

BAGIAN 7 PENGANGKUTAN SAMPAH

Bagian ini menjelaskan secara teoritis metode pengangkutan sampah, pola dan operasional pengangkutan sampah, serta perhitungan optimasinya. Dijelaskan pula peralatan serta penentuan rute. Walaupun metode transportasi sampah di Indonesia belum berkembang, mahasiswa ditugaskan untuk mengamati bagaimana sistem transfer sampah dari TPS ke pengangkut serta kendala yang mungkin dihadapi dalam pengangkutan.

7.1 Pengangkutan Sampah secara Umum

Pengangkutan sampah adalah sub-sistem yang bersasaran membawa sampah dari lokasi pemindahan atau dari sumber sampah secara langsung menuju tempat pemrosesan akhir, atau TPA. Pengangkutan sampah merupakan salah satu komponen penting dan membutuhkan perhitungan yang cukup teliti, dengan sasaran mengoptimalkan waktu angkut yang diperlukan dalam sistem tersebut, khususnya bila:

- Terdapat sarana pemindahan sampah dalam skala cukup besar yang harus menangani sampah
- Lokasi titik tujuan sampah relatif jauh
- Sarana pemindahan merupakan titik pertemuan masuknya sampah dari berbagai area
- Ritasi perlu diperhitungkan secara teliti
- Masalah lalu-lintas jalur menuju titik sasaran tujuan sampah

Dengan optimasi sub-sistem ini diharapkan pengangkutan sampah menjadi mudah, cepat, dan biaya relatif murah. Di negara maju, pengangkutan sampah menuju titik tujuan banyak menggunakan alat angkut dengan kapasitas besar, yang digabung dengan pemadatan sampah, seperti yang terdapat di Cilincing Jakarta.

Persyaratan alat pengangkut sampah antara lain adalah:

- Alat pengangkut harus dilengkapi dengan penutup sampah, minimal dengan jaring.
- Tinggi bak maksimum 1,6 m.
- Sebaiknya ada alat ungit.
- Kapasitas disesuaikan dengan kondisi/kelas jalan yang akan dilalui.
- Bak truk/dasar kontainer sebaiknya dilengkapi pengaman air sampah.

Beberapa jenis/tipe truk yang dioperasikan pada subsistem pengangkutan ini, yaitu seperti ditampilkan pada Tabel 7.1 berikut.

Untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengoperasian sarana angkutan sampah kemungkinan penggunaan stasiun atau depo kontainer layak diterapkan. Dari pusat kontainer ini truk kapasitas besar dapat mengangkut kontainer ke lokasi pemrosesan atau ke TPA, sedangkan truk sampah kota (kapasitas kecil) tidak semuanya

perlu sampai ke lokasi tersebut, hanya cukup sampai depo container saja. Dengan demikian jumlah ritasi truk sampah kota dapat ditingkatkan. Usia pakai (*lifetime*) minimal 5-7 tahun. Volume muat sampah 6-8 m³, atau 3-5 ton. Ritasi truk angkutan per hari dapat mencapai 4-5 kali untuk jarak tempuh di bawah 20 km, dan 2-4 rit untuk jarak tempuh 20-30 km, yang pada dasarnya akan tergantung waktu per ritasi sesuai kelancaran lalu lintas, waktu pemuatan, dan pembongkaran sampahnya.

7.2 Metode Pengangkutan Sampah

Bila mengacu pada sistem di negara maju, maka pengangkutan sampah dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu [4]:

a. Hauled Container System (HCS)

Adalah sistem pengumpulan sampah yang wadah pengumpulannya dapat dipindah-pindah dan ikut dibawa ke tempat pembuangan akhir. HCS ini merupakan sistem wadah angkut untuk daerah komersial. Untuk menghitung waktu ritasi dari sumber ke TPS atau ke TPA:

$$T_{HCS} = (P_{HCS} + S + h) \dots\dots\dots (7.1)$$

Keterangan:

T_{HCS} = waktu per ritasi (jam/rit).

P_{HCS} = waktu pengambilan (jam/rit).

S = waktu bongkar-muat di TPS atau TPA (jam/rit).

h = waktu angkut dari sumber ke TPS atau TPA.

P dan S relatif konstan

$h \rightarrow$ tergantung kecepatan dan jarak, yang dapat

dihitung dengan : $h = a + bx \dots\dots\dots (7.2)$

a dan b = konstanta empiris.

a = jam/ritasi.

b = jam/jarak.

x = jarak pulang pergi (km).

sehingga:

$$T_{HCS} = P_{HCS} + S + a + bx \dots\dots\dots (7.3)$$

$$P_{HCS} = pc + uc + dbc \dots\dots\dots (7.4)$$

P_{HCS} = waktu pengambilan/rit.

pc = waktu untuk mengangkut kontainer isi (jam/rit).

uc = waktu untuk mengosongkan kontainer.

dbc = waktu untuk menempuh jarak dari kontainer ke kontainer lain (jam/rit).

Catatan: pada pelayanan dengan gerobak lain \rightarrow

P_{HCS} = waktu mengambil sampai mengembalikan bin kosong di TPS.

Tabel 7.1 : Peralatan Subistem Pengangkutan [48, 49]

Jenis Peralatan	Konstruksi/Bahan	Kelebihan	Kelemahan	Catatan
Truck Biasa Terbuka	<ul style="list-style-type: none"> - Bak konstruksi kayu. - Bak konstruksi plat besi 	<ul style="list-style-type: none"> - Harga relatif murah. - Perawatan relatif lebih mudah/murah. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kurang sehat. - Memerlukan waktu pengoperasian lebih lama. - Estetika kurang. 	<ul style="list-style-type: none"> - Banyak dipakai di Indonesia. - Diperlukan tenaga lebih banyak.
Dump Truck/Tipper Truck	<ul style="list-style-type: none"> - Bak plat baja. - Dump truck dengan peninggian bak pengangkutnya. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak diperlukan banyak tenaga kerja pada saat pembongkaran. - Pengoperasian lebih efisien dan efektif. 	<ul style="list-style-type: none"> - Perawatan lebih sulit. - Kurang sehat. - Kurang estetis. - Relatif lebih mudah berkarat. - Sulit untuk pemuatan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Perlu modifikasi bak.
Arm Roll Truck	<ul style="list-style-type: none"> - Truk untuk mengangkut/memba wa kontainer-kontainer hidrolis 	<ul style="list-style-type: none"> - Praktis dan cepat dalam pengoperasian. - Tidak diperlukan tenaga kerja yang banyak. - Lebih bersih dan sehat. - Estetika baik. - Penempatan lebih fleksibel. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hidrolis sering rusak. - Harga relatif mahal. - Biaya perawatan lebih mahal. - Diperlukan lokasi (areal) untuk penempatan dan pengangkutan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cocok pada lokasi-lokasi dengan produksi sampah yang relatif banyak.
Compactor Truck	<ul style="list-style-type: none"> - Truk dilengkapi dengan alat pemadat sampah 	<ul style="list-style-type: none"> - Volume sampah terangkut lebih banyak. - Lebih bersih dan higienis. - Estetika baik. - Praktis dalam pengoperasian. - Tidak diperlukan banyak tenaga kerja. 	<ul style="list-style-type: none"> - Harga relatif mahal. - Biaya investasi dan pemeliharaan lebih mahal. - Waktu pengumpulan lama bila untuk sistem door to door. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cocok untuk pengumpulan dan angkutan secara komunal.
	-	-	-	-
Multi Loader	<ul style="list-style-type: none"> - Truk untuk mengangkat/memba wa kontainer-kontainer secara hidrolis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Praktis dan cepat dalam pengoperasian. - Tidak diperlukan banyak tenaga kerja. - Penempatan lebih fleksibel. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hidrolis sering rusak. - Diperlukan lokasi (areal) untuk penempatan dan pengangkutan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cocok pada lokasi-lokasi dengan produksi sampah yang relatif banyak. - Pernah digunakan di Makasar.
Truck With Crane	<ul style="list-style-type: none"> - Truk dilengkapi dengan alat pengangkat sampah. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak memerlukan banyak tenaga untuk menaikkan sampah ke truk. - Cocok untuk mengangkut sampah yang besar (<i>bulky waste</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> - Hidrolis sering rusak. - Sulit digunakan di daerah yang jalannya sempit dan tidak teratur. 	<ul style="list-style-type: none"> - Telah digunakan di DKI Jakarta.
Mobil Penyapu Jalan (<i>Street Sweeper</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Truck yang dilengkapi dengan alat penghisap sampah. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengoperasian lebih cepat. - Sesuai untuk jalan-jalan protokol yang memerlukan pekerjaan cepat. - Estetis dan higienis. - Tidak memerlukan tenaga kerja yang banyak. 	<ul style="list-style-type: none"> - Harga lebih mahal. - Perawatan lebih mahal. - Belum memungkinkan untuk kondisi jalan di Indonesia umumnya. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baik untuk jalan-jalan protokol : yang rata, tidak berbatu, dan dengan batas jalan yang baik.

Jumlah ritasi per kendaraan per hari untuk sistem HCS dapat dihitung dengan:

$$Nd = \frac{[H(1-w) - (t_1 + t_2)]}{T_{HCS}} \dots\dots\dots (7.5)$$

Keterangan:
 Nd = jumlah ritasi/hari (rit/hari).
 H = waktu kerja (jam/hari).
 w = off route faktor (waktu hambatan sebagai friksi).
 t₁ = waktu dari pool kendaraan (garasi) ke kontainer 1 pada hari kerja tersebut (jam).
 t₂ = waktu dari kontainer terakhir ke garasi (jam).
 T_{HCS} = waktu pengambilan/ritasi (jam/rit).

Jumlah ritasi/hari dapat dibandingkan dengan perhitungan atas jumlah sampah yang terkumpul/hari.

$$Nd = \frac{Vd}{c.f} \dots\dots\dots (7.7)$$

Keterangan:
 Vd = jumlah sampah terkumpul (volume/hari).
 c = ukuran rata-rata kontainer (volume/hari).
 f = faktor penggunaan kontainer.

Hauled Container System dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- Konvensional: wadah sampah yang telah terisi penuh akan diangkut ke tempat pembongkaran, kemudian setelah dikosongkan wadah sampah tersebut dikembalikan ke tempatnya semula.
- *Stationary Container System* (SCS): wadah sampah yang telah terisi penuh akan diangkut dan tempatnya akan langsung diganti oleh wadah kosong yang telah dibawa.

b. *Stationary Container System* (SCS)

Sistem pengumpulan sampah yang wadah pengumpulannya tidak dibawa berpindah-pindah (tetap). Wadah pengumpulan ini dapat berupa wadah yang dapat diangkat atau yang tidak dapat diangkat. SCS merupakan sistem wadah tinggal ditujukan untuk melayani daerah pemukiman.

Untuk *Stationary Container System* (dengan *mechanical loaded collection vehicles*)

$$T_{SCS} = (P_{SCS} + s + a + bx) \dots\dots\dots (7.8)$$

$$P_{SCS} = C_T (Uc) + (np-1)(dbc)$$

Keterangan:
 C_T = jumlah kontainer yang dikosongkan/rit (kontainer/rit).
 Uc = waktu pengosongan kontainer (jam/rit).
 Np = jumlah lokasi kontainer yang diambil per rit (lokasi/rit).
 Dbc = waktu terbuang untuk bergerak dari satu lokasi ke lokasi kontainer lain (jam/lokasi).

Jumlah kontainer yang dapat dikosongkan per ritasi pengumpulan:

$$C_T = \frac{V.r}{c.f} \dots\dots\dots (7.9)$$

Keterangan:
 C_T = jumlah kontainer yang dikosongkan/rit (kontainer/rit).
 V = volume mobil pengumpul (m³/rit).
 R = rasio kompaksi.
 C = volume kontainer (m³/kontainer).
 F = faktor penggunaan kontainer.

Jumlah ritasi per hari :

$$Nd = \frac{Vd}{V.r} \dots\dots\dots (7.10)$$

Keterangan :
 Vd = jumlah sampah yang dikumpulkan/hari (m³/hari)

Waktu yang diperlukan per hari :

$$H = \left[\frac{(t_1 + t_2) + Nd.(T_{SCS})}{(1-w)} \right] \dots\dots\dots (7.11)$$

Contoh soal:

Untuk mengangkut sampah dari beberapa lokasi kontainer di suatu daerah digunakan sistem HCS.

Data yang diberikan:

- T₁ = 15'
- T₂ = 20'
- W = 0,15
- (pc+ uc) = 0,4 jam/ritasi
- Waktu rata-rata untuk bergerak dari kontainer ke kontainer = dbc = 6' = 0,1 jam.
- Tentukan jumlah kontainer yang dapat dikosongkan per hari, bila jam kerja = 8 jam.

Penyelesaian:

$$P_{HCS} = pc + uc + dbc$$

$$= (0,4 + 0,1)jam/ritasi = 0,5 jam/rit.$$

$$T_{HCS} = (P_{HCS} + s + a + bx)$$

Asumsi:
 a = 0,016 jam/rit.
 B = 0,018 jam/mil.
 s = 0,133 jam/rit.
 T_{HCS} = [(0,5 + 0,133 + 0,016 + 0,018(31))] jam
 = 1,21 jam

Jumlah ritasi/kendaraan dengan rumus (7.5), dengan:

- H = 8 jam.
- w = 0,15 jam.
- t₁ = 0,25 jam.
- t₂ = 0,33 jam.

$$T_{HCS} = 1,21 \text{ jam.}$$

$$Nd = \left[\frac{8(1 - 0,15) - (0,25 + 0,331)}{1,21 \text{ jam / rit}} \right] = 5,14$$

rit/jam

Nd → diambil ≈ 5 rit, artinya perlu waktu = 7,8 jam.

7.3 Operasional Pengangkutan Sampah

Untuk mendapatkan sistem pengangkutan yang efisien dan efektif maka operasional pengangkutan sampah sebaiknya mengikuti prosedur sebagai berikut:

- Menggunakan rute pengangkutan yang sependek mungkin dan dengan hambatan yang sekecil mungkin.
- Menggunakan kendaraan angkut dengan kapasitas/daya angkut yang semaksimal mungkin.
- Menggunakan kendaraan angkut yang hemat bahan bakar.
- Dapat memanfaatkan waktu kerja semaksimal mungkin dengan meningkatkan jumlah beban kerja semaksimal mungkin dengan meningkatkan jumlah beban kerja/ritasi pengangkutan.

Untuk sistem *door-to-door*, yaitu pengumpulan sekaligus pengangkutan sampah, maka sistem pengangkutan sampah dapat menggunakan pola pengangkutan sebagai berikut (Gambar 7.1):

- Kendaraan keluar dari pool dan langsung menuju ke jalur pengumpulan sampah.
- Truk sampah berhenti di pinggir jalan di setiap rumah yang akan dilayani, dan pekerja mengambil sampah serta mengisi bak truk sampah sampai penuh.

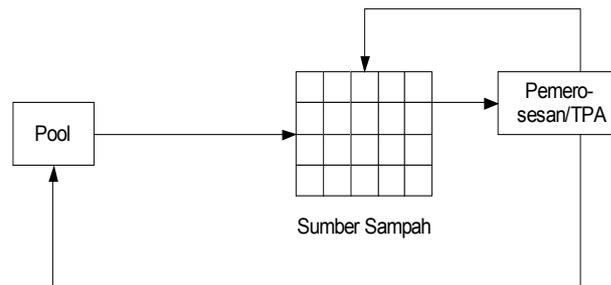
- Setelah terisi penuh truk langsung menuju ke tempat pemrosesan atau ke TPA
- Dari lokasi pemrosesan tersebut, kendaraan kembali ke jalur pelayanan berikutnya sampai shift terakhir, kemudian kembali ke Pool.

Untuk sistem pengumpulan secara tidak langsung, yaitu dengan menggunakan Transfer Depo(TD), maka pola pengangkutan yang dilakukan adalah sebagai berikut (Gambar 7.2):

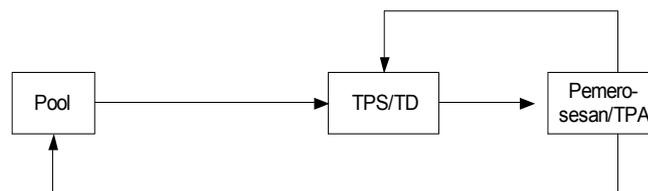
- Kendaraan keluar dari pool langsung menuju lokasi TD, dan dari TD sampah-sampah tersebut langsung diangkut ke pemrosesan akhir
- Dari pemrosesan tersebut, kendaraan kembali ke TD untuk pengangkutan ritasi berikutnya. Dan pada ritasi terakhir sesuai dengan yang ditentukan, kendaraan tersebut langsung kembali ke pool.

7.4 Pola Pengangkutan Sampah

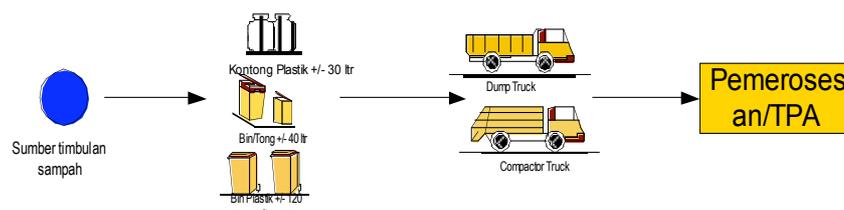
Pengangkutan sampah dengan sistem pengumpulan individual langsung (*door to door*) adalah seperti terlihat pada sekema Gambar 7.3 berikut ini.



Gambar 7.1: Skema Pola Pengangkutan Sampah Secara Langsung (*Door to door*) [3, 4, 19]



Gambar 7.2: Skema Pola Pengangkutan Secara Tidak Langsung [3,4, 19]



Gambar 7.3 : Pola Pengangkutan Sampah Sistem Individual Langsung [3, 19]

Penjelasan ringkas dalam sistem tersebut, antara lain adalah:

- Truk pengangkut sampah berangkat dari pool menuju titik sumber sampah pertama untuk mengambil sampah
- Selanjutnya truk tersebut mengambil sampah pada titik-titik sumber sampah berikutnya sampai truk penuh sesuai dengan kapasitasnya.
- Sampah diangkut ke lokasi pemrosesan atau ke TPA
- Setelah pengosongan sampah di lokasi tersebut, truk menuju kembali ke lokasi sumber sampah berikutnya sampai terpenuhi ritasi yang telah ditetapkan.

Sebagaimana telah dibahas pada Bagian sebelumnya, terdapat 3 jenis sistem transfer, yaitu Tipe I, II dan III. Pengumpulan sampah melalui sistem pemindahan di transfer depo Tipe I dan II, pola pengangkutannya dapat dilihat pada Gambar 7.4.

Untuk pengumpulan sampah dengan sistem kontainer (transfer tipe III), pola pengangkutannya adalah sebagai berikut:

a. Pola pengangkutan dengan sistem pengosongan kontainer Cara 1 (Gambar 7.5) dengan keterangan:

- Kendaraan dari pool menuju kontainer isi pertama untuk mengangkut sampah ke pemrosesan atau ke TPA.
- Kontainer kosong dikembalikan ke tempat semula.
- Menuju ke kontainer isi berikutnya untuk diangkut ke pemrosesan atau ke TPA.
- Kontainer kosong dikembalikan ke tempat semula.
- Demikian seterusnya sampai rit terakhir.

b. Pola pengangkutan dengan sistem pengosongan kontainer Cara 2 (Gambar 7.6).

c. Pola pengangkutan sampah dengan sistem pengosongan kontainer Cara 3 (Gambar 7.7) dengan keterangan sistem:

- Kendaraan dari pool dengan membawa kontainer kosong menuju ke lokasi kontainer isi untuk mengganti/mengambil dan langsung membawanya ke Pemrosesan atau ke TPA.
- Kendaraan dengan membawa kontainer kosong dari TPA menuju ke kontainer isi berikutnya.
- Demikian seterusnya sampai dengan rit terakhir.

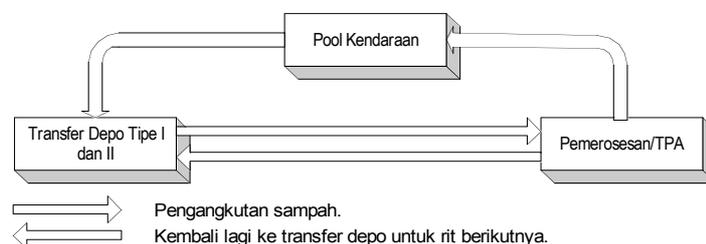
d. Pola pengangkutan sampah dengan sistem kontainer tetap dapat dilihat pada Gambar 7.8: Kontainer tetap biasanya untuk kontainer kecil serta alat angkut berupa truk compactor. Keterangan sistem adalah:

- Kendaraan dari pool menuju kontainer pertama, sampah dituangkan ke dalam truk compactor dan meletakkan kembali kontainer yang kosong.
- Kendaraan menuju ke kontainer berikutnya sehingga truk penuh, untuk kemudian langsung ke pemrosesan atau ke TPA.
- Demikian seterusnya sampai dengan rit terakhir.
- Pengangkutan sampah hasil pemilahan yang bernilai ekonomi dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah disepakati.

Penentuan rute pengangkutan sampah dimaksudkan agar kegiatan operasional pengangkutan sampah dapat terarah dan terkendali dengan baik. Untuk menentukan rute pengangkutan ini, maka perlu diperhatikan:

- Lebar jalan yang akan dilalui.
- Peraturan lalu lintas yang berlaku.
- Waktu-waktu padat.

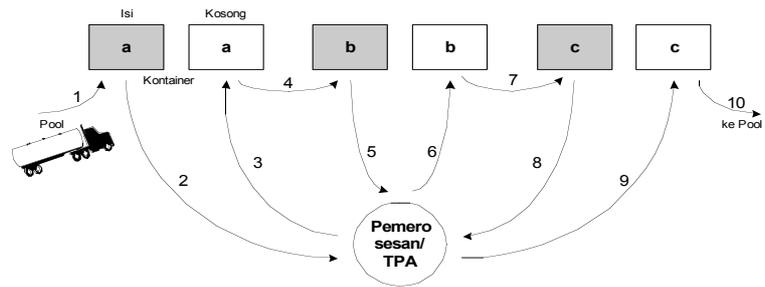
Dengan selalu mengikuti peraturan lalu lintas yang berlaku, diusahakan agar rute pengangkutan adalah yang sependek mungkin. Untuk Indonesia yang menggunakan peraturan lalu lintas jalur kiri (*left way system*), maka rute pengangkutan diusahakan untuk menghindari belokan ke kanan, namun karena panjangnya rute, maka belokan melawan sistem ini seringkali tidak dapat dihindari. Akan tetapi diusahakan agar hal tersebut terjadi sesedikit mungkin.



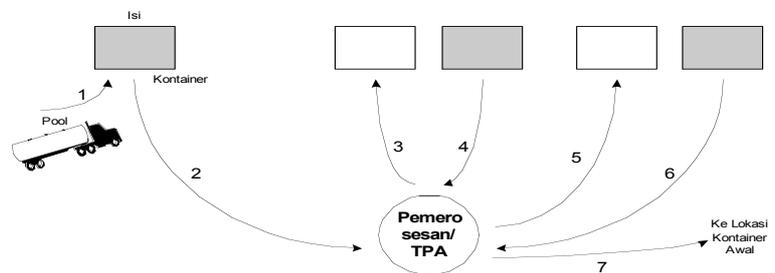
Gambar 7.4: Pola Pengangkutan Sistem Transfer Depo Tipe I dan II [3, 19]

Keterangan sistem:

- Kendaraan pengangkut sampah keluar dari pool langsung menuju lokasi pemindahan di transfer depo untuk mengangkut sampah langsung ke pemrosesan atau TPA.
- Selanjutnya kendaraan tersebut kembali ke transfer depo untuk pengambilan pada rit berikutnya.



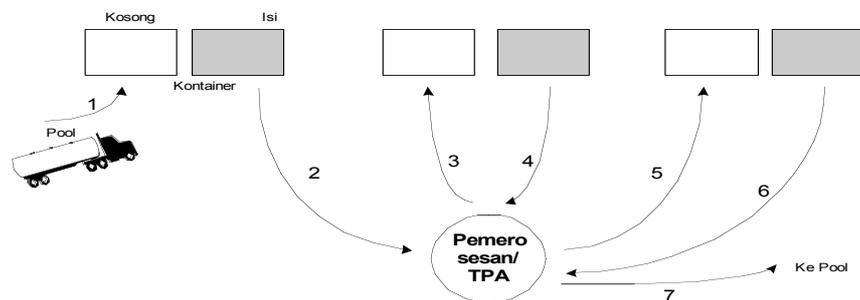
Gambar 7.5: Pola pengangkutan dengan sistem pengosongan kontainer Cara 1 [3, 19]
 Keterangan gambar: angka 1,2,3,...,10 adalah rute alat angkut.



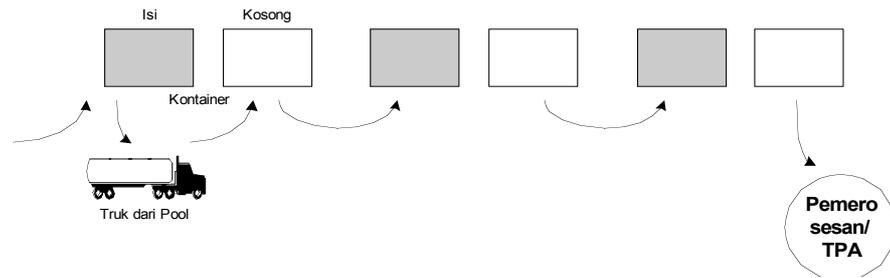
Gambar 7.6 : Pola Pengangkutan dengan Sistem Pengosongan Kontainer Cara 2 [3,19]

Keterangan sistem:

- Kendaraan dari pool menuju kontainer isi pertama untuk mengangkut sampah ke pemrosesan atau TPA.
- Dari sana kendaraan tersebut dengan kontainer kosong menuju ke lokasi kedua untuk menurunkan kontainer kosong dan membawa kontainer isi untuk diangkut ke pemrosesan.
- Demikian seterusnya sampai pada rit terakhir.
- Pada rit terakhir dengan kontainer kosong dari pemrosesan atau TPA menuju ke lokasi kontainer pertama.
- Sistem ini diberlakukan pada kondisi tertentu, misal pengambilan pada jam tertentu atau mengurangi kemacetan lalu lintas.



Gambar 7.7: Pola Pengangkutan dengan Sistem Pengosongan Kontainer Cara 3 [3, 19]



Gambar 7.8: Pola Pengangkutan dengan Sistem Kontainer Tetap [3, 19]

7.5 Beberapa Jenis Kendaraan Angkut

Beberapa jenis kendaraan angkut yang biasa digunakan dalam sistem pengelolaan sampah di kota, khususnya di Negara maju, adalah sebagai berikut:

Truk terbuka:

- Hanya sebagai pengangkut sampah, tanpa ada perlakuan lain.
- Perlu penutupan timbunan sampah di truk agar tidak beterbangan.
- Tidak dianjurkan kecuali bila dana terbatas.

Dump truck:

- Truk pengangkut sampah yang dilengkapi dengan penutup kontainer.
- Dianjurkan, karena lebih mudah dalam pembongkaran sampah di tujuan

Arm-roll truck, Roll-on truck, Multi-loader truck:

- Truk pengangkut yang dilengkapi mesin pengangkat kontainer.

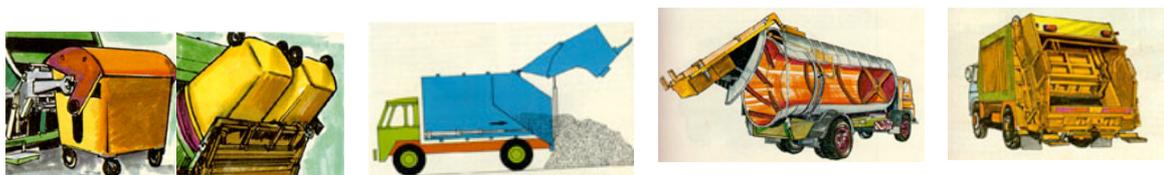
- Dianjurkan untuk daerah pasar dan sumber sampah besar lainnya.

Compactor truck:

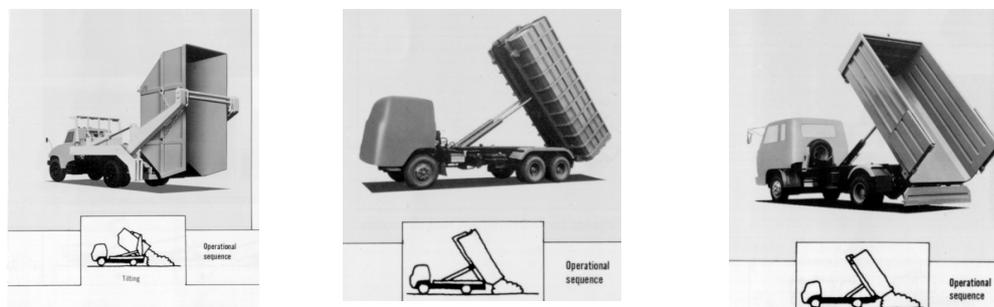
- Truk pengangkut yang dapat mengkompaksi sampah sehingga dapat menampung banyak sampah.
- Untuk kota-kota besar dan metropolitan

Contoh jenis-jenis sarana pengumpulan dan pengangkutan sampah terlihat dalam gambar-gambar berikut. Disamping itu, kadangkala penanganan sampah membutuhkan perlakuan khusus, dengan alat angkut yang secara khusus disesuaikan kebutuhan, seperti untuk:

- Limbah yang akan didaur-ulang: botol, kertas, dsb
- Limbah yang bervolume besar, seperti mebel, batang pohon, puing bangunan, dsb
- Lumpur hasil pengolahan limbah cair
- Limbah berbahaya



Gambar 7.9: Contoh kontainer dan truk pengangkut di negara maju



Gambar 7.10: Jenis Truk Pengangkut Multi-loader, Arm-roll dan Roll-on