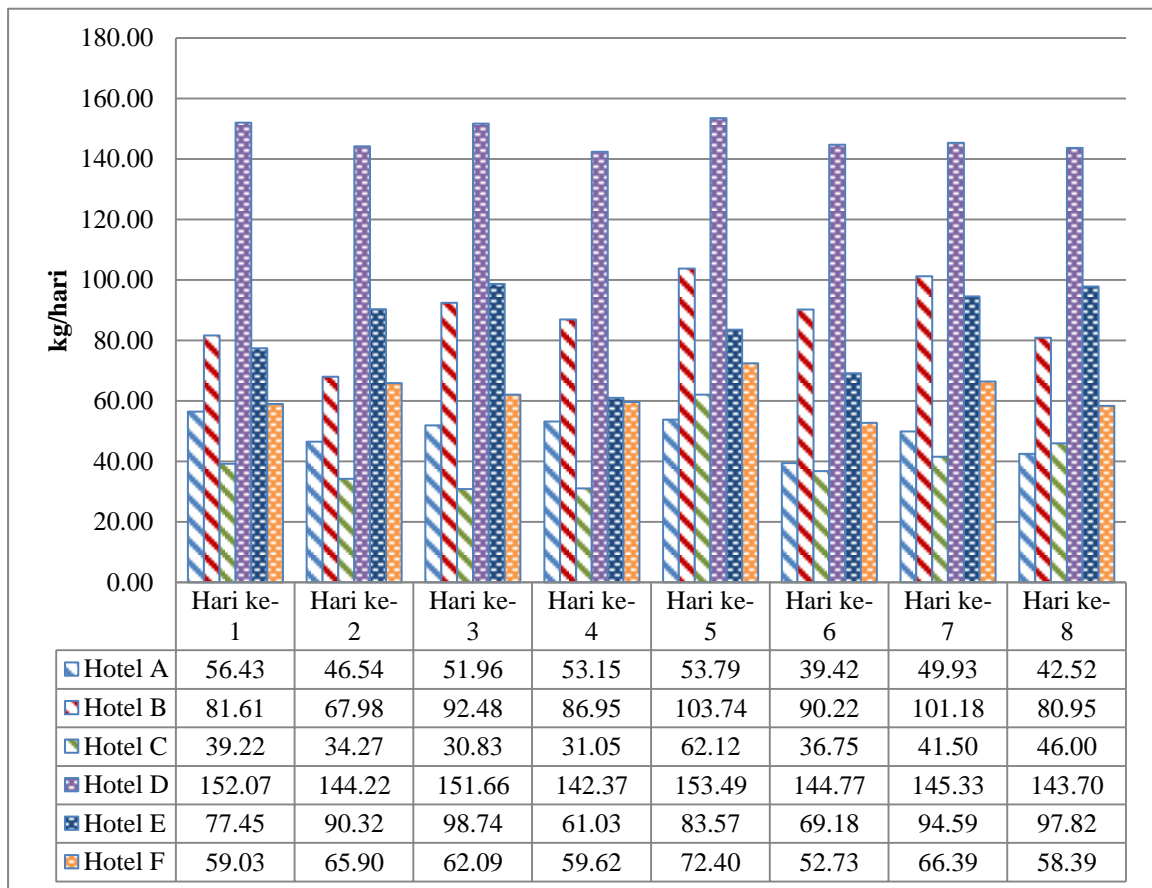
Dari keenam hotel yang dijadikan sampel, terdapat dua hotel yaitu Hotel D dan Hotel F yang sudah berkontribusi dalam upaya pengurangan sampah plastik. Contohnya pada Hotel D sudah tidak lagi menyediakan sedotan plastik. Pada Hotel F, selain tidak menggunakan sedotan plastik, botol minuman plastik juga sudah diganti dengan botol kaca yang dapat diisi ulang, serta mengganti kantong laundry berbahan

plastik dengan kantong berbahan kain. Selain itu, kursi pelanggan pada bistro yang dimiliki Hotel F ini terbuat dari daur ulang 111 botol *Polyethylene terephthalate* (PET).

#### **4.2 Analisis Timbulan Sampah**

Pengambilan sampel dan analisis untuk timbulan sampah ini mengacu pada SNI 19-3964-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan. Sampling ini dilakukan di TPS masing-masing hotel yang dijadikan sampel. Pengambilan sampel dilakukan pada saat sampah sudah terkumpul di TPS untuk ditampung sebelum pengangkutan. Di lima lokasi penelitian sampel diambil pada malam hari pukul 21.00. Dan untuk satu sampel diambil siang hari pukul 13.00 karena pengangkutan sampah di hotel tersebut dilakukan siang hari. Timbulan berat dan volume sampah yang diteliti akan dipaparkan dalam satuan *kg/bed/hari* atau *liter/bed/hari*.

Penelitian ini dilakukan mulai pada tanggal 6 Mei hingga 11 Juli 2019. Pengambilan sampel pada 3 hotel yaitu Hotel A, Hotel B, Hotel C dilakukan bertepatan ketika awal bulan Ramadhan sehingga jumlah tamu hotel yang menginap tidak begitu tinggi, yang pada penelitian ini dikategorikan sebagai hari biasa. Pada masa penelitian, hotel A dan B menawarkan paket buka puasa setiap harinya, sedangkan hotel C tidak. Hal tersebut tentunya mempengaruhi jumlah timbulan pada tiap hotel. Pada hotel D, pengambilan sampel juga dilakukan ketika bulan Ramadhan, akan tetapi sudah mendekati masa Idul Fitri sehingga kamar yang terisi cukup penuh. Sedangkan untuk pengambilan sampel pada Hotel E dan F dilakukan setelah Idul Fitri, dan bertepatan dengan masa liburan sekolah sehingga jumlah tamu kamar tergolong tinggi. Waktu saat pengambilan sampel pada Hotel D, E dan F dikategorikan sebagai *peak time* atau waktu puncak karena mengalami kenaikan pengunjung yang datang secara signifikan apabila dibandingkan seperti pada hari-hari biasa.



Gambar 4.1 Timbulan Sampah Hotel

Berdasarkan gambar 4.1, timbulan sampah pada Hotel B merupakan timbulan terbesar untuk kategori hari biasa dan Hotel D memiliki timbulan terbesar pada saat *peak time*. Apabila dibandingkan dengan kelima hotel lainnya, Hotel D merupakan penghasil timbulan berat sampah terbesar, dengan rata-rata berat sampah mencapai 147,2 kg/hari. Hal tersebut dikarenakan Hotel D terletak cukup strategis yaitu di pusat wisata Kota Yogyakarta, Malioboro. Hotel ini juga memiliki jumlah kamar terbanyak, yaitu 154 kamar dan tingkat *occupancy* hotel tersebut selalu mencapai 90-95% setiap harinya. Selain itu, waktu penelitian bertepatan dengan akhir bulan Ramadhan dimana Hotel D menawarkan paket buka puasa dalam bentuk prasmanan yang setiap harinya selalu ramai pengunjung. Hal tersebut tentunya berpengaruh dalam tingginya

timbulan sampah. Selain itu, tingginya angka *occupancy* dan pengunjung yang datang tersebut tentunya dipengaruhi tingkat rating dari hotel tersebut, yang tergolong tinggi.

Hotel dengan timbulan terbesar selanjutnya yaitu Hotel B yang pengambilan sampelnya dilakukan ketika hari biasa. Hotel B menghasilkan timbulan sampah dengan rata-rata berat sampah sebesar 88,13 kg/hari. Hotel ini memiliki 116 kamar. Walaupun berada di urutan kedua, besar timbulan di hotel ini sangat berbeda jauh apabila dibandingkan dengan timbulan sampah Hotel D meskipun memiliki jumlah kamar dan fasilitas yang kurang lebih sama. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan waktu pengambilan sampel. Penelitian di Hotel B dilakukan pada saat awal bulan Ramadhan sehingga belum banyak masyarakat yang bepergian menginap, sedangkan pengambilan sampel pada Hotel D adalah ketika waktu puncak. Selain itu, rating atau popularitas hotel juga sangat mempengaruhi besarnya timbulan.

Hotel dengan timbulan terbesar selanjutnya adalah Hotel E dan Hotel F. Pada Hotel E, penelitian dilakukan ketika *peak time* karena bertepatan dengan masa libur sekolah, sehingga hotel dengan jumlah 72 kamar ini selalu memiliki angka *occupancy* yang tinggi mencapai 90% setiap harinya selama penelitian. Timbulan berat sampah rata-rata yang dihasilkan hotel ini yaitu sebesar 84,08 kg/hari. Demikian pula pada Hotel F, penelitian ini juga dilakukan pada masa libur sekolah atau *peak time*. Selama penelitian, jumlah kamar hotel ini sebanyak 36 kamar selalu terisi penuh. Timbulan yang dihasilkan Hotel F yaitu berat sampah rata-rata sebesar 62,06 kg/hari. Selain penginapan, hotel ini juga menyediakan fasilitas butik dan *café* dengan nuansa *cozy* sehingga angka pelanggan yang datang tergolong tinggi. Meskipun bukan terletak di pusat kota, Hotel F tetap memiliki *occupancy* penuh karena konsep dan desainnya yang cocok dengan tren masa kini.

Timbulan sampah terendah dihasilkan oleh Hotel A dan C. Timbulan sampah yang dihasilkan oleh Hotel A yaitu sebesar 49,21 kg/hari untuk berat rata-rata. Dan untuk Hotel C, dihasilkan berat sampah rata-rata sebesar 40,21 kg/hari. Apabila



dibandingkan dengan keempat hotel lainnya, angka timbulan sampah ini tergolong kecil. Hal tersebut disebabkan karena letak kedua hotel ini kurang strategis, dan pada saat penelitian bertepatan pada awal dan pertengahan bulan Ramadhan sehingga belum banyak wisatawan yang bepergian ke luar daerah. Jika pada hari-hari biasa hotel tersebut menyediakan paket *breakfast*, pada bulan Ramadhan ini tamu yang menginap tidak mengambil paket tersebut. Selain itu, Hotel C juga tidak menawarkan paket buka puasa untuk setiap harinya, sehingga timbulan sampahnya pun tidak terlalu tinggi.

Perbedaan waktu penelitian antara hari-hari biasa dan masa liburan atau *peak time* sangatlah berpengaruh pada timbulan sampah yang dihasilkan pada hotel. Pada hari biasa, kamar yang terisi tidak penuh sehingga sampah kamar dan sampah *restaurant* tidak begitu besar. Sedangkan pada saat masa libur kamar yang terisi hampir penuh sehingga timbulan sampah yang dihasilkan besar. Dari gambar 4.1 diatas dapat dilihat bahwa timbulan sampah dihasilkan pada hotel bintang tiga di Kota Yogyakarta adalah berkisar dari 59,19 kg/hari hingga 97,79 kg/hari.

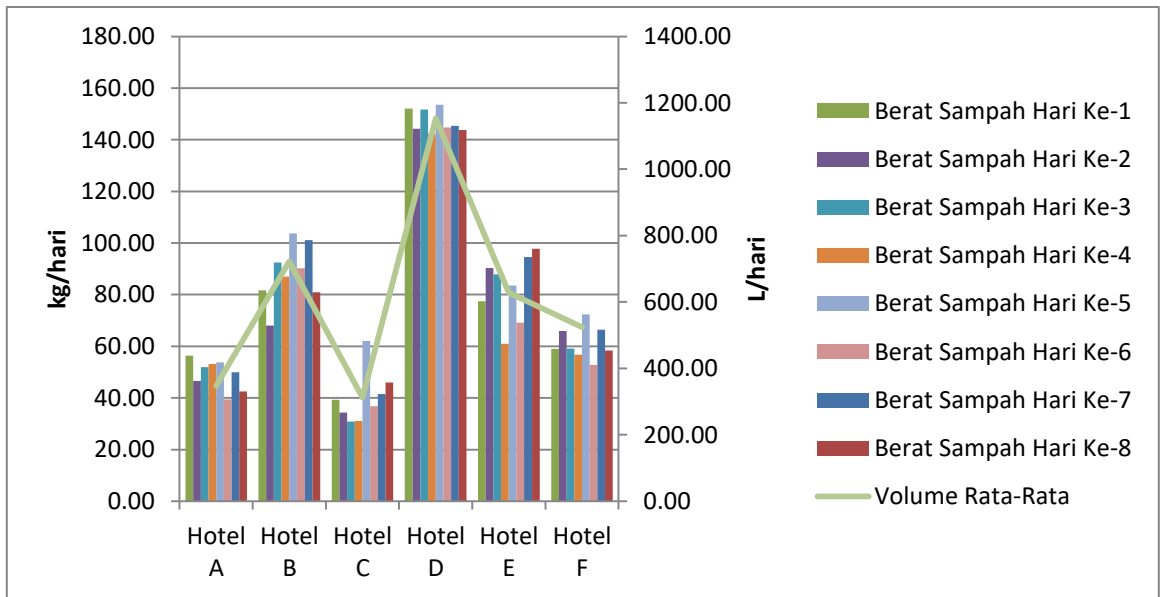
Dapat dilihat bahwa faktor hari, yaitu *weekdays* dan *weekend* tidak mempengaruhi besar timbulan yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan pada saat bulan Ramadhan, tamu buka puasa selalu ramai setiap harinya dan juga pada saat masa libur sekolah baik *weekdays* maupun *weekend* selalu ramai pengunjung. Sehingga fluktuasi berat dan volume sampah hanya dipengaruhi oleh jumlah pengunjung yang datang setiap harinya. Apabila hotel tersebut digunakan sebagai gedung pertemuan atau kegiatan lainnya, maka hal tersebut dapat mempengaruhi timbulan sampah menjadi lebih besar pada hari tersebut.

Perbedaan yang sangat signifikan terdapat pada timbulan sampah Hotel D dan Hotel C. Dimana timbulan berat dan volume Hotel D mencapai 176,34 kg/hari dan volume sampah sebesar 1290,14 L/hari. Sedangkan pada Hotel C hanya sebesar 40,21 kg/hari dan volume sampah rata-rata sebesar 312,62. Hal tersebut disebabkan karena

perbedaan waktu penelitian, fasilitas yang ditawarkan hotel, lokasi hotel dan juga rating hotel. Penelitian pada Hotel C dilakukan pada saat awal bulan Ramadhan dimana wisatawan masih jarang bepergian ke luar kota, sedangkan pada Hotel D dilakukan ketika mendekati Idul Fitri dimana sudah banyak masyarakat yang mudik atau berlibur ke Kota Yogyakarta. Dan pada Hotel D, selain lokasinya strategis, yaitu berada di area Malioboro dan berdekatan dengan Stasiun Tugu Yogyakarta, rating dan review dari tamu-tamu sebelumnya juga dapat digolongkan baik. Dan juga Hotel D menawarkan paket buka puasa bersama dengan model prasmanan atau yang biasa disebut *all you can eat*, dan tamu yang datang pun selalu ramai setiap harinya. Dan walaupun bertepatan dengan bulan Ramadhan, Hotel D tetap menyediakan fasilitas *breakfast* kepada pengunjung yang tidak berpuasa. Sedangkan Hotel C tidak menyediakan kegiatan buka puasa bersama, sehingga timbulan sampah tidak begitu banyak.

Apabila dibandingkan berdasar dua kategori yaitu hari biasa dan pada saat *peak time*, dapat diketahui bahwa Hotel B merupakan hotel dengan timbulan tertinggi untuk kategori hotel yang diteliti pada hari biasa, dan Hotel D merupakan hotel dengan timbulan tertinggi pada saat *peak time*. Rata-rata timbulan sampah untuk hotel yang diteliti pada hari biasa yaitu 59,19 kg/hari dan untuk *peak time* adalah sebesar 97,78 kg/hari.

Berdasarkan data timbulan berat hotel bintang tiga di atas, didapat rata-rata berat sampah yang dihasilkan keenam hotel tersebut sebesar 78,14 kg/hari. Diketahui rata-rata dari jumlah tempat tidur yang terisi pada keenam hotel tersebut yaitu sebanyak 55 tempat tidur setiap harinya. Sehingga didapat timbulan berat sampah per *bed* per hari yaitu 1,52 kg/bed/hari.



Gambar 4.2 Perbandingan Berat Sampah dengan Volume Rata-Rata Sampah

Untuk timbulan volume sampah, dapat dilihat pada gambar 4.2 rata-rata volume sampah yang dihasilkan untuk setiap harinya. Didapat rata-rata total volume sampah yang dihasilkan dari keenam hotel bintang tiga selama delapan hari berturut-turut yaitu sebesar 614,47 L/hari. Diketahui rata-rata jumlah tempat tidur yang terisi sebanyak 55 tempat tidur. Sehingga didapat timbulan volume sampah sebesar 11,72 L/bed/hari.

Rata-rata volume yang didapat sangat jauh berbeda apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Sofyan (2014) yang menyatakan bahwa timbulan sampah hotel berbintang di Kota Makassar pada tiga sampel hotel yaitu sebesar 6513,89 liter/hari, 2009,48 liter/hari dan 1912,68 liter/hari. Perbedaan dari ketiga volume tersebut dikarenakan perbedaan jumlah kamar yang dimiliki masing-masing hotel. Namun apabila dibandingkan dengan penelitian oleh Wardiha *et al.* (2013) tentang timbulan sampah pada wisma di Kota Bali, hasil volume tidaklah berbeda jauh, yaitu 415,24 L/hari, 549,14 L/hari dan 193,83 L/hari. Pada penelitian tersebut, perbedaan ketiga volume disebabkan karena pengambilan sampel pertama dan sampel

kedua diambil ketika bulan puasa dimana terjadi peningkatan penyewaan ruangan untuk kegiatan berbuka puasa bersama.

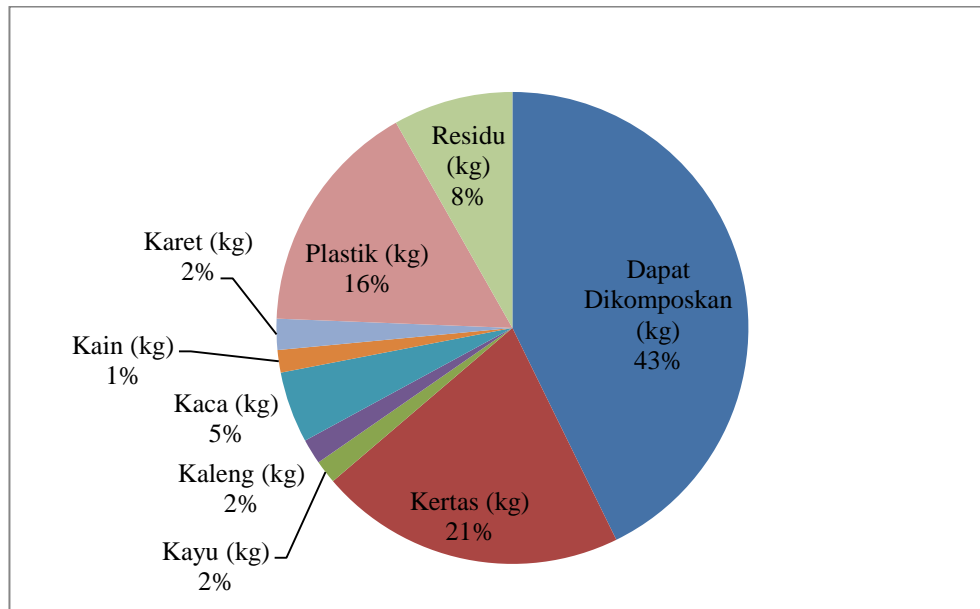
Perbandingan antara berat sampah dengan rerata volume setiap harinya dapat dilihat pada gambar 4.2. Dapat dilihat bahwa berat sampah yang dihasilkan perharinya tidak memiliki perbedaan secara drastis namun memiliki perbedaan jumlah volume yang signifikan. Pada empat hari pertama, volume yang didapat berkisar antara 577,28 L/hari hingga 594,49 L/hari. Sedangkan pada hari ke-5, 6 dan 7 volume rata-rata mencapai 659,30 L/hari. Dan pada hari kedelapan mengalami penurunan kembali menjadi 600,41 L/hari. Hal tersebut dapat disebabkan pada empat hari pertama jumlah sampah yang dihasilkan tidak sebanyak sampah pada empat hari terakhir, namun memiliki berat yang signifikan. Sedangkan pada empat hari terakhir sampah yang ditampung di TPS sangatlah banyak, namun beratnya tiap komponen sampahnya tidak begitu signifikan. Sehingga berat sampah tiap harinya tidak berbeda jauh meskipun volumenya mengalami kenaikan yang cukup signifikan.

Perhitungan dari volume sampah yang dihasilkan dari hotel ini juga dimaksudkan untuk mengetahui apakah TPS yang disediakan oleh pihak hotel sudah dapat menampung sampah harian atau belum. Setelah dibandingkan, volume sampah harian yang dihasilkan oleh hotel masih lebih kecil jumlahnya apabila dibandingkan dengan volume TPS. Maka TPS dapat dikatakan layak karena tidak menyebabkan sampah *overload*.

### **4.3 Analisis Komposisi Sampah**

Analisis komposisi sampah dilakukan dengan cara memilah sampel berdasarkan jenis sampah. Komposisi sampah tersebut dinyatakan dalam persen (%) berat. Komposisi sampah tersebut digunakan untuk mengetahui komponen sampah apa saja yang dihasilkan oleh hotel dan komposisi tersebut perlu diketahui untuk menghitung potensi *recovery* masing-masing komponen sampah. Sampah yang

dihasilkan dari hotel bintang tiga di Kota Yogyakarta dibedakan menjadi sembilan jenis yaitu organik, kertas, plastik, kaca, kaleng, kain, kayu, karet dan residu.



Gambar 4.3 Komposisi Sampah Hotel Bintang Tiga

Terdapat sembilan pengelompokan komposisi berat sampah yaitu sampah yang dapat dikomposkan, sampah kertas, sampah plastik, sampah karet, sampah kain, sampah kaca, sampah kaleng, sampah kayu dan residu. Dari gambar 4.3 di atas dapat dilihat bahwa sampah yang dapat dikomposkan mendominasi timbulan sampah yang dihasilkan setiap harinya, yaitu sebesar 42,54%. Sampah organik tersebut sebagian besar berasal dari sampah dapur dari *restaurant* pada hotel tersebut. Besarnya timbulan sampah organik tersebut dikarenakan hotel menyediakan fasilitas buka puasa dalam bentuk *buffet* yang selalu ramai setiap harinya. Dan untuk penelitian yang dilakukan pada masa libur sekolah, hotel juga menyediakan fasilitas *breakfast* yang juga dalam bentuk *buffet* kepada setiap tamu yang menginap sehingga sampah organik yang dihasilkan tetap tinggi. Selain berasal dari dapur dan *restaurant*, komposisi ini juga berasal dari sisa makanan dan minuman tamu dari kamar hotel, sisa makanan dan minuman dari kegiatan atau *event* hotel dan juga sampah daun dari

taman. Jenis-jenis sampah dapat dikomposkan yang dijumpai pada TPS yaitu sisa makanan dan minuman, sisa bahan makanan dari dapur, kulit buah, kulit sayur, cangkang telur, tulang serta daun dan ranting yang berasal dari taman. Sampah organik ini dapat mendominasi komposisi sampah yang ada karena selain jumlah volume yang dihasilkannya banyak, sampah jenis ini juga memiliki berat yang besar sehingga mendominasi sampah yang dihasilkan.

Jenis sampah yang cukup sering ditemui lainnya yaitu sampah kertas, sebesar 21,12%. Sampah kertas yang banyak dijumpai adalah karton atau kardus, biasanya adalah kardus wadah dari *supply* bahan makanan untuk dapur dan *restaurant*, dan juga untuk perlengkapan kamar. Sampah kertas lain yang sering ditemui adalah tetrapack kemasan minuman baik dari dapur maupun kamar, kertas atau box wadah makanan, box wadah produk badan dan kertas HVS. Jenis kertas lainnya yaitu kantong belanja, koran, pamflet dan kardus sepatu. Besarnya komposisi dari sampah kertas ini juga dipengaruhi karena banyaknya box atau kardus yang memiliki berat yang cukup besar.

Selanjutnya sampah yang memiliki komposisi terbanyak ketiga adalah sampah plastik. Apabila dilihat dari jumlah dihasilkan setiap harinya, sampah plastik tergolong banyak sekali dijumpai di TPS. Namun karena beratnya ringan, maka komposisi sampah ini memiliki persentase sebesar 16,30% dari keseluruhan berat sampah. Jenis sampah plastik yang ditemui pada TPS hotel yaitu botol minum plastik, gelas plastik, plastik kemasan makanan baik yang berasal dari dapur maupun kamar, tutup gelas, sendok dan garpu plastik, sedotan plastik, kantong plastik bening, plastik kresek, *shopping bag*, styrofoam, botol sabun, shampoo dan produk untuk badan lainnya, sikat gigi, plastik laundry dan *shower cap*.

Pada saat dilakukan pemilahan jenis sampah, terdapat komposisi yang tidak selalu ditemui setiap hari, yaitu kayu, kaca, karet dan kaleng dengan presentase sampah kaca sebesar 4,83%; karet sebesar 2,11%; kaleng sebesar 1,72%; kayu

sebesar 1,64% dan juga kain sebesar 1,56%. Sampah karet yang banyak ditemui adalah sandal yang disediakan oleh hotel untuk tamu, sisanya yaitu karet gelang dan juga sesekali dijumpai selang yang tidak terpakai. Sampah kain yang ditemui adalah sandal kain yang disediakan oleh hotel, kantong laundry dan kain perca. Sampah kaca yang ditemui adalah botol minuman bekas. Sampah kaleng yang ditemui adalah kaleng bahan makanan dan minuman yang berasal dari dapur dan kamar. Dan sampah kayu yang ditemui adalah tusuk makanan dan potongan-potongan kayu bekas.

Komposisi terakhir yaitu residu yang cukup sering ditemui di TPS, sebesar 8,18%. Jenis sampah residu yang sering ditemui yaitu tissue bekas pakai. Selain itu juga terdapat *diapers*, pembalut dan puntung rokok. Komponen ini memiliki berat yang cukup besar apabila dibandingkan dengan kayu, kaca, karet dan kaleng karena sampah residu yang ditemui sudah mengandung air.

#### 4.4 Analisis Kadar Fisika dan Kimia Sampah

Analisis kadar fisika yang diuji ialah berupa kadar air. Sedangkan analisis kadar kimia sampah berupa kadar volatil, kadar abu dan *fixed carbon* yang dilakukan di laboratorium. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik berdasarkan komponen penyusun sampah dan untuk menghitung nilai kalor yang dimiliki setiap komponen sampah.

Tabel 4.2 Kadar Air Sampah

No	Komponen	Kadar Air (%)
1	Dapat Dikomposkan	74,98
2	Kertas	5,18
3	Plastik	0,42
4	Kaca	1,14
5	Kain	9,94
6	Karet	2,01
7	Kaleng	1,82

No	Komponen	Kadar Air (%)
8	Kayu	21,63
9	Residu	51,83

Analisis kadar air ini bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan air yang terdapat pada setiap komponen sampah. Pada tabel 4.2 di atas dapat dilihat bahwa kandungan kadar air dari sampah yang dihasilkan cukup beragam antara satu dengan yang lainnya karena karakteristik alaminya. Analisis ini dapat menentukan bagaimana *recovery* yang tepat untuk setiap komponen sampah. Semakin tinggi kadar air di dalam sampah, maka semakin banyak pula energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air tersebut dan kalor yang dihasilkan dalam pembakaran juga akan semakin rendah. Sampah organik memiliki kadar air tertinggi yaitu sebesar 74,98%, diikuti dengan sampah residu sebesar 51,83%, sampah kayu sebesar 21,63% dan sampah kain dengan persentase 9,94%. Residu memiliki kandungan air yang cukup tinggi dikarenakan sampah tersebut sebagian besar terdiri dari tissue bekas pakai baik dari kamar, toilet, dapur maupun restoran. Dan untuk komponen lain yaitu kaca, kertas, kain, karet dan kaleng masing-masing memiliki kadar air kurang dari 6%. Komponen yang memiliki kadar air terendah adalah sampah plastik dengan presentase 0,42%.

Hasil dari penelitian kadar air ini sebagian besar sudah sesuai dengan literatur, yaitu kandungan sampah organik berkisar antara 50-80%, sampah kertas antara 4-10%, sampah kain antara 6-15%, sampah karet antara 1-4%, sampah kaca antara 1-4%, sampah kayu antara 15-40% dan residu berkisar sebesar 5%. Hanya saja untuk kadar air plastik dan kaleng, hasil yang didapat lebih rendah dari literatur yang menyatakan bahwa kadar air plastik berkisar antara 1-4% dan kaleng berkisar antara 2-4%.



Tabel 4.3 Kadar Volatil, Abu dan *Fixed Carbon* Sampah

No	Komponen	Kadar Volatil (%)	Kadar Abu (%)	Fixed Carbon (%)
1	Dapat Dikomposkan	72,14	25,97	1,88
2	Kertas	80,21	10,28	9,51
3	Plastik	95,56	0,12	4,32
4	Kaca	0,56	98,90	0,54
5	Kain	90,98	6,55	2,47
6	Karet	61,54	19,40	19,06
7	Kaleng	0,79	99,18	0,03
8	Kayu	96,74	2,95	0,32
9	Residu	94,71	3,31	1,98

Kadar volatil adalah materi yang menguap pada temperature 600°C dan menyisakan sisa pembakaran. Kadar volatil yang tinggi menunjukkan tingginya nilai kalor pada material tersebut. Semakin tinggi kadar volatil pada suatu komponen maka semakin mudah komponen tersebut untuk terbakar dan menyala, sehingga laju pembakaran akan semakin cepat (Artati,*et al*, 2012). Ketika sisa pembakaran dibakar kembali pada temperatur 950°C, masih ada materi yang menguap yang disebut fixed carbon dan juga menyisakan abu. Tinggi rendahnya kadar abu yang terdapat pada sampah menunjukkan besarnya residu yang dihasilkan setelah terjadinya pembakaran. Selanjutnya analisis *fixed carbon* dilakukan untuk mengetahui material tidak teruap pada tiap komponen sampah.

Berdasarkan tabel di atas, komponen sampah dengan kadar volatil tertinggi adalah residu sebesar 97,29%, kayu sebesar 96,74%, plastik sebesar 95,56%, kain sebesar 90,98%, kertas sebesar 80,21%, organik sebesar 72,14% dan karet sebesar 61,54%. Komponen yang memiliki kadar volatil rendah adalah sampah kaca dan kaleng dengan presentase kurang dari 1%. Komponen sampah yang memiliki kadar abu yang tinggi yaitu sampah kaca dan kaleng yang mencapai 98,90% dan 99,18%. Hal tersebut menunjukkan bahwa komponen sampah yang memiliki laju pembakaran

tinggi adalah sampah plastik karena memiliki kadar volatil tinggi dan kadar air rendah. Untuk sampah kayu dan residu, meskipun memiliki kadar volatil yang tinggi, kadar air yang dimiliki cukup tinggi sehingga pembakaran menjadi tidak efektif.

Sedangkan komponen sampah yang memiliki kadar abu terbesar ialah sampah kaleng sebesar 99,18% dan sampah kaca dengan persentase sebesar 98,90%. Dan komponen yang memiliki kadar abu terkecil adalah sampah plastik dengan persentase 0,12%. Hal tersebut menunjukkan bahwa apabila plastik merupakan komponen yang efektif untuk dibakar karena hasil abu atau sisa hanya sedikit.

Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan, hal mempengaruhi karakteristik fisika dan kimia sampah di hotel yaitu adalah timbulan sampah pada hotel tersebut. Pihak hotel yang hanya memisahkan sampah berdasarkan lokasi dihasilkannya (dapur dan kamar) dapat mempengaruhi kadar fisika kimia tersebut karena sampah basah tercampur dengan sampah kering. Selain itu, berdasarkan wawancara tingkat pengetahuan petugas hotel mengenai pemilahan sampah juga masih minim.

Tabel 4.4 Nilai Kalor Sampah

No	Komponen	Nilai Kalor (kkal/kg)			
		* <sup>1</sup>	** <sup>2</sup>	*** <sup>3</sup>	**** <sup>4</sup>
1	Organik	3357.97		4500-7000	4000-7000
2	Kertas	4331.08	3588.00	2500-4500	2700-6600
3	Plastik	5166.21	8000.00	5000-12000	6600-8900
4	Kaca	68.27			30-60
5	Kain	4242.53	5200.00	4200-4800	3600-4400
6	Karet	4270.51	7200.00	5200	6600-8900
7	Kaleng	37.62			60-280

\*Hasil Penelitian

\*\*Dong *et al*, 2009

\*\*\*Novita dan Damanhuri, 2010

\*\*\*\*Tchobanoglous *et al*, 1993

No	Komponen	Nilai Kalor (kkal/kg)			
		*1	**2	***3	***4
8	Kayu	4325.07			
9	Residu	68.27			

Nilai kalor pada tabel 4.4 di atas didapatkan menggunakan perhitungan analisis proksimat yang sudah didapatkan, yaitu kadar air, kadar volatil, kadar abu dan *fixed carbon* yang sebelumnya didapat dari percobaan laboratorium. Nilai kalor tersebut dinyatakan dalam satuan kkal/kg. Perhitungan nilai kalor tersebut menggunakan persamaan 3.5. Materi yang digunakan untuk menghitung nilai kalor adalah materi volatil dan *fixed carbon*.

Jika hasil dari persamaan 3.5 dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, nilai kalor kertas yang didapat sudah sesuai, yaitu berkisar antara 2.500-4.500 kkal/kg. Begitu pula dengan komponen kaca, kain dan kayu yang sudah mendekati dengan angka pada penelitian sebelumnya. Pada referensi disebutkan bahwa nilai kalor plastik berkisar antara 5.000 hingga mencapai 12.000 kkal/kg, dan hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kalor dari plastik hanya sebesar 5166 kkal/kg sehingga sudah sesuai. Namun untuk nilai kalor komponen organik dan, nilai yang didapat berdasar perhitungan terlalu kecil apabila dibandingkan dengan referensi. Untuk nilai kalor pada sampah organik, dalam referensi disebutkan bahwa komponen organik memiliki nilai kalor antara 4.000-7.000 kkal/kg. Namun dalam penelitian hanya didapat sebesar 3300 kkal/kg. Hal tersebut dapat dipengaruhi karena perbedaan kadar fisika dan kimia yang telah diuji sebelumnya, yaitu karena beberapa sampah basah dan kering ditampung menjadi satu maka sampah kering dapat tercampur dengan air yang berasal dari sampah basah.

## 4.5 Potensi *Recovery* Sampah

### 4.5.1 Potensi *Recovery* dan Proyeksi Sampah Hotel

Upaya pengurangan sampah pada TPA juga dapat dilakukan dengan pengolahan atau *recycle* yang dapat mengubah karakteristik dan sifat sampah sehingga didapatkan barang baru yang dapat digunakan kembali. Dalam hal ini penting untuk mempertimbangkan jumlah potensi *recovery* sampah sebelum nantinya diangkut ke TPA.

Potensi reduksi sampah dapat ditetapkan berdasarkan *material balance*, dengan memperhitungkan *recovery factor* setiap komponen sampah. Yang dimaksudkan dengan *recovery factor* adalah persentase setiap komponen sampah yang dapat dimanfaatkan kembali, di-*recovery* atau didaur ulang. Selebihnya merupakan residu yang memerlukan pembuangan akhir atau pemusnahan. Pada Tabel 4.5 dapat dilihat faktor *recovery* sampah berikut :

Tabel 4.5 Faktor *Recovery* Sampah

Komponen Sampah	Faktor Recovery (%)
Sampah Organik	80
Sampah Plastik	50
Sampah Kertas	40
Sampah Kaca	70
Sampah Logam	80

Sumber : Tchobanoglous *et al.* (1993)

Berdasarkan perhitungan hasil potensi *recovery* sampah yang dihasilkan dari enam hotel bintang tiga di Kota Yogyakarta didapat sebagai berikut :

Tabel 4.6 Potensi *Recovery* Sampah Pada Sampel Hotel

Komponen Sampah	Timbulan (kg/hari)	Faktor Recovery (%)	Laju Reduksi (kg/hari)	Jumlah Residu (kg/hari)
	<i>a</i>	<i>B</i>	$c = a \times b$	<i>a-c</i>
Dapat Dikomposkan	33.55	80%	26.84	6.71
Kertas	16.49	40%	6.60	9.89
Plastik	12.68	50%	6.34	6.34
Kaca	3.84	70%	2.68	1.15
Kain	1.21	0%	0.00	1.21
Karet	1.67	0%	0.00	1.67
Kaleng	1.35	80%	1.08	0.27
Kayu	1.26	0%	0.00	1.26
Residu	6.45	0%	0.00	6.45
<b>Jumlah Total</b>	<b>78.49</b>		<b>43.54</b>	<b>34.95</b>
<b>Persentase</b>			<b>55.48%</b>	<b>44.52%</b>

Tabel 4.6 merupakan hasil perhitungan potensi *recovery* untuk enam sampel hotel bintang tiga di Kota Yogyakarta. Dapat dilihat bahwa sampah organik, kertas, sampah plastik, kaca dan kaleng dapat direduksi dan di daur ulang. Sebanyak 55,48% dari timbulan sampah, yaitu 43,54 kg pada enam sampel hotel dapat di daur ulang, sedangkan sebanyak 44,52% yaitu sebanyak 34,95 kg merupakan residu yang langsung dibuang ke TPA.

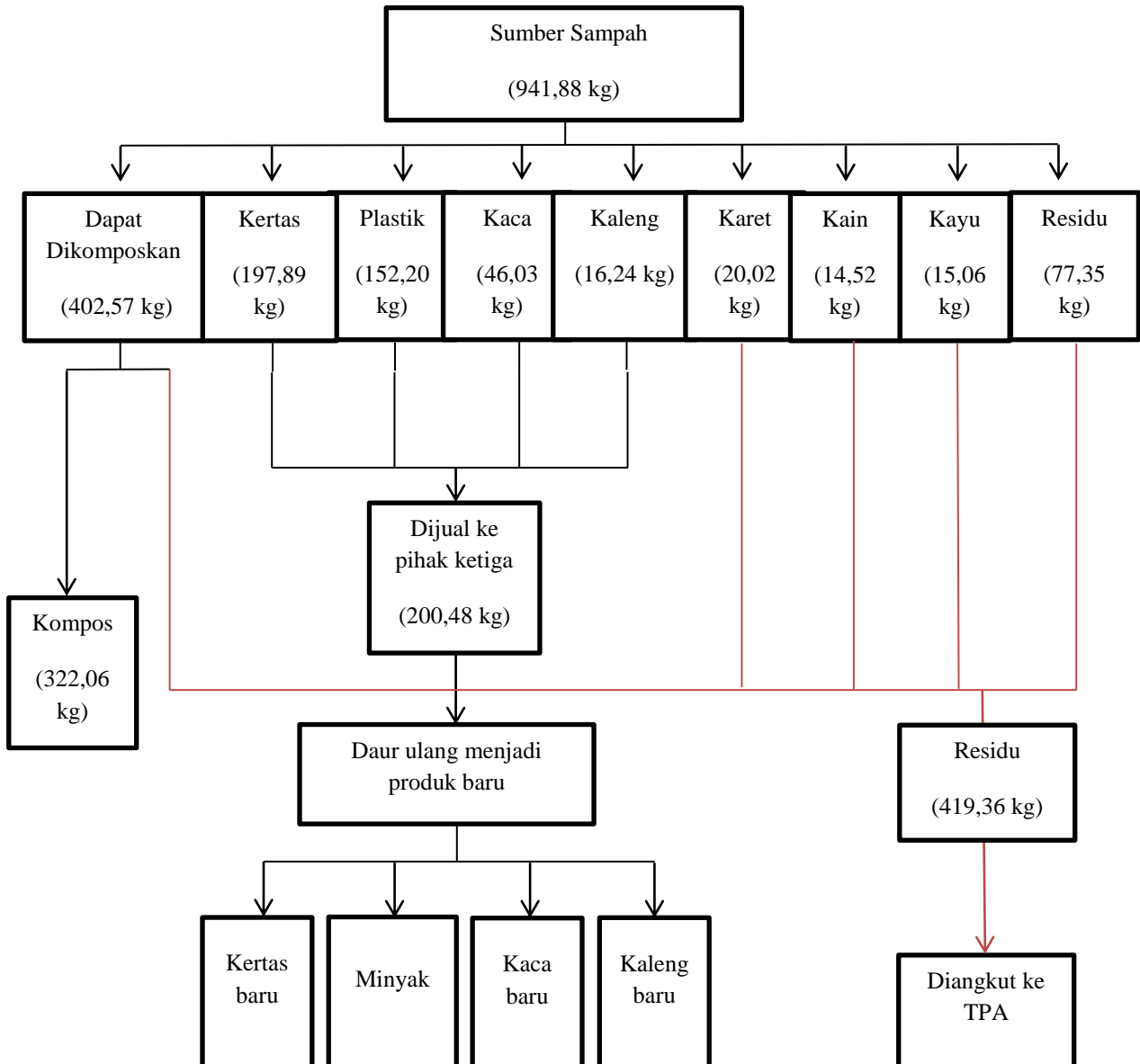
Selanjutnya hasil dari timbulan dan potensi *recovery* dari keenam sampel hotel tersebut diproyeksikan sesuai dengan jumlah hotel bintang tiga di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pada bab III telah disebutkan bahwa total hotel bintang tiga di Kota Yogyakarta adalah sebanyak 53 hotel dan total hotel bintang tiga di Kabupaten Sleman sejumlah 19 hotel, sedangkan Kabupaten Kulonprogo, Bantul dan

Gunungkidul tidak memiliki hotel bintang tiga. Maka pada tabel di bawah ini didapatkan timbulan berat sampah dan juga potensi *recovery* dari seluruh hotel bintang tiga. Total timbulan yang dihasilkan yaitu sebesar 941,88 kg/hari dengan laju reduksi 522,52 kg/hari dan jumlah residu sebesar 419,36 kg/hari.

Tabel 4.7 Potensi *Recovery* Hotel Bintang Tiga di Provinsi DIY

<b>Komponen Sampah</b>	<b>Timbulan (kg/hari)</b>	<b>Faktor Recovery (%)</b>	<b>Laju Reduksi (kg/hari)</b>	<b>Jumlah Residu (kg/hari)</b>
	<i>A</i>	<i>b</i>	$c = a \times b$	$a - c$
Dapat Dikomposkan	402.57	80%	322.06	80.51
Kertas	197.89	40%	79.16	118.74
Plastik	152.20	50%	76.10	76.10
Kaca	46.03	70%	32.22	13.81
Kain	14.52	0%	0.00	14.52
Karet	20.02	0%	0.00	20.02
Kaleng	16.24	80%	13.00	3.25
Kayu	15.06	0%	0.00	15.06
Residu	77.35	0%	0.00	77.35
<b>Jumlah Total</b>	<b>941.88</b>		<b>522.52</b>	<b>419.36</b>

Berikut merupakan skema potensi *recovery* yang dapat diimplementasikan sebagai upaya untuk mengurangi timbulan sampah dan memberikan nilai tambah yang dihasilkan sampah sehingga memiliki nilai ekonomi dan manfaat dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Skema Potensi *Recovery*

Berdasarkan penelitian oleh Kasim (2018), plastik dapat dibakar menggunakan mesin pirolisis. Dengan mesin ini, minyak akan dihasilkan yang mana setiap 1 kg sampah plastik menghasilkan 0,4-0,49 L minyak bakar. Sehingga apabila total sampah plastik dari hotel bintang tiga di wilayah DIY yang dapat di reduksi dengan faktor *recovery* sebesar 50% adalah sebanyak 76,1 kg, maka dapat menghasilkan minyak sebesar 37,29 liter.

#### **4.5 Potensi *Recovery* Sampah**

##### **4.5.2 Hubungan Antar Karakteristik dan Nilai Kalor Sampah Terhadap Potensi *Recovery***

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium, didapat kandungan kadar air, kadar volatil, kadar abu dan *fixed carbon*. Kandungan karakteristik tersebut digunakan untuk menentukan nilai kalor menggunakan dua persamaan analisis proksimat. Dari hasil yang sudah didapatkan, dapat dibandingkan dan ditarik konklusi untuk pemanfaatan sampah yang tepat untuk setiap komponennya.

- **Komponen Organik**

Sampah organik memiliki kadar air yang tergolong tinggi, yaitu 74,98%, kadar volatil sebesar 72,14%, kadar abu sebesar 25,97% dan *fixed carbon* 1,88%. Kadar volatil yang cukup tinggi dan kadar abu yang didapat pada penelitian ini berbanding terbalik dengan teoritis, karena dengan memiliki kadar air yang tinggi, sampah organik seharusnya akan membutuhkan lebih banyak energi dalam pembakaran. Juga kadar abu yang dihasilkan juga seharusnya cukup tinggi dikarenakan residu pembakaran banyak yang tersisa.

Apabila dilihat dari nilai kalornya, angka tersebut tergolong tinggi, namun tingginya kadar air dapat menjadi faktor reduksi nilai kalor. Dikarenakan tingginya



kadar air yang dimiliki, maka sampah organik lebih tepat untuk dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan kompos.

- **Komponen Kertas**

Kertas terbuat dari selulosa atau serat kayu yang tercampur dengan bahan kimia sebagai pengisi atau penguat kertas. Serat kayu ini akan mudah terbakar dan menghasilkan nilai kalor. (Novita dan Damanhuri, 2010). Jika dilihat dari kadar air kertas yang rendah, yaitu 5,18% dan kadar volatil tinggi yaitu sebesar 80,1%, komponen ini berpotensi untuk dilakukan pembakaran. Namun kadar abu yang dimiliki sampah kertas yaitu sebesar 10%, dan nilai kalor yang dihasilkan yaitu 4.331 kkal/kg tidak memenuhi standar RDF yang seharusnya diatas 5.000 kkal/kg. Sehingga pemanfaatan yang tepat adalah didaur ulang menjadi kertas baru.

- **Komponen Plastik**

Plastik memiliki kadar air yang rendah (0,12%), kadar volatil yang tinggi (95,56%) dan juga kadar abu yang rendah yaitu 0,12%. Berdasarkan perhitungan analisis proksimat, didapat nilai kalor plastik yang cukup tinggi yaitu sebesar 5.166 kkal/kg. Tingginya nilai kalor plastik karena plastik terbuat dari petroleum atau gas alam sehingga menyimpan kandungan energi yang sangat tinggi dibandingkan dengan komponen lain dalam sampah (Subramanian, 2000). Nilai kalor tersebut sudah memenuhi standar *Refused Derived Fuel* (RDF) sehingga plastik sangat berpotensi untuk dibakar untuk dijadikan energi.

- **Komponen Kain, Karet dan Kayu**

Ketiga komponen ini merupakan komponen yang cukup jarang ditemui di TPS hotel apabila dibandingkan dengan komponen organik, plastik dan kertas. Ketiga komponen ini baik sampah kain, karet dan kayu menghasilkan nilai kalor yang hampir sama, yaitu berkisar antara 4.200 - 4.400 kkal/kg. Hanya saja terdapat perbedaan pada karakteristiknya.

Komponen kain memiliki kadar air sebesar 9,94%, kadar volatil yang tinggi yaitu 90,98% dan kadar abu yang rendah yaitu 6,55% sehingga sampah kain berpotensi untuk diolah menjadi sumber energi. Sedangkan komponen karet memiliki kadar air yang rendah yaitu 2,01%, kadar volatil sebesar 61,54% namun memiliki kadar abu sebesar 19,40%. Dan sampah kayu memiliki kadar air sebesar 39,10%, kadar volatil sebesar 96,74% dan kadar abu yang rendah yaitu 2,95%.

- Komponen kaca dan kaleng

Kedua komponen ini memiliki kadar air yang rendah, yaitu 1,14% untuk kaca dan 1,82% untuk kaleng. Kadar volatil dari kaca dan kaleng juga tergolong sangat rendah yaitu < 1%, dan kadar abunya tergolong sangat tinggi yaitu mencapai 98%. Berdasarkan analisis karakteristik tersebut, didapat bahwa nilai kalor kaca dan kaleng sangat rendah, yaitu 68,27 kkal/kg dan 37 kkal/kg. Sehingga kedua komponen ini tidak direkomendasikan untuk diolah menjadi energi. Namun dapat direduksi dengan daur ulang atau *recycle*.

- Residu

Komponen ini cukup sering dijumpai pada TPS hotel dan komponen yang mendominasi adalah tissue. Dalam pengujian laboratorium, komponen yang diuji adalah tissue bekas sehingga didapat kadar volatil yang tinggi (93,71%) dan juga kadar abu yang rendah (1,98%). Nilai kalornya tergolong tinggi yaitu 4.368 kkal/kg. Namun, kadar air yang dimiliki cukup tinggi yaitu 51,38%. Hal tersebut dikarenakan tissue bekas pakai tersebut menyerap zat-zat lain seperti air yang mengakibatkan kandungan air cukup tinggi. Sehingga sampah residu tidak direkomendasikan untuk diolah menjadi energi.

