

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. Kereta Api Indonesia UPT Balai Yasa menghasilkan limbah padat spesifik berupa lokomotif, komponen suku cadang dan gerbong. Sumber limbah padat spesifik di Balai Yasa terbagi menjadi 2 bagian, yaitu limbah komponen suku cadang bersumber dari proses perawatan kereta api yang dilakukan di Balai Yasa dan limbah lokomotif, gerbong bersumber dari kereta api yang sudah tidak beroperasi. Pengelolaan limbah padat yang dilakukan Balai Yasa khususnya di *workshop* sudah cukup baik. Hal ini ditandai dengan adanya pemanfaatan limbah suku cadang dan pengelompokan limbah. Limbah padat pada *workshop* dikelompokkan menjadi 3 yaitu limbah suku cadang, limbah sisa produksi dan limbah pembubutan.

Limbah suku cadang merupakan limbah berasal dari komponen yang dapat digunakan secara langsung maupun komponen yang tidak dapat digunakan kembali seperti komponen bekas tabrakan. Pada limbah suku cadang terdapat beberapa komponen yang akan digunakan kembali setelah melewati proses revisi dan standar yang ditetapkan, seperti komponen roda atau bogie. Sedangkan limbah sisa produksi merupakan limbah berasal dari kegiatan-kegiatan yang dilakukan dalam proses perawatan. Limbah sisa produksi dibagi menjadi 2 bagian, yaitu limbah logam dan non logam. Limbah pembubutan berasal dari kegiatan pembubutan roda dan pembubutan komponen logam lainnya, limbah ini masih bernilai ekonomis karena dapat langsung dijual kembali.

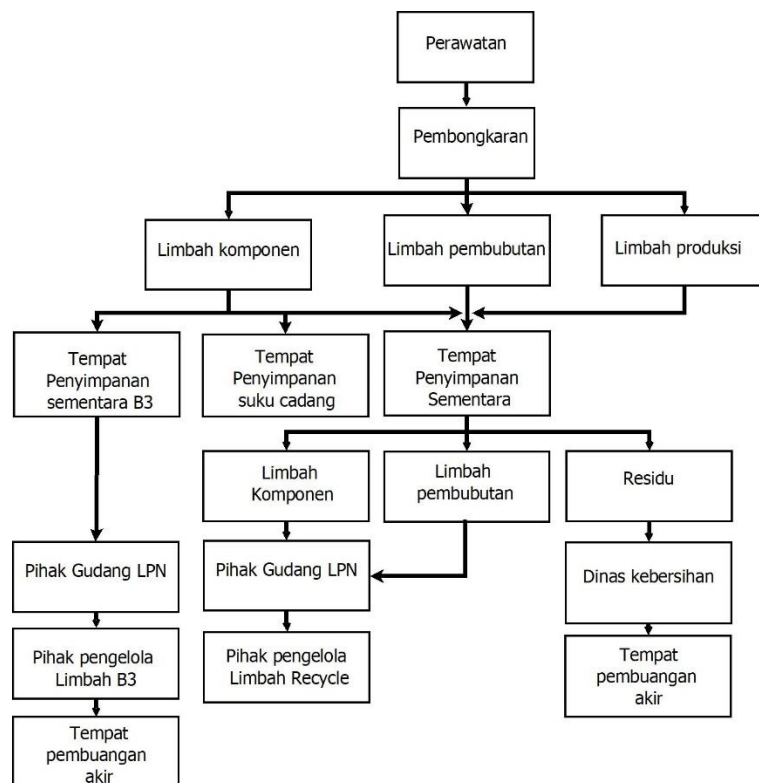
Sedangkan untuk pengelolaan limbah lokomotif dan gerbong di Balai Yasa sendiri belum dilakukan. Sehingga lokomotif dan gerbong untuk sekarang ini masih dibiarkan di kawasan Balai Yasa.

4.1 Kondisi Pengelolaan Limbah Padat Spesifik di Balai Yasa

4.1.1 Kondisi *Existing* Pengelolaan Limbah Padat Spesifik pada *Workshop*

Balai Yasa melayani 3 jenis kereta api yaitu kereta api jenis genset, kereta api lokomotif dan kereta rel diesel (KRD). Perawatan kereta api yang dilakukan Balai Yasa terdiri menjadi 3 yaitu, semi perawatan akhir 1, semi perawatan akhir 2 dan perawatan akhir. Kereta api yang akan dilakukan perawatan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan sebelum pembongkaran dan perbaikan.

Kegiatan pembongkaran kereta di *workshop* terbagi menjadi 6 golongan yaitu golongan diesel, golongan listrik dan instrumen, golongan *auxiliary*, golongan logam, golongan rangka bawah dan golongan rangka atas. Setiap golongan memiliki jenis limbah padat yang berbeda sesuai kegiatan yang dilakukan. Penanganan limbah padat juga dilakukan berbeda-beda. Berikut pengelolaan limbah padat di *workshop*.



Gambar 4.1 Diagram Pengelolaan Limbah Padat di *Workshop*

Pada *workshop* limbah padat dikelompokkan menjadi 3 yaitu, limbah padat sisa produksi, limbah padat sisa bubutan dan limbah padat suku cadang. Limbah padat sisa produksi terdapat di setiap golongan proses perawatan dengan pewadahan terdiri 2 bagian limbah padat logam dan non logam. Berikut ini gambar pewadahan logam dan non logam yang dilakukan Balai Yasa:



Gambar 4.2 Pewadahan Logam dan Non Logam

Pewadahan logam berbentuk kubus yang telah dimodifikasi sesuai forklift sehingga mudah dalam pengangkutan. Pewadahan logam berukuran panjang 1,5 meter, tinggi 1,5 meter dan lebar 1,2 meter. Sementara pewadahan nonlogam menggunakan drum dengan diameter 0,70 meter dan tinggi 0,5 meter.

Pewadahan limbah komponen (suku cadang) tidak terdapat di setiap golongan dan pewadahan berbentuk kubus. Pewadahan limbah suku cadang sendiri penggunaannya lebih fleksibel yaitu tergantung penggantian komponen yang telah rusak. Berikut ini gambar pewadahan limbah suku cadang yang dilakukan Balai Yasa:



Gambar 4.3 Pevadahan Limbah Suku Cadang

Umumnya limbah masih berbentuk komponen-komponen besar yang akan dimasukkan kedalam wadah limbah suku cadang. Pevadahan limbah suku cadang memiliki ukuran panjang 1,5 meter, tinggi 1 meter dan lebar 1 meter. Sedangkan, limbah padat sisa bubutan merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pembubutan roda maupun komponen logam lainnya, sehingga pewadahnya hanya terdapat pada golongan logam. Pevadahan limbah sisa bubutan menggunakan drum bekas berdiameter 0,70 meter dengan tinggi 0,5 meter. Berikut ini gambar pewadahan limbah pembubutan yang dilakukan Balai Yasa:



Gambar 4.4 Pevadahan Limbah Pembubutan

Pengangkutan limbah padat di *workshop* dilakukan setiap hari menggunakan forklift dengan kemampuan 3 ton dan 5 ton. Pengangkutan dilakukan sesuai jenis pembagian yang akan diangkut ke TPS Balai Yasa. TPS di Balai Yasa terbagi menjadi 5 bagian yaitu, tempat B3, tempat kontainer sampah (residu), tempat limbah pembubutan, tempat limbah sisa produksi dan tempat limbah suku cadang . Berikut ini gambar pengangkutan sumber ke TPS yang dilakukan Balai Yasa:



Gambar 4.5 Pengangkutan Limbah Padat dari Sumber ke TPS

4.1.2. Kondisi *Existing* dalam Pengelolaan Limbah Padat Spesifik pada Kereta Api yang Tidak Beroperasional.

Kereta api yang sudah tidak beroperasi di Balai Yasa menghasilkan dua jenis limbah, yaitu limbah lokomotif dan gerbong. Pengelolaan limbah lokomotif dan gerbong di Balai Yasa sendiri belum dilakukan sehingga lokomotif dan gerbong untuk sekarang ini masih dibiarkan saja di kawasan Balai Yasa. Pihak Balai Yasa belum melakukan pengelolaan dikarenakan permasalahan perizinan. Hal ini dikarenakan Balai Yasa dulunya merupakan bagian kementerian sebelum bergabung pada BUMN, sehingga untuk pengelolaan lokomotif dan gerbong memerlukan perizinan terhadap pihak terkait. Pada kawasan Balai Yasa terdapat 2

jenis kereta api yang tidak beroperasi yaitu kereta api jenis kereta lokomotif dan kereta KRD (Kereta Rel Diesel). Terdapat beberapa kereta masih ada dalam keadaan utuh dan terdapat beberapa kereta yang komponennya telah dilepas. Berikut ini gambar limbah kereta api yang tidak beroperasi di Balai Yasa:



Gambar 4.6 Limbah Kereta Api yang Tidak Beroperasional

Kereta-kereta tersebut terletak pada 3 tempat di Balai Yasa. Kereta ditempatkan diatas rel dan terdapat beberapa gerbong ditumpuk. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada kereta api yang tidak beroperasi terdapat beberapa komponen yang dapat digunakan kembali maupun komponen yang memiliki nilai ekonomis dan beberapa gerbong dalam keadaan telah rusak.

4.2 Komposisi Komponen Limbah Kereta Api

Data yang akan dikumpulkan yaitu data komposisi komponen pada limbah gerbong dan lokomotif. Kereta yang diobservasi terdiri dari 2 jenis kereta dengan kondisi terlengkap. Adapun kereta yang diobservasi yaitu kereta KRD dan kereta lokomotif. Tujuan dari pembagian ini yaitu mengetahui komposisi setiap jenis kereta yang nantinya akan berpengaruh terhadap manajemen pengelolaan yang akan direncanakan.

4.2.1 Data Komposisi Komponen Kereta KRD

Kereta rel diesel (KRD) merupakan kereta penumpang dilengkapi mesin diesel yang umumnya dipasang dibawah gerbong kereta dan setiap gerbong memiliki peran penting dalam menggerakkan kereta. Selain itu, kereta KRD juga dilengkapi dengan fasilitas-fasilitas keselamatan dan kenyamanan pada gerbong penumpang.

Observasi kelengkapan komponen kereta KRD merupakan identifikasi awal. Metode yang dilakukan cukup sederhana yaitu mencatat komposisi komponen yang terdapat dalam satu kereta. Observasi dilakukan pada 2 kereta KRD. Kereta KRD pertama memiliki perbedaan komponen dan memiliki perbedaan terkait peletakan komponen dengan kereta kedua. Berikut ini gambar kereta KRD pertama :



Gambar 4.7 Limbah Kereta KRD 1

Pada kereta KRD pertama terdapat satu gerbong generator, 2 gerbong penumpang yang dilengkapi fasilitas toilet dan 2 gerbong penumpang tidak dilengkapi fasilitas toilet. Pada kereta KRD pertama observasi dilakukan pada 2 gerbong penumpang dan 1 gerbong generator. Pada gerbong generator dilengkapi dengan ruang kontrol masinis dan mesin diesel serta generator. Menurut Merkisz (2014) terdapat 22 komponen yang dapat dilepaskan dalam satu kereta penumpang. Komponen-komponen tersebut terdapat pada gerbong penumpang maupun gerbong

generator. Berikut adalah data komposisi komponen pada gerbong generator kereta KRD pertama:

Tabel 4.1 Data Komposisi Gerbong Generator Kereta KRD 1

No.	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi
1	Front Panels	-	Besi
2	Kaca	Kaca Pintu	Kaca
		Kaca Depan	Kaca
3	Kursi	Kursi masinis	Karet ,busa dan besi
4	Mesin	<i>Generator</i>	Besi
5	Penggerak / gearsets	<i>Frame bogie</i>	Besi
		<i>Wheel (roda)</i>	Besi
		<i>Springs (pegas)</i>	Besi
6	Komponen Lain	Plumas	Cairan
		Bahan bakar	Cairan
		Pipa Operasional	Besi
7	Komponen listrik	-	Tembaga
8	Lampu	Lampu gerbong	Plastik ,kaca dan Elektronik
		Lampu depan	Plastik ,kaca dan Elektronik
9	Auxiliary Inverter	-	Besi dan Tembaga
10	<i>Kluster Instrumen motorman</i> (termasuk peralatan listrik)	-	Elektronik dan tembaga
11	Ventilasi atap	-	Besi
12	Pintu	-	Besi
13	<i>Public address system</i>	<i>Mic</i>	Elektronik
14	Gang	-	Karet
15	<i>Couplings</i>	-	Besi

Pada gerbong generator terdapat 15 komponen dan 6 sub-komponen yang berkomposisi 9 besi, 2 kaca, 1 karet, 1 tembaga, 1 campuran karet, busa dan besi, 1 campuran besi dan tembaga dan 1 campuran elektronik dan tembaga. Gerbong generator secara umum memiliki fungsi utama sebagai penggerak kereta berbeda dengan gerbong penumpang yang didominasi dengan komponen untuk fasilitas

keselamatan dan kenyamanan penumpang. Berikut adalah data komposisi komponen gerbong penumpang 1 kereta KRD1.

Tabel 4.2 Data Komposisi Gerbong Penumpang 1 Kereta KRD 1

No.	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi
1	Kaca	Kaca Pintu	Kaca
		Kaca Jendela	Kaca
2	Kursi	Kursi Penumpang	Karet dan busa
3	Penggerak / gearsets	<i>Frame bogie</i>	Besi
		<i>Wheel</i>	Besi
		<i>Springs</i>	Besi
4	Komponen Lain	Bagasi Penumpang	Besi
		Pipa Operasional	Besi
		Pegangan Penumpang	Besi
5	Komponen listrik	Kabel Operasional	Tembaga
6	Lampu	Lampu gerbong	Plastik , kaca dan elektronik
7	Auxiliary Inverter	-	Besi dan Tembaga
8	Ventilasi atap	-	Besi
9	Saluran udara	-	Aluminium
10	Pintu	-	Besi
11	<i>Public address system</i>	<i>Speaker</i>	Elektronik
12	Gang	-	Karet
13	<i>Couplings</i>	-	Besi

Pada gerbong penumpang 1 terdapat 13 komponen dan 5 sub-komponen yang memiliki komposisi 9 besi, 2 kaca, 1 karet, 1 tembaga, 1 Aluminium, 1 campuran karet dan busa, 1 campuran plastik ,kaca dan elektronik dan 1 campuran besi dan tembaga. Gerbong penumpang 1 memiliki fasilitas toilet yang terdapat pada belakang gerbong sementara gerbong penumpang kedua tidak memiliki fasilitas toilet. Berikut adalah data komposisi pada gerbong 2 kereta KRD 1:

Tabel 4.3 Data Komposisi Gerbong Penumpang 2 Kereta KRD 1

No.	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi
1	Kaca	Kaca Pintu	Kaca
		Kaca Jendela	Kaca
2	Kursi	Kursi Penumpang	Karet dan busa
3	Penggerak / gearsets	<i>Frame bogie</i>	Besi
		<i>Wheel</i>	Besi
		<i>Springs</i>	Besi
4	Komponen karetlogam	Bagasi Penumpang	Besi
		Pipa Operasional	Besi
		Pegangan Penumpang	Besi
5	Komponen listrik	Kabel Operasional	Tembaga
6	Lampu	Lampu gerbong	Plastik, kaca dan Elektronik
7	Auxiliary Inverter	-	Besi dan Tembaga
8	Ventilasi atap	-	Besi
9	Saluran udara	-	Aluminium
10	Pintu	-	Besi
11	<i>Public address system</i>	<i>Speaker</i>	Elektronik
12	Gang	-	Karet
13	<i>Couplings</i>	-	Besi

Pada gerbong penumpang 2 terdapat 13 komponen dan 5 sub-komponen yang berkomposisi 9 besi, 2 kaca, 1 karet, 1 tembaga, 1 Aluminium, 1 campuran karet dan busa, 1 campuran plastik, kaca dan elektronik dan 1 campuran besi dan tembaga. Namun, terdapat beberapa kendala yang mengakibatkan beberapa komponen tidak dapat diidentifikasi. Hal ini dikarenakan posisi komponen yang tersembunyi menyebabkan akses untuk mengidentifikasi sulit dilakukan.

Sedangkan untuk kereta KRD 2, generator dan mesin terletak pada bawah lokomotif dan tidak dilengkapi fasilitas toilet pada gerbong penumpang. Berikut ini gambar kereta api KRD kedua :



Gambar 4.8 Limbah Kereta Api KRD 2

Observasi yang dilakukan pada kereta KRD kedua hanya dilakukan pada 2 gerbong karena gerbong kereta KRD 2 memiliki kesamaan komponen dengan yang lainnya. Gerbong yang diobservasi yaitu gerbong penumpang yang bergabung dengan ruang kontrol masinis dan gerbong penumpang yang tidak dilengkapi ruang kontrol masinis. Berikut adalah data komposisi pada gerbong penumpang 1 yang memiliki ruang kontrol masinis:

Tabel 4.4 Data Komposisi Gerbong penumpang 1 Kereta KRD 2

NO	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi
1	Front Panels	-	Besi
2	Kaca	Kaca jendela	Kaca
		Kaca Pintu	Kaca
		Kaca Depan	Kaca
3	Lapisan dinding	-	Besi
4	Pelapis Dinding	-	Besi
5	Insulasi termal	-	Kapas
6	Kursi penumpang	Kursi penumpang	Fiber
		Kursi masinis	Karet dan busa
7	Penggerak / gearsets	<i>Frame bogie</i>	Besi
		<i>Wheel</i>	Besi
		<i>Springs</i>	Besi
8	Komponen lain	<i>Fire extinguisher</i>	B3

NO	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi
		Bagasi Penumpang	Besi
		Pegangan Penumpang	Besi
		Pipa Operasional	Besi
9	Komponen listrik	Kabel Operasional	Tembaga
10	Lampu	Lampu gerbong	Plastik ,kaca dan elektronik
		Lampu depan	Plastik ,kaca dan elektronik
11	<i>Kluster Instrumen motorman (termasuk peralatan listrik)</i>	-	Elektronik dan tembaga
12	Ventilasi atap	-	Besi
13	Saluran udara	-	Aluminium
14	Pintu	-	Besi
15	<i>Public address system</i>	Speaker	Elektronik
		<i>Mic</i>	Elektronik
16	Gang	-	Karet
17	<i>Couplings</i>	-	Besi

Pada gerbong penumpang 1 terdapat 18 komponen dan 19 sub-komponen yang berkomposisi 12 besi, 3 kaca, 1 karet, 1 tembaga, 1 aluminium, 1 fiber, 1 campuran karet dan busa, 2 campuran plastik, kaca dan elektronik, 2 campuran elektronik dan tembaga dan 1 campuran karet dan busa. Berikut adalah data komposisi pada gerbong penumpang kedua yang memiliki ruang kontrol masinis:

Tabel 4.5 Data Komposisi Gerbong penumpang 2 Kereta KRD 2

NO	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi
1	Kaca	Kaca jendela	Kaca
		Kaca Pintu	Kaca
2	Lapisan dinding	-	Besi
3	Pelapis Dinding	-	Besi
4	Insulasi termal	-	Kapas
5	Kursi penumpang	Kursi penumpang	Fiber
6	Penggerak / gearsets	<i>Frame bogie</i>	Besi
		<i>Wheel</i>	Besi

NO	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi
		<i>Springs</i>	Besi
7	Komponen Lain	Bagasi Penumpang	Besi
		Pipa Operasional	Besi
		Pegangan Penumpang	Besi
8	Komponen listrik	Kabel Operasional	Tembaga
9	Lampu	Lampu gerbong	Plastik , Elektronik dan kaca
10	Ventilasi atap	-	Besi
11	Saluran udara	-	Aluminium
12	Pintu	-	Besi
13	<i>Public address system</i>	<i>Speaker</i>	Elektronik
14	Gang	-	Karet
15	<i>Couplings</i>	-	Besi

Sementara berdasarkan observasi pada kedua gerbong terdapat 18 komponen dan 9 sub komponen dengan komposisi 12 besi , 1 aluminium, 1 tembaga, 1 karet , 2 kaca, 3 campuran elektronik dan tembaga, 1 campuran karet dan busa, 1 fiber, 1 kapas dan 2 cairan. Hal ini menunjukkan komponen kereta KRD 2 didominasi oleh komponen besi dan sedikit ditemukan komponen residu. Hal ini sesuai dengan penelitian Silva (2016) bahwa dari 27 komponen pada kereta penumpang terdapat 14 komposisi besi, 3 aluminium, 1 tembaga , 3 karet , 1 kaca, 2 campuran tembaga dan besi, 2 plastik dan 1 B3. Dari hasil data observasi dilakukan pemilahan berdasarkan komposisi komponen.

4.2.2 Data Komposisi Komponen Limbah Kereta Lokomotif

Kereta lokomotif merupakan rangkain kereta yang terdiri dari satu gerbong lokomotif yang memiliki fungsi utama sebagai penggerak kereta dan beberapa gerbong penumpang .Secara umum gerbong lokomotif dilengkapi mesin diesel yang berfungsi sebagai sumber penggerak. Adapun gambar kereta lokomotif yang diobservasi dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Limbah Kereta Lokomotif

Kereta lokomotif yang masuk di Balai Yasa hanya gerbong lokomotif sementara gerbong penumpang masuk ke depo lainnya. Sehingga observasi hanya dilakukan pada satu gerbong lokomotif saja. Berikut data komposisi pada limbah kereta lokomotif:

Tabel 4.6 Data Komposisi Limbah Kereta Lokomotif

No.	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi
1	<i>Front Panels</i>	-	Besi
2	Kaca	Kaca jendela	Kaca
		Kaca Pintu	Kaca
		Kaca Depan	Kaca
3	Lapisan dinding	-	Besi
4	Pelapis Dinding	-	Besi
5	Kursi Masinis	-	Karet dan busa
6	Mesin	<i>Generator</i>	Besi
7	Penggerak / gearsets	<i>Frame bogie</i>	Besi
		<i>Wheel</i>	Besi
		<i>Springs</i>	Besi
		Plumas	Cairan
8	Komponen Lain	Bahan bakar	Cairan
		Kabel Operasional	Tembaga
9	Komponen listrik	Lampu Lokomotif	Plastik ,kaca dan elektronik
		Lampu depan	Plastik ,kaca dan elektronik
10	Lampu	-	Besi dan Tembaga
11	<i>Auxiliary Inverter</i>	-	Besi dan Tembaga

No.	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi
12	<i>Kluster Instrumen motorman</i> (termasuk peralatan listrik)	-	Elektronik dan tembaga
13	Ventilasi atap	-	Besi
14	Saluran udara	-	-
15	Pintu	-	Besi
16	<i>Public address system</i>	<i>Speaker</i>	Elektronik
		<i>Mic</i>	Elektronik
17	Udara kompresor	-	Besi
18	<i>Couplings</i>	-	Besi

Pada kereta lokomotif terdapat 17 komponen dan 7 sub-komponen yang berkomposisi 11 besi, 3 kaca, 1 karet, 1 tembaga, 1 campuran karet dan busa, 2 cairan, 1 campuran besi dan tembaga 2 campuran plastik kaca dan elektronik, 2 elektronik dan 1 campuran elektronik dan tembaga. Komponen gerbong lokomotif didominasi dengan komponen besi. Hal ini sesuai dengan penelitian Silva (2016) bahwa dari 27 komponen pada kereta lokomotif yang dilengkapi gerbong barang terdapat 18 komposisi besi, 4 alumunium, 2 campuran besi dan alumunium, 1 tembaga dan 2 plastik. Dari hasil data observasi akan dilakukan pengelompokan jenis limbah berdasarkan komposisi komponen.

4.3 Pengelompokan Jenis Komponen Limbah Kereta

Komposisi limbah kereta akan berpengaruh terhadap pengelompokan jenis limbah yang dilakukan. Pengelompokan yang dilakukan berdasarkan UNIFE 2013 dan Jurnal. Ada pun pengelompokan terdiri dari 4 kelompok yaitu, komponen B3, komponen *reusable*, komponen *recyclable* dan residu. Pengelompokan terdiri dari 4 tahapan yaitu, pertama komponen B3 dikelompokkan terlebih dahulu berdasarkan list UNIFE 2013 Tentang *Recyclability and Recoverability Calculation Method Railway Rolling Stock*. Kemudian komponen *reusable* dan komponen *recyclable* diidentifikasi sesuai 7 list kualifikasi pembongkaran berdasarkan UNIFE 2013 dan penelitian-penelitian terdahulu. Pada penentuan *reusable* perlu adanya identifikasi lebih lanjut terhadap standar yang digunakan. Untuk itu pada penelitian ini komponen *reusable*

dikelompokan berdasarkan komponen yang umum digunakan kembali. Menurut Dalogu (2016) bahwa komponen-komponen seperti, *bogies, frame bogie, wheel* atau set roda, *coplings*, penyangga, kursi dan pintu merupakan komponen yang umumnya digunakan karena komponen memiliki kesesuaian bentuk antara kereta satu dengan yang lainnya. Sementara bagian badan gerbong dan komponen yang tidak dibongkar akan dimanfaatkan sebagai bangunan, kecuali komponen yang tidak memiliki fungsi dan mengganggu proses modifikasi dibongkar dan dikelompokan kedalam residu. Berikut adalah data hasil pengelompokan kereta KRD 1:

Tabel 4.7 Hasil Pengelompokan pada Limbah Kereta KRD 1

No.	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi	Jenis
1	<i>Front Panels</i>	-	Besi	<i>Reusable</i>
2	Kaca	Kaca jendela	Kaca	<i>Recyclable</i>
		Kaca Depan	Kaca	
3	Lapisan dinding	-	Besi	<i>Reusable</i>
4	Pelapis Dinding	-	Besi	<i>Recyclable</i>
5	Insulasi termal	-	Kapas	<i>Reusable</i>
6	Kursi penumpang	Kursi penumpang	Karet dan busa	<i>Reusable</i>
		Kursi masinis	Karet dan busa	
7	Mesin	<i>Generator</i>	Besi	<i>Recyclable</i>
8	Penggerak / gearsets	<i>Frame bogie</i>	Besi	<i>Reusable</i>
		<i>Wheel</i>	Besi	
		<i>Springs</i>	Besi	
9	Komponen Lain	Bagasi Penumpang	Besi	<i>Recyclable</i>
		Pegangan Penumpang	Besi	<i>Recyclable</i>
		Pipa Operasional	Besi	<i>Recyclable</i>
		Wastafel	Besi	<i>Recyclable</i>
		Kran	Besi	<i>Recyclable</i>
		Kloset	Kramik	Residu
		Plumas	Cairan	B3
Bahan bakar	Cairan	B3		
10	Komponen listrik	Kabel Operasional	Tembaga	<i>Recyclable</i>
11	Lampu	Lampu gerbong	Plastik, kaca dan elektronik	B3
		Lampu depan	Plastik ,kaca dan elektronik	

No.	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi	Jenis
12	<i>Auxiliary Inverter</i>	-	Besi dan Tembaga	<i>Recyclable</i>
13	<i>Kluster Instrumen motorman (termasuk peralatan listrik)</i>	-	Elektronik dan tembaga	<i>Recyclable</i>
14	Ventilasi atap	-	Besi	<i>Recyclable</i>
15	<i>Filtering And Heating Equipment For The Passenger Compartment</i>	-	Aluminium dan Besi	<i>Recyclable</i>
16	Saluran udara	-	Aluminium	<i>Recyclable</i>
17	Pintu	-	Besi	<i>Reusable</i>
18	<i>Public address system</i>	<i>Speaker</i>	Elektronik	<i>Recyclable</i>
		<i>Mic</i>	Elektronik	
19	Gang	-	Karet	Residu
20	<i>Couplings</i>	-	Besi	<i>Reusable</i>

Berdasarkan hasil pengelompokan pada kereta KRD 1 terdapat 17 jenis *recyclable*, 10 jenis *reusable*, 4 B3, dan 2 jenis residu. Komponen *reusable* pada kereta KRD perlu adanya identifikasi lebih lanjut dan kesesuaian standar yang digunakan. Begitu pula dalam pengelompokan jenis komponen pada kereta KRD 2. Berikut adalah data hasil pengelompokan kereta KRD 2 :

Tabel 4.8 Hasil Pengelompokan pada Limbah Kereta KRD 2

No.	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi	Jenis
1	<i>Front Panels</i>	-	Besi	<i>Reusable</i>
2	Kaca	Kaca jendela	Kaca	<i>Recyclable</i>
		Kaca Depan	Kaca	
3	Lapisan dinding	-	Besi	<i>Reusable</i>
4	Pelapis Dinding	-	Besi	<i>Recyclable</i>
5	Insulasi termal	-	Kapas	<i>Reusable</i>
6	Kursi	Kursi penumpang	Fiber	<i>Reusable</i>
		Kursi masinis	Karet dan busa	<i>Reusable</i>
7	Penggerak / gearsets	<i>Frame bogie</i>	Besi	<i>Reusable</i>
		<i>Wheel</i>	Besi	<i>Reusable</i>
		<i>Springs</i>	Besi	

No.	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi	Jenis
8	Komponen Lain	Bagasi Penumpang	Besi	<i>Recyclable</i>
		Pegangan Penumpang	Besi	<i>Recyclable</i>
		Pipa Operasional	Besi	<i>Recyclable</i>
		<i>Fire extinguisher</i>	B3	B3
9	Komponen listrik	Kabel Operasional	Tembaga	<i>Recyclable</i>
10	Lampu	Lampu gerbong	Plastik, kaca dan elektronik	B3
		Lampu depan	Plastik, kaca dan elektronik	
11	<i>Kluster Instrumen motorman</i> (termasuk peralatan listrik)	-	Elektronik dan tembaga	<i>Recyclable</i>
12	Ventilasi atap	-	Besi	<i>Recyclable</i>
13	Saluran udara	-	Aluminium	<i>Recyclable</i>
14	Pintu	-	Besi	<i>Reusable</i>
15	<i>Public address system</i>	<i>Speaker</i>	Elektronik dan Tembaga	<i>Recyclable</i>
		<i>Mic</i>	Elektronik dan Tembaga	
16	Gang	-	Karet	Residu
17	<i>Couplings</i>	-	Besi	<i>Reusable</i>

Berdasarkan hasil pengelompokan pada kereta KRD 2 terdapat 12 jenis *recyclable*, 10 jenis *reusable*, 3 jenis B3 dan 1 jenis residu. Komponen yang dapat di daur ulang pada kereta KRD kedua lebih sedikit dibandingkan kereta KRD 1 disebabkan tidak terdapatnya fasilitas toilet pada kereta KRD 2 dan beberapa komponen pada kereta KRD 2 telah dilepaskan.

Kereta lokomotif memiliki beberapa perbedaan komponen dan perbedaan komposisi komponen dengan kereta KRD. Pada komponen kereta lokomotif didominasi dengan komposisi besi. Hal ini membuat lebih sedikitnya komponen yang menjadi residu dibandingkan dengan kereta KRD. Berikut adalah data hasil pengelompokan :

Tabel 4.9 Hasil Pengelompokan pada Limbah Kereta Lokomotif

No.	Komponen	Sub-Komponen	Komposisi	Jenis
1	<i>Front Panels</i>	-	Besi	<i>Reusable</i>
2	Kaca	Kaca jendela	Kaca	<i>Recyclable</i>
		Kaca Depan	Kaca	
3	Lapisan dinding	-	Besi	<i>Reusable</i>
4	Pelapis Dinding	-	Besi	<i>Recyclable</i>
5	Kursi Masinis	-	Karet dan busa	<i>Reusable</i>
6	Mesin	<i>Generator</i>	Besi	<i>Recyclable</i>
7	Penggerak / gearsets	<i>Frame bogie</i>	Besi	<i>Reusable</i>
		<i>Wheel</i>	Besi	<i>Reusable</i>
		<i>Springs</i>	Besi	<i>Reusable</i>
8	Komponen Lain	Pipa Operasional	Besi	<i>Recyclable</i>
		Plumas	Cairan	B3
		Bahan bakar	Cairan	B3
9	Komponen listrik	Kabel Operasional	Tembaga	<i>Recyclable</i>
10	Lampu	Lampu Lokomotif	Plastik dan lampu	B3
		Lampu depan	Plastik dan lampu	B3
11	<i>Auxiliary Inverter</i>	-	Besi dan tembaga	<i>Recyclable</i>
12	<i>Kluster Instrumen motorman (termasuk peralatan listrik)</i>	-	Elektronik dan tembaga	<i>Recyclable</i>
13	Ventilasi atap	-	Besi	<i>Recyclable</i>
14	Pintu	-	Besi	<i>Reusable</i>
15	<i>Public address system</i>	<i>Mic</i>	Elektronik dan Tembaga	<i>Recyclable</i>
		<i>Speaker</i>	Elektronik dan Tembaga	<i>Recyclable</i>
16	Udara kompresor	-	Besi	<i>Recyclable</i>
17	<i>Couplings</i>	-	Besi	<i>Reusable</i>

Berdasarkan hasil pengelompokan pada kereta lokomotif terdapat 12 jenis *recyclable*, 8 jenis *reusable* dan 4 jenis B3. Tidak ditemukan komponen residu dikarenakan komponen didominasi dengan komposisi besi dan beberapa komponen jenis residu dapat di manfaatkan kembali. Sementara komponen *reusable* pada kereta lokomotif perlu adanya identifikasi lebih lanjut dan kesesuaian standar yang digunakan.

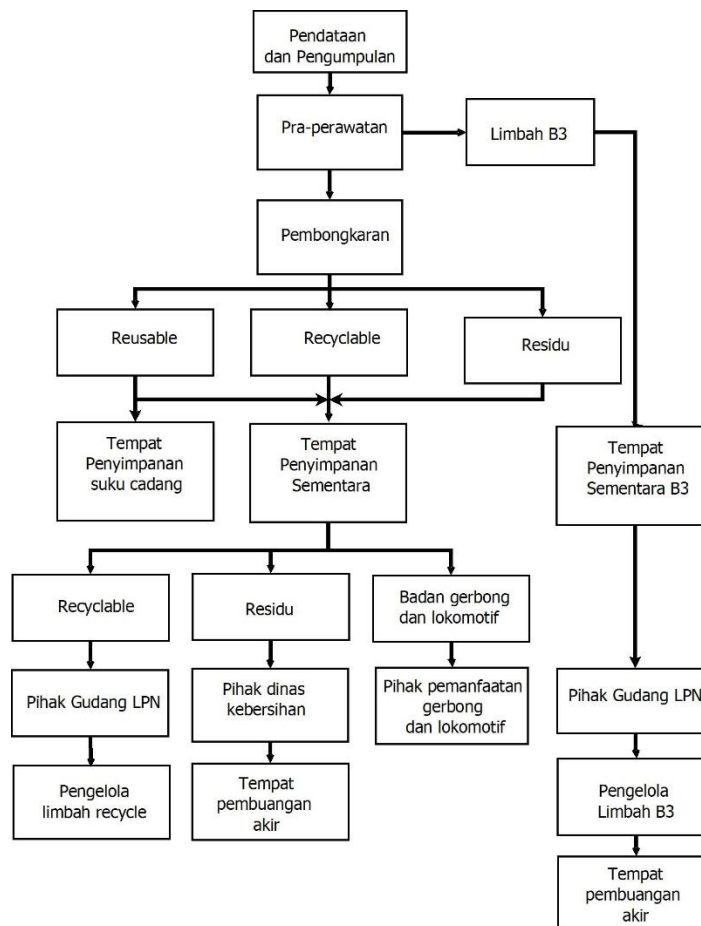
4.4 Perencanaan Manajemen Pengelolaan Limbah Padat Spesifik

Balai Yasa melayani 3 jenis perawatan kereta api yaitu kereta api jenis genset, kereta api lokomotif dan kereta api KRD. Perawatan kereta api yang dilakukan Balai yasa terdiri menjadi 3 yaitu semi perawatan akir, semi perawatan akir 2 dan perawatan akir. Selain perawatan yang dilakukan Balai Yasa, juga menjadi pelabuhan akhir bagi beberapa kereta yang mereka perbaiki. Untuk itu, perlu adanya manajemen limbah padat spesifik untuk menghindari pencemaran lingkungan.

Selain itu, menurut Merkisz (2014) bahwa pengelolaan limbah padat spesifik khususnya kereta api dapat mengurangi eksploitasi sumber daya, menurunkan biaya produksi bahan daur ulang dan meningkatkan gambaran produk ramah lingkungan. Manajemen limbah kereta api mencakup unsur-unsur berikut:

- a) Pelaporan suku cadang yang rusak.
- b) Inspeksi kolektif atas suku cadang yang dilaporkan.
- c) Keputusan untuk mengakhiri hidup kendaraan atau pembongkaran.
- d) Meneruskan untuk perawatan.
- e) Pembongkaran untuk didaur ulang.
- f) Penyelesaian dari pembuangan.

Perencanaan manajemen pengelolaan limbah padat spesifik mengacu pada *2000/53/EC of The European Parliament and of The Council Tentang End of Life Vehicles*. Berikut diagram perencanaan manajemen pengelolaan limbah padat spesifik:



Gambar 4.10 Diagram Manajemen Pengelolaan Limbah Padat Spesifik

4.4.1 Pendataan dan Pengumpulan

Penentuan keputusan penonaktifkan kereta merupakan identifikasi awal sebelum kereta dikumpulkan untuk pengelolaan limbah kereta. Menurut Merkisz (2014) keputusan penonaktifan dapat dibuat karena kerusakan rolling stock, kerusakan berulang, biaya perbaikan tinggi dan biaya pemeliharaan yang terlalu tinggi dibandingkan dengan model baru yang tersedia dipasar. Pada tahap pengumpulan juga dilakukan inventarisasi pada kereta api. Inventaris yang dilakukan mengacu Peraturan Menteri Badan Usaha Milik Negara Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2015. Hal ini bertujuan untuk proses-proses

pemanfaatan limbah yang akan dilakukan karena limbah kereta Balai Yasa merupakan barang milik negara.

Pengumpulan direncanakan menjadi satu lokasi yang terbagi atas 2 bagian yaitu kereta lengkap dan bagian gerbong. Bagian gerbong disusun satu tempat dan bagian kereta utuh diletakan pada atas rel yang terhubung dengan tempat pembongkaran. Pengangkutan menggunakan kereta lokomotif yang akan menarik kereta ke tempat pembongkaran. Sementara untuk pengangkutan gerbong dilakukan penarikan menggunakan bagian bogie yang telah dihubungkan dengan gerbong terlebih dahulu.

4.4.2 Pengolahan Limbah Padat Spesifik

Berdasarkan observasi limbah kereta api memiliki nilai ekonomis yang sangat tinggi terlihat dari banyaknya komponen yang dapat didaur ulang, dapat digunakan kembali dan sedikitnya komponen residu yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian Delogu .M (2016) mengatakan bahwa limbah kereta api memiliki tingkat daur ulang atau pemulihan melebihi 90%. Berdasarkan *2000/53/EC of The European Parliament and of The Council Tentang End of Life Vehicles* proses pengolahan limbah kendaraan melibatkan empat langkah:

- a. Pra-perawatan
- b. Pembongkaran
- c. Pencabikan
- d. Penangan residu

Perencanaan yang akan dilakukan di Balai Yasa hanya melibatkan 3 langkah dikarenakan pada saat ini belum adanya fasilitas pencabikan yang tersedia di indonesia dan tidak ada teknologi untuk penanganan residu pencabikan. Umumnya komponen yang masuk proses pencabikan merupakan komponen badan gerbong dan komponen residu yang tidak ikut dibongkar. Sehingga untuk memaksimalkan proses pengolahan limbah padat spesifik, badan gerbong maupun lokomotif dialih

fungsi dengan sedikit modifikasi sebagai bangunan seperti toko, kafe, dan lainlain. Ada 3 tahapan yang direncanakan pada pengelolaan limbah padat spesifik yaitu :

- a. Pra-perawatan
- b. Pembongkaran
- c. Penanganan bahan dan bagian yang dipulihkan

1. Pra-Perawatan

Pada tahapan ini semua kandungan zat yang berpotensi membahayakan dilepaskan terlebih dahulu sebelum melakukan pembongkaran. Bertujuan untuk menghindari terjadinya pencemaran pada lingkungan dan mencegah terjadi kecelakaan pada manusia yang akan diakibatkan zat berbahaya. Berdasarkan UNIFE 2013 Tentang *Recyclability and Recoverability Calculation Method Railway Rolling Stock* bahan-bahan yang harus dilepaskan pada tahapan pra-perawatan sebagai berikut:

Tabel 4.10 : Bahan-Bahan yang Dilepaskan pada Pra-perawatan

No	Bahan
1	<i>Fluids</i>
2	<i>Gases, explosives</i>
3	<i>Catalytic capacitors</i>
4	<i>Pollutants and hazardous substances</i>
5	<i>Fire extinguisher</i>
6	<i>Braking sand</i>
7	<i>Batteries</i>
8	<i>Greases</i>
9	<i>Oil</i>
10	<i>Other substances which can influence the recycling process</i>

Bahan berbahaya dan beracun yang telah dilepaskan kemudian ditempatkan pada tempat yang telah sesuai dengan jenis dan karakteristiknya. Berdasarkan Keputusan Kepala Bapedal No. 1 Tahun 1995 terdapat beberapa

persyaratan umum pewadahan limbah bahan berbahaya dan beracun, Sebagai berikut:

- a. Kemasan untuk limbah B3 harus dalam kondisi baik, tidak rusak, dan bebas dari pengkaratan serta kebocoran.
- b. Bentuk, ukuran dan bahan kemasan limbah B3 disesuaikan dengan karakteristik limbah B3 yang akan dikemasnya dengan mempertimbangkan segi keamanan dan kemudahan dalam penanganannya.
- c. Kemasan dapat terbuat dari bahan plastik (HDPE, PP atau PVC) atau bahan logam (teflon, baja karbon, SS304, SS316 atau SS440) dengan syarat bahan kemasan yang dipergunakan tersebut tidak bereaksi dengan limbah B3 yang disimpannya.

Berdasarkan *2000/53/EC of The European Parliament and of The Council – End of Life Vehicles* persyaratan tempat pelepasan komponen pada Pra-perawatan Sebagai berikut:

- a. Permukaan kedap air untuk area yang sesuai dengan penyediaan fasilitas pengumpul tumpahan, decanter dan pembersih-*degreasers*,
- b. Wadah yang sesuai untuk penyimpanan baterai (dengan netralisasi elektrolit di situs atau di tempat lain), filter dan kondensor yang mengandung PCB / PCT.
- c. Tangki penyimpanan yang sesuai untuk penyimpanan kendaraan yang terpisah cairan: bahan bakar, oli motor, oli *gearbox*, oli transmisi, oli hidraulik, pendinginan cairan, antibeku, cairan rem, asam baterai, sistem pendingin udara cairan dan cairan lain yang terkandung dalam kendaraan,
- d. Peralatan untuk perawatan air, termasuk air hujan, termasuk pencegahan kebakaran sesuai dengan peraturan kesehatan dan lingkungan.

2. Pembongkaran

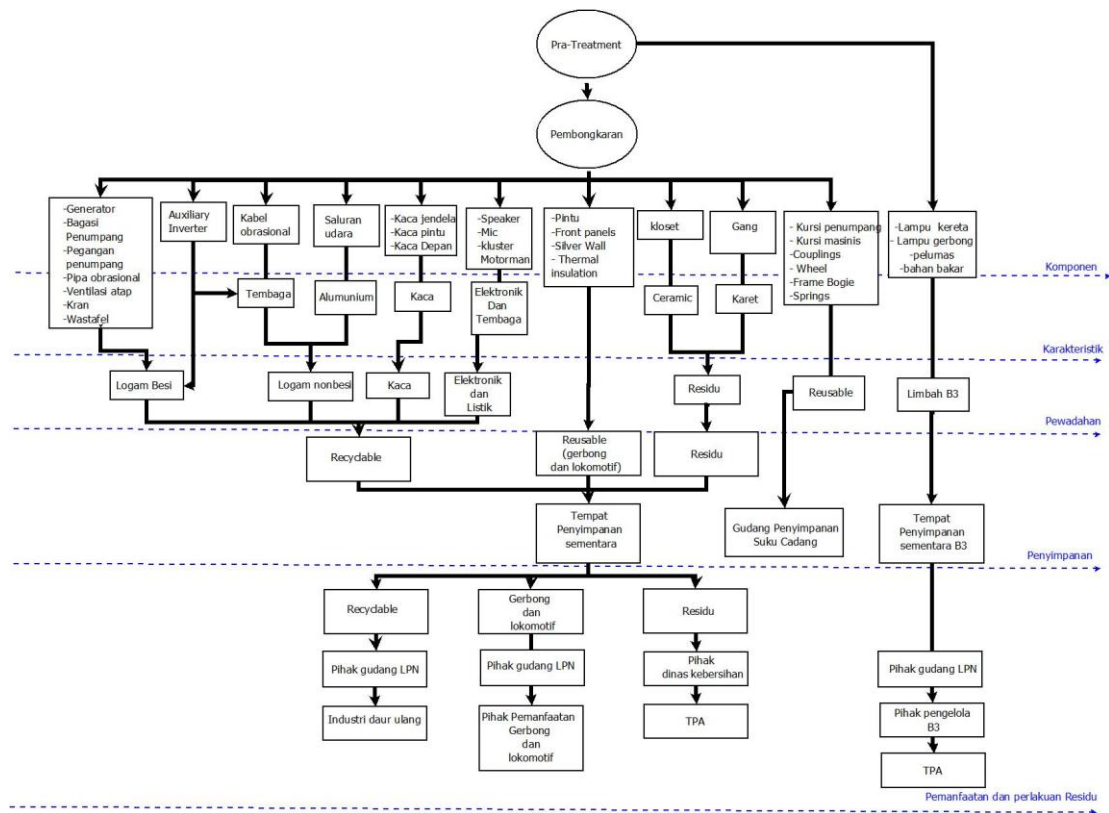
Pada tahapan pembongkaran komponen atau bahan dipisahkan dan disortir kemudian diteruskan ke fasilitas daur ulang. Khusus bahan atau komponen residu diteruskan bagian fasilitas residu. Pembongkaran dilakukan dengan mengelompokkan bahan atau komponen menjadi 3 bagian yaitu *reusable*, *recyclable* dan residu. Selain itu menurut Silva. F (2016) proses pembongkaran juga harus mempertimbangkan penggunaan energi sehingga dapat meningkatkan efektivitasnya.

Komponen yang dapat digunakan maupun dapat diperbaiki dan memenuhi standar yang berlaku dikelompokkan menjadi satu kemudian diteruskan ke gudang penyimpanan sebagai suku cadang kereta. Pada tahapan ini semua komponen terlebih dahulu didata sebelum masuk ke gudang penyimpanan suku cadang. Hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam menentukan *stock* persediaan. Sementara, komponen yang tidak dapat digunakan selanjutnya komponen akan masuk pada tahap penentuan komponen *recyclable*.

Menurut Merkisz. J (2014) untuk penentuan komponen daur ulang ada beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya yaitu, dari segi nilai ekonomis komponen atau bahan dan teknologi yang tersedia di daerah. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan komponen kereta dominan berkomposisi besi, aluminium, kaca dan komponen elektronik. Hal ini memudahkan dalam mengidentifikasi bagian-bagian yang akan dikelompokkan. Komponen *recyclable* dikelompokkan kembali menjadi 5 kelompok yaitu logam besi, logam non-besi, komponen lain, kaca dan elektronik.

Selain itu, komponen residu yang belum dibongkar pada badan gerbong dilakukan identifikasi terlebih dahulu. Komponen residu yang tidak memiliki fungsi dan mengganggu proses modifikasi pemanfaatan badan kereta dilepaskan dari badan gerbong. Sementara komponen residu yang masih memiliki fungsi dan tidak mengganggu proses modifikasi komponen tidak dilakukan

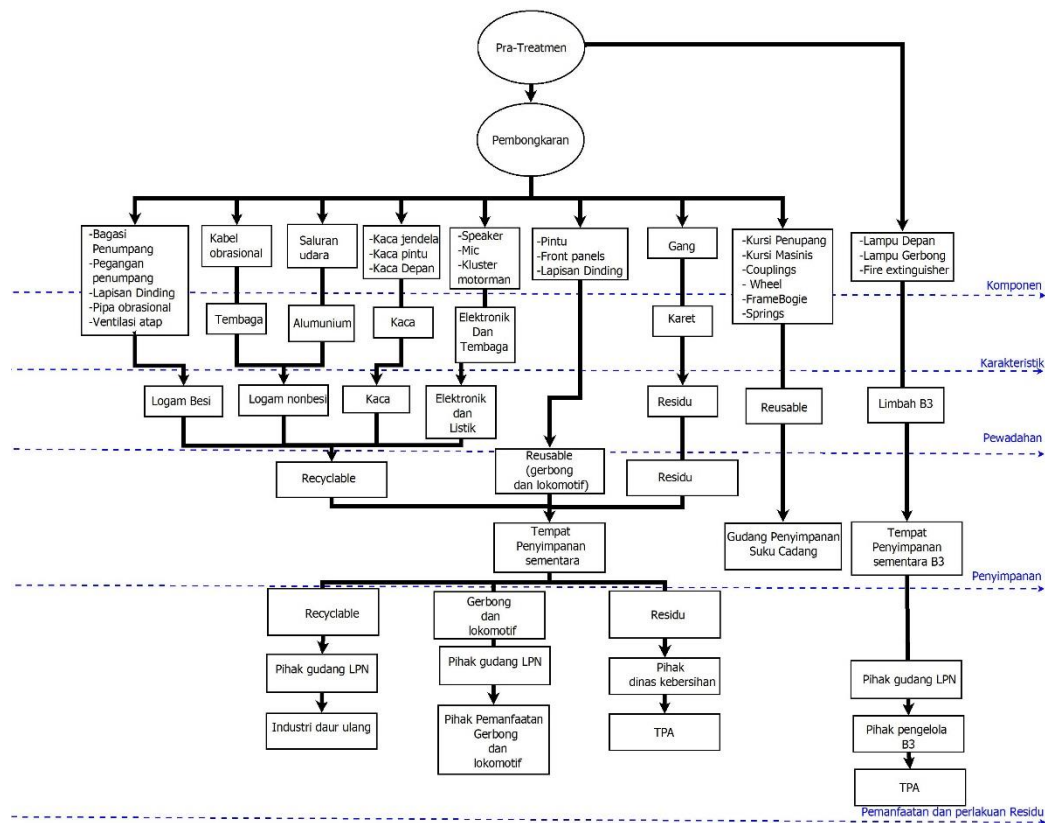
pembongkaran. Hal ini bertujuan untuk menghemat penggunaan energi dalam proses pembongkaran. Komponen residu yang telah dilepaskan kemudian dikelompokkan pada komponen residu. Sementara gerbong dan lokomotif yang tidak dapat dimanfaatkan dipotong dan komponen dikelompokkan sesuai jenis dan komposisi. Berikut diagram alir pengelolaan berdasarkan data komponen kereta KRD 1 :



Gambar 4.11 Diagram Alir Kereta KRD 1

Berdasarkan diagram alir komponen B3 terlebih dahulu dipisahkan dan diteruskan ke TPS. Komponen *reusable* dibagi menjadi 2 komponen yaitu, *reusable* (kursi, *couplings*, *frame bogie*, *wheel* dan *springs*) yang diteruskan ke gudang penyimpanan dan komponen *seperti* pintu, *front panels*, lapisan dinding, dan insulasi termal merupakan komponen yang tidak dilepaskan pada badan gerbong dan akan diteruskan ke TPS untuk dimanfaatkan bersama gerbong. Komponen residu seperti kloset dan gang dikelompokkan menjadi satu yang akan

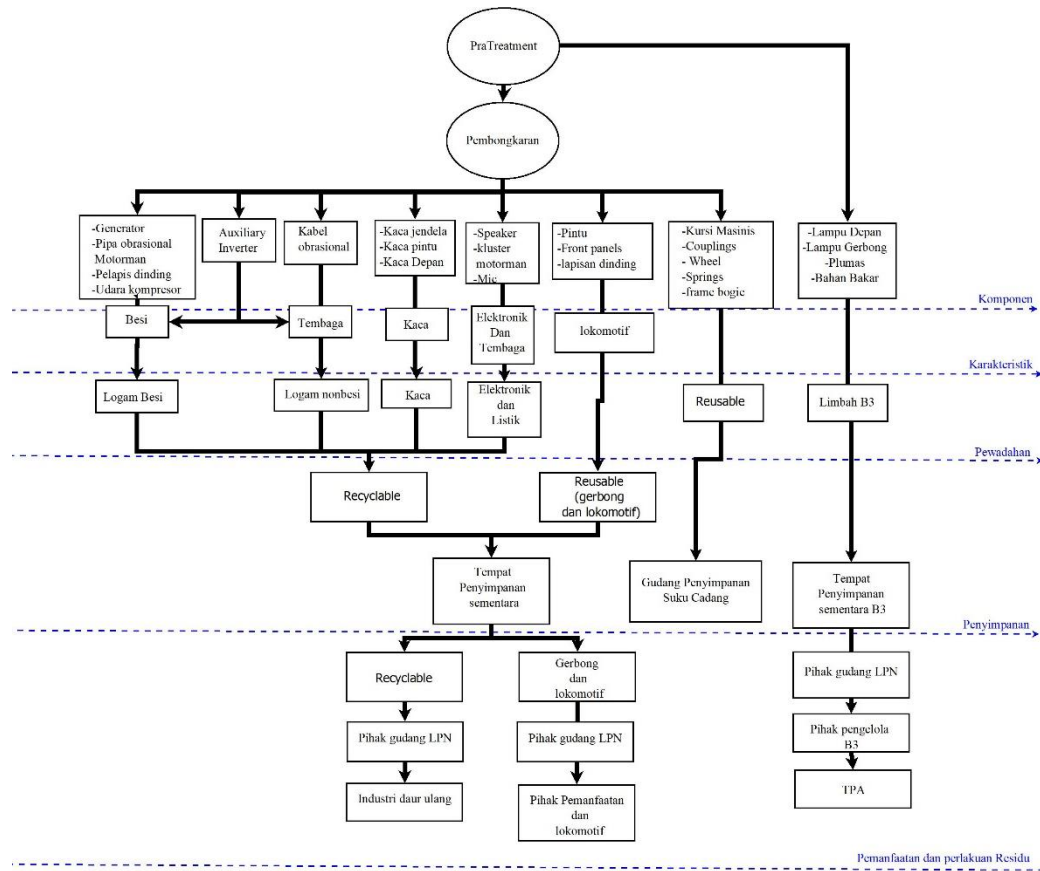
diteruskan ke TPS. Komponen yang dapat didaur ulang dikelompokkan menjadi 5 kelompok berdasarkan komposisinya dan diteruskan ke TPS. Berikut diagram alir pengelolaan berdasarkan data komponen kereta KRD 2 :



Gambar 4.12 Diagram Alir Kereta KRD 2

Berdasarkan diagram alir pengelolaan kereta KRD 2 secara keseluruhan memiliki kesamaan dengan kereta KRD 1. Hal ini disebabkan komponen kereta KRD1 dan KRD2 banyak memiliki kesamaan komponen dan kesamaan komposisi.

Kereta lokomotif memiliki sedikit komponen dibandingkan kereta KRD dan komposisi komponen lokomotif lebih didominasi oleh besi. Hal ini membuat pengolahan pada lokomotif lebih mudah dari pada kereta KRD. Berikut diagram alir pengolahan berdasarkan data komponen kereta lokomotif :



Gambar 4.13 Diagram Alir Kereta Lokomotif

Berdasarkan diagram alir pada kereta lokomotif komponen B3 terlebih dahulu dipisahkan dan diteruskan ke TPS B3. Komponen *reusable* terbagi menjadi 2 komponen yaitu, *reusable* (kursi, *couplings*, *frame bogie*, *wheel* dan *springs*) akan diteruskan ke gudang penyimpanan dan komponen *reusable* seperti pintu, *front panels* dan lapisan dinding merupakan komponen yang tidak dilepaskan pada badan gerbong dan diteruskan ke TPS untuk dimanfaatkan.

Untuk memaksimalkan pengolahan dan menghindari terjadinya pencemaran pada lokasi pembongkaran ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Berdasarkan *2000/53/EC of The European Parliament and of The Council – End of Life Vehicles* persyaratan tempat pelepasan komponen pada pembongkaran yaitu sebagai berikut:

- a. Permukaan kedap air untuk area yang sesuai dengan penyediaan fasilitas pengumpul tumpahan, decanter dan pembersih-degreasers,
- b. Peralatan untuk perawatan air, termasuk air hujan, termasuk pencegahan kebakaran sesuai dengan peraturan kesehatan dan lingkungan.

3. Penanganan Bahan dan Bagian yang Dipulihkan

Komponen B3 yang telah dikumpulkan pada proses pra-perawatan kemudian diteruskan ke TPS sesuai dengan karakteristik limbahnya. Komponen *reusable* yang telah memenuhi standar dan dapat digunakan secara langsung maupun komponen yang perlu diperbaiki diteruskan ke gudang penyimpanan suku cadang. Sementara komponen *recyclable* yang telah dikelompokkan kemudian diangkut ke tempat penyimpanan sementara untuk dikumpulkan. Pengangkutan komponen yang telah dikelompokkan diangkut menggunakan forklift sesuai jenis kelompok limbahnya.

4.4.3 Tempat Penyimpanan Sementara

Pada proses pengangkutan setiap komponen *recyclable* yang akan masuk tempat penyimpanan sementara (TPS) terlebih dahulu dilakukan inventarisasi dan penimbangan beratnya. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan dan memudahkan dalam proses pelelangan yang akan dilakukan. Proses pemindah tangan sesuai dengan Peraturan Menteri Badan Usaha Milik Negara Republik Indonesia Nomor 14 /Mbu/ 10 /2015.

Tempat penyimpanan sementara di Balai Yasa merupakan tempat penyimpanan limbah padat seluruh kegiatan Balai Yasa termasuk kegiatan *workshop*. Untuk saat ini, TPS Balai Yasa dikelompokkan menjadi 5 bagian yaitu, limbah komponen, limbah pembubutan, sisa produksi, penyimpanan B3 dan residu. Berdasarkan hasil observasi pada limbah kereta TPS akan direncanakan menjadi 6 bagian yaitu limbah komponen (*recyclable*), limbah pembubutan, sisa produksi, penyimpanan B3, limbah *reusable* (gerbong dan lokomotif) dan residu. Penambahan tempat

limbah *reusable* (gerbong dan lokomotif) dikarenakan belum tersedianya fasilitas penyimpanan limbah gerbong dan lokomotif pada Balai Yasa. Selain itu, limbah *recyclable* akan dibagi menjadi 5 berdasarkan komposisinya yaitu logam besi, logam nonbesi, kaca, elektronik maupun listrik dan komponen lain. Pada pengelompokan komponen lain dapat digunakan untuk komponen yang dapat didaur ulang dari perawatan kereta di *workshop*. Tujuan pengelompokan yaitu untuk memudahkan pengangkutan dan menghindari kerusakan. Untuk memaksimalkan pengelolaan limbah padat spesifik pada *workshop*, limbah komponen yang masuk pada TPS terlebih dahulu dilakukan pengelompokan berdasarkan komposisi limbah.

4.4.4 Penanganan Residu dan Pemanfaatan

Komponen residu yang telah dikumpulkan pada TPS dari pembongkaran kereta maupun dari aktivitas Balai Yasa kemudian diangkut ke landfill oleh pihak dinas kebersihan dan limbah B3 yang telah dikumpulkan sesuai dengan karakteristik limbahnya akan diangkut oleh pihak gudang LPN dan selanjutnya diteruskan pengelola B3. Sementara komponen *recyclable* akan diangkut oleh pihak gudang LPN dan selanjutnya diteruskan pihak industri daur ulang. Gudang LPN memiliki fungsi sebagai penyimpanan sementara dan mendata semua limbah yang bertujuan untuk proses pelelangan.

Komponen yang memiliki komposisi seperti besi, aluminium, kaca dan komponen lain dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku produksi oleh pihak industri daur ulang. Menurut Silva.F (2016) biaya produksi besi baja dari bahan limbah besi kendaraan jauh lebih rendah dibandingkan untuk produksi dari bijih besi. Begitu pula dengan daur ulang aluminium dapat menghemat lebih dari 95% dari energi yang diperlukan untuk produksi aluminium biasanya. Sementara daur ulang kaca dapat mengefisiensi produksi yang tak tertandingi dan mempunyai manfaat cukup besar bagi lingkungan diantaranya mengurangi permintaan energi, mengurangi emisi CO₂, mengurangi jumlah bahan mentah yang digunakan dan menghemat

keseluruhan biaya produksi. Selain itu, komponen badan gerbong dan lokomotif dapat dimanfaatkan sebagai bangunan.

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan badan lokomotif dan gerbong memiliki ukuran cukup besar yaitu panjang 15-20 meter, lebar 3 meter, dan tinggi 2,5 meter dan memiliki struktur terdiri dari besi dan baja. Sementara menurut Valenciana M (2015) bahwa *container* memiliki ukuran yaitu panjang 6 meter, lebar 2,4 meter dan tinggi 2,4 meter dengan struktur yang kuat karena terdiri besi dan baja dapat digunakan sebagai bangunan. Sehingga, badan lokomotif dan gerbong dapat dimanfaatkan menjadi suatu bangunan. Pada penelitian ini akan merekomendasikan gerbong kereta menjadi kafe dan toko.

Menurut buku Data Arsitek, untuk penentuan bangunan harus memperhatikan kebutuhan luas ruangan. Berikut persyaratan luas ruang restoran dan toko adalah :

1. Luas ruang restoran

- a. Restoran /ruang makan khusus

Kebutuhan luas ruangnya bermacam-macam. Yang diperlukan untuk melengkapi kebutuhan restoran ini antara lain: peragaan masakan atau minuman, lantai untuk menari/pertunjukan kesenian, dekorasi khusus, dll. Bar biasanya diasukkan kedalam kebutuhan ruang restoran.

- b. Restoran Tradisional

Perhitungan luas ruang mengikuti perkiraan 1,3-2,9 m²/orang, tergantung jenis yang dijual. Dilengkapi ruangruang untuk peragaan makanan, lampu-lampu kuno, tempat duduk yang luas dan sekaligus ruang untuk meja.

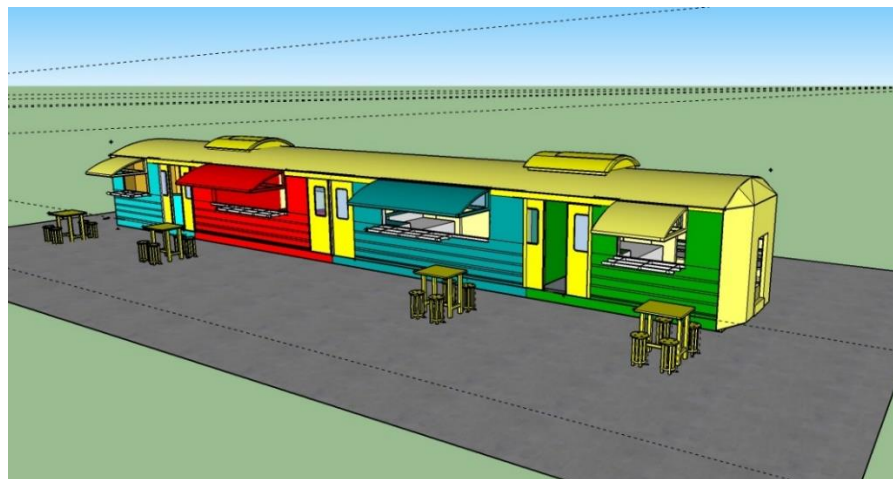
2. Luas ruang toko

Kebutuhan luas ruangnya bermacam-macam tergantung jenis yang dijual. Luas ruangan 6 m² untuk 1 meja kasir dengan rak pada dinding.

Desain pemanfaatan gerbong kereta mengacu pada konsep minimalis dan *wide space*. Menurut Mumtaz A (2017) konsep minimalis dan wide space sebagai berikut:

1. Minimalis, desain sedikit terdapat atribut-atribut yang kurang penting, dan minim ornamen. Penggunaan style minimalis dapat mempermudah perawatan dan menghemat biaya produksi.
2. *Wide Space*, penggunaan warna dasar cerah dan kaca dengan memaksimalkan cahaya matahari sehingga memberi kesan luas pada ruangan.

Berikut desain pemanfaatan gerbong kereta sebagai toko :



Gambar 4.14 Desain Gerbong Kereta Menjadi Toko .

Pemanfaatan gerbong menjadi toko sangat sederhana yaitu jendela pada dinding dimodifikasi menjadi tempat transaksi penjual dengan pembeli dan penambahan dinding didalam gerbong sebagai pembatas antara toko. Selain itu, kereta dipadukan dengan warna yang berbeda yaitu warna kuning, hijau, biru dan merah. Perbedaan warna bertujuan sebagai batasan satu toko dengan lainnya. Sementara penggunaan warna cerah pada dalam toko bertujuan untuk menambahkan suasana luas didalam toko. Berikut desain toko dari gerbong kereta:



Gambar 4.15 Desain Gerbong Kereta Menjadi Toko .

Pada gerbong terdapat 4 toko dengan ukuran yang berbeda. Toko terbagi menjadi 2 ukuran yaitu ukuran 3,8 meter x 3 meter dan 5,3 meter x 3 meter dan masing- masing memiliki pintu dan jendela. Selain pemanfaatan gerbong menjadi toko, gerbong dapat dimanfaatkan menjadi kafe. Berikut desain pemanfaatan gerbong kereta sebagai kafe.



Gambar 4.16 Desain Gerbong Kereta Menjadi Kafe

Modifikasi yang dilakukan untuk memanfaatkan gerbong menjadi kafe cukup sederhana yaitu jendela pada dinding dimodifikasi menjadi tempat transaksi penjual dengan pembeli dan pada beberapa bagian dinding digantikan menjadi kaca. Penggantian tersebut bertujuan untuk menambahkan suasana luas pada dalam

gerbong. Selain itu, furnitur pada ruangan banyak menggunakan besi dan stainless steel untuk menampilkan kesan *modern* dan penggunaan warna *cream* pada dinding dan sebagian furniture lainnya memberikan kesan nyaman pada ruangan.

Berikut desain dalam kafe:



Gambar 4.17 Desain Dalam Gerbong Kereta Menjadi Kafe

Akan tetapi dalam modifikasi ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu kekuatan gerbong dan faktor keselamatan serta keamanan.