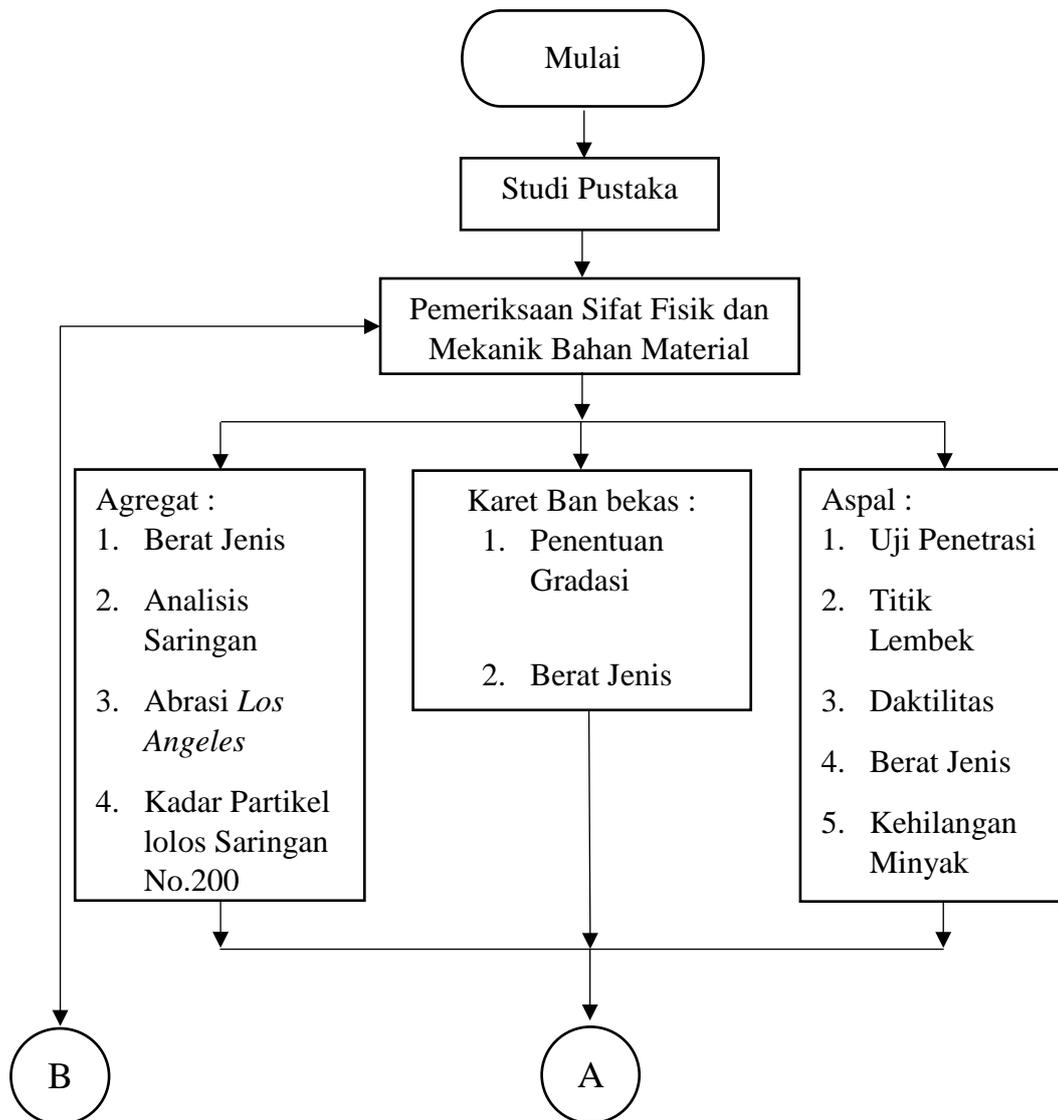


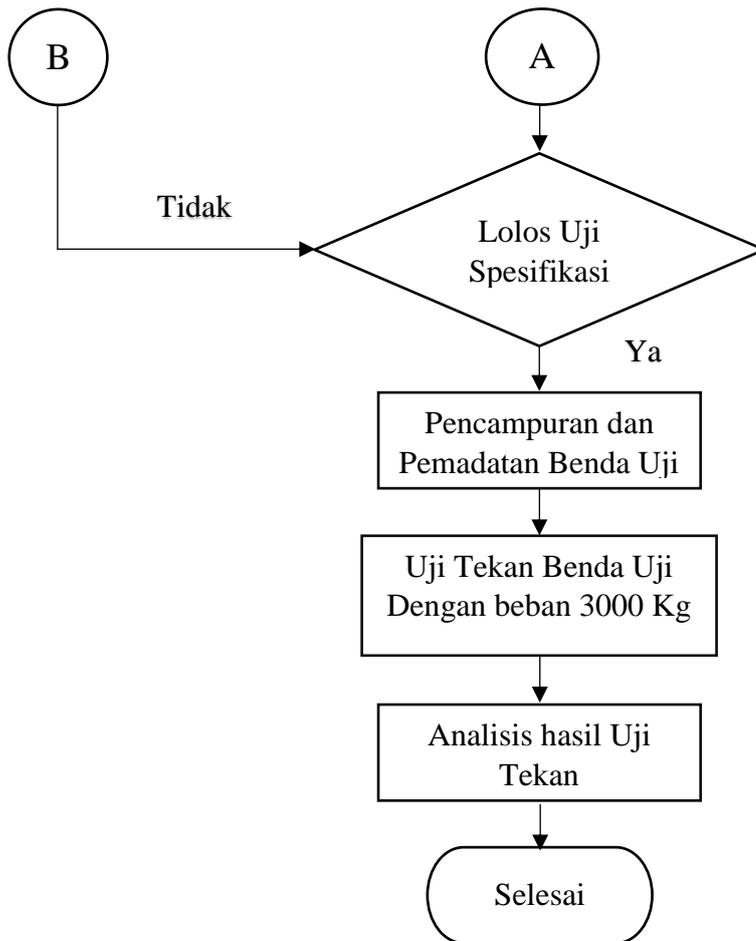
## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu studi pustaka, persiapan bahan material, pemeriksaan spesifikasi material, penentuan rencana campuran, pembuatan benda uji dan pengujian tekan. Bagan alir tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1. sebagai berikut:



Gambar 3.1 Bagan Alir Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alir Tahapan Penelitian (Lanjutan)

## 3.2 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat 1 sampel balas tanpa campuran dan 2 sampel modifikasi campuran balas dengan bahan material aspal maupun karet bekas untuk membandingkan karakteristik lapisan balas pada saat diberikan beban vertikal. Pengujian kuat tekan dimaksudkan untuk mendapatkan hubungan antara tegangan dan regangan yang terjadi pada benda uji untuk mengetahui tingkat kekakuan berdasarkan nilai modulus elastisitas lapisan balas.

### 3.2.1 Studi Pustaka

Tahap pertama yang dilakukan adalah melakukan studi pustaka terhadap penelitian yang akan dilakukan, seperti menelaah penelitian-penelitian sebelumnya dari metode, hasil dan kesimpulan yang akan disesuaikan serta dijadikan acuan pada penelitian kali ini. Selanjutnya menyusun langkah dan metode penelitian yang

tepat, dan mengambil data-data sekunder yang memungkinkan untuk digunakan dalam penelitian ini.

### **3.2.2 Persiapan dan Pemeriksaan Bahan**

#### **1. Pemeriksaan bahan material balas**

Pemeriksaan untuk material balas mengacu pada Peraturan Dinas No.10 Tahun 1986, Peraturan Menteri No.60 Tahun 2012, SNI (Standar Nasional Indonesia), dan *ASTM (American Standard Testing and Material)*. Kriteria material agregat harus memenuhi syarat-syarat sebelum dimodifikasi dengan campuran bahan material lainnya (karet dan aspal) untuk menghasilkan data yang valid/sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Oleh karena itu, perlu pengujian dasar untuk mengetahui sifat fisis dan mekanik yang dimiliki agregat seperti berat jenis, penyerapan air, nilai abrasi menggunakan mesin *Los Angeles*, dan kandungan lempung pada agregat.

#### **2. Pemeriksaan bahan material karet bekas**

Untuk bahan limbah karet ban ini juga harus bebas dari partikel lempung dan dibersihkan dengan air, selain itu pengujian sifat material seperti uji berat jenis dan penyerapan air material perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh material ini terhadap campuran (balas dan aspal).

#### **3. Pemeriksaan aspal**

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal padat jenis penetrasi 60/70. Pengujian sifat – sifat fisik dan mekanik juga perlu dilakukan meskipun tidak ada acuan khusus dalam penggunaannya pada infrastruktur jalan rel di Indonesia. Dengan begitu, perlu adanya pengujian dasar seperti uji penetrasi aspal, titik lembek, daktilitas, kehilangan minyak dan berat jenis.

### **3.2.3 Pencampuran Benda Uji**

Bahan material yang telah disiapkan, selanjutnya melakukan pencampuran benda uji secara manual dengan persentase material yang telah ditentukan berdasarkan data sekunder maupun primer. Benda uji pada penelitian ini terdiri dari tiga jenis benda uji yaitu, balas tanpa campuran, balas + karet, dan balas + karet + aspal.

### 3.2.4 Pemadatan Benda Uji

Selama berlangsungnya pembuatan benda uji, pemadatan dilakukan dengan menggunakan alat penumbuk manual dengan beban 4,5 kg, diameter permukaan beban 15 cm dan tinggi jatuh 20 cm agar campuran menjadi lebih padat.

### 3.2.5 Uji Tekan

Proses uji tekan dilakukan dengan menggunakan alat *UTM (Universal Testing Machine)*, dengan mengatur beban maksimal dan luasan beban yang akan disalurkan pada permukaan benda uji. *Output* dari uji kuat tekan menggunakan alat *UTM* ini adalah besar gaya pembebanan, perubahan bentuk (deformasi), tegangan ( $\sigma$ ), dan regangan ( $\epsilon$ ). Berdasarkan data tegangan dan regangan ini akan dianalisis hingga mendapatkan nilai modulus elastisitas ( $E$ ) dari masing – masing benda uji yang memiliki campuran material yang berbeda untuk dibandingkan hasilnya.

### 3.2.6 Analisis Nilai Abrasi

Analisis abrasi material agregat yang disebabkan akibat proses pengujian kuat tekan dilakukan dengan metode analisis saringan. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan perbandingan sampling material sebanyak 5000 gr dari berat total campuran sebelum dan sesudah melakukan uji kuat tekan. Setelah melakukan analisis saringan, maka data yang diperoleh akan digambarkan menjadi grafik gradasi. Abrasi material agregat adalah agregat yang mengalami perubahan butir (lolos saringan 3/4") setelah dilakukan uji tekan.

## 3.3 Alat Dan Bahan Penelitian

### 3.3.1 Alat

#### 1. *Box* Cetakan Benda Uji

Cetakan benda uji ini terbuat dari rangkaian plat baja dengan tebal 0,3 cm yang difungsikan untuk menampung kapasitas material dengan kemampuan menahan tekanan yang baik dan membentuk dimensi benda uji sesuai dengan pemodelan yang direncanakan. Untuk dimensi ukuran cetakan memiliki lebar 20 cm, panjang 40 cm dan tinggi 30 cm. Gambar cetakan benda uji ditunjukkan tampak atas *box* pada Gambar 3.2 dan tampak samping pada Gambar 3.3.



Gambar 3.2 *Box* Cetakan Benda Uji Tampak Atas



Gambar 3.3 *Box* Cetakan Benda Uji Tampak Samping

## 2. Alat Penumbuk (*Compactor*)

Penumbuk yang digunakan adalah penumbuk manual dengan beban sebesar 4,5 kg dan tinggi jatuh beban 15 cm dari plat landasan. Untuk diameter plat dasar penumbuk adalah 6 cm dengan ketebalan 2,4 cm yang ditunjukkan seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Alat Penumbuk Benda Uji

### 3. *Micro-computer Universal Testing Machine*

Pengujian kuat tekan pada modifikasi campuran balas ini menggunakan alat *Micro-computer Universal Testing Machine*, dengan output pengujian adalah tegangan dan regangan pada benda uji yang dihasilkan selama proses pengujian dari alat ini. Adapun bagian-bagian dari alat *Micro-computer Universal Testing Machine* seperti pada Gambar 3.5 sebagai berikut:

- a. Rangka Beban
- b. Plat Pembebanan
- c. Landasan Benda Uji
- d. Alat pengatur pengujian (*Computer*)



Gambar 3.5 Alat Uji *Micro-computer Universal Testing Machine*.

### 3.3.2 Bahan

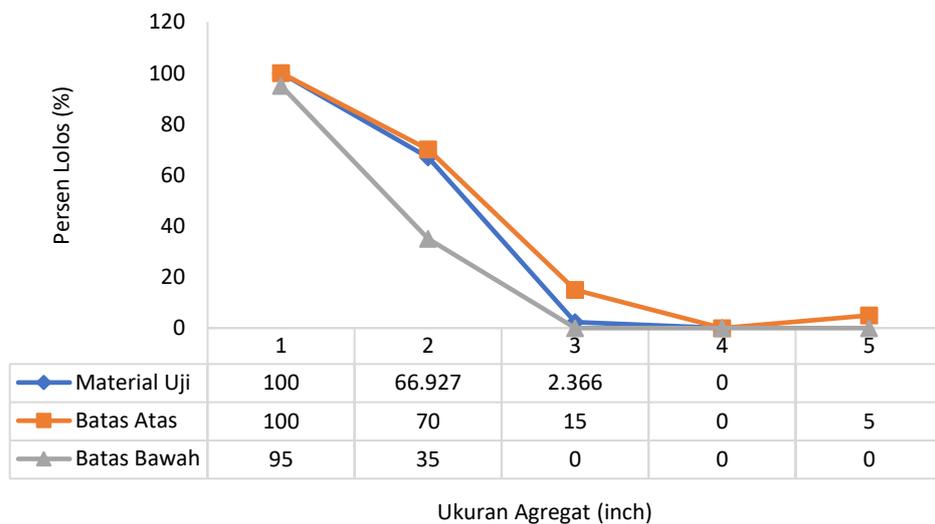
#### 1. Material balas

Material balas yang digunakan adalah jenis batuan andesit yang diperoleh dari perusahaan distribusi batu pecah yang berlokasi di Kecamatan Clereng, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta. Ukuran butir dari balas yang digunakan adalah  $2'' - \frac{3}{4}''$ , Berdasarkan persyaratan gradasi untuk material balas dari Peraturan Dinas N0.10 tahun 1986 material ini termasuk dalam kelas jalan III. Contoh material pada Gambar 3.6. dan

distribusi ukuran agregat yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.6 Material Agregat



Gambar 3.7 Grafik Gradasi Material Agregat

Selain ukuran, kriteria sifat – sifat agregat seperti berat jenis, durabilitas, dan kandungan lempung pada agregat perlu disesuaikan dengan standar ketentuan-ketentuan dan syarat tertentu.

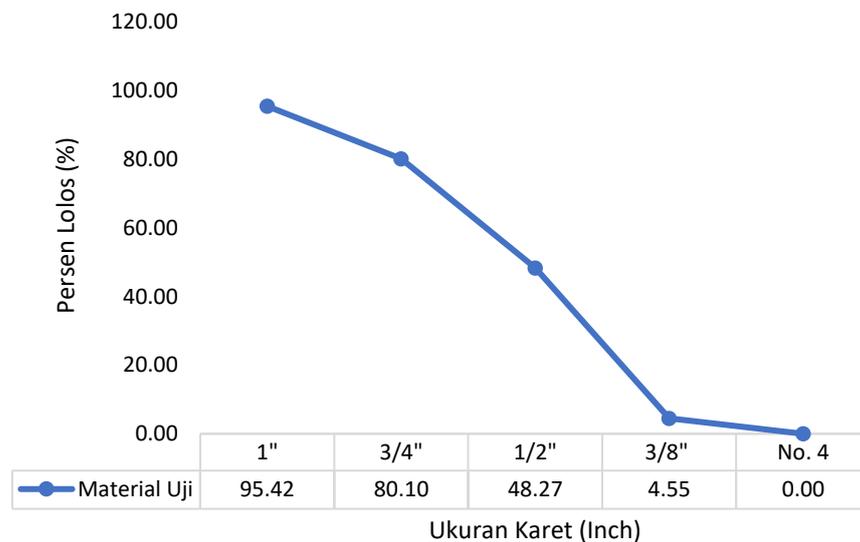
## 2. Material karet ban bekas

Material limbah dari karet ban kendaraan bermotor yang digunakan pada penelitian ini dimodifikasi menjadi ukuran butir antara  $1'' - \frac{3}{4}''$  yang difungsikan sebagai material elastik pengganti balas. Material ini diperoleh

dari bengkel-bengkel kendaraan bermotor yang berlokasi di Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, D.I.Yogyakarta. Untuk penggunaan material limbah karet ban ini adalah 10% berdasarkan penelitian-penelitian Internasional terdahulu. Material limbah karet yang telah dimodifikasi ditunjukkan pada Gambar 3.8 dan data distribusi ukuran karet ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.8 Material Karet Dari Ban Bekas Kendaraan



Gambar 3.9 Grafik Gradasi Karet Ban Bekas

### 3. Aspal

Penggunaan aspal pada penelitian ini adalah tipe aspal penetrasi 60/70 dalam bentuk aspal padat yang akan dicairkan melalui pemanasan. Bahan aspal ini diperoleh dari penyimpanan aspal yang berlokasi di Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, D.I.Yogyakarta. Aspal padat yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Aspal Tipe Penetrasi 60/70

Aspal yang digunakan pada penelitian ini perlu diuji sifat-sifat mekanik seperti berat jenis, uji penetrasi, titik leleh aspal, kehilangan minyak, dan daktilitas aspal. Persentase aspal yang digunakan sebanyak 2% berdasarkan penelitian-penelitian internasional terdahulu dan teliti saat ini.

#### 3.4 Metode Pembuatan Benda Uji

##### 3.4.1 Balas Tanpa Campuran (non modifikasi)

Pada benda uji ini hanya menggunakan agregat yang tidak dicampur dengan material lain sebagai lapisan balas konvensional. Untuk proses pembuatan benda uji ini adalah sebagai berikut.

1. Agregat yang digunakan untuk lapisan balas harus memenuhi persyaratan kualitas yang telah ditentukan sesuai dengan fungsinya yang akan digunakan sebagai penyusun struktur jalan rel. Kemudian material agregat dibersihkan dan dikeringkan sebelum digunakan.
2. Setelah mempersiapkan material agregat, maka langkah selanjutnya adalah memasukkan agregat dalam *box* cetakan ukuran 40cm × 20cm × 30cm.

3. Selama proses pengisian dalam *box* benda uji dilakukan pemadatan dengan alat penumbuk dengan beban 4,5 kg dan tinggi jatuh beban  $\pm 20$  cm. Pemadatan dilakukan sebanyak 25 tumbukan merata dari luasan benda uji pada setiap 1/3 layer (campuran mencapai ketinggian 10cm dari dari tinggi *box* 30 cm).
4. Setelah *box* benda uji terisi penuh dan dipadatkan, benda uji harus ditimbang untuk mengetahui berat volume dan volume pori dari campuran sebelum di uji tekan

#### **3.4.2 Campuran Balas dan Karet Ban Bekas**

Pada campuran ini benda uji yang digunakan dalam campuran adalah agregat dengan bahan karet bekas yang dimodifikasi menjadi ukuran-ukuran tertentu. Untuk proses pencampuran benda uji ini adalah sebagai berikut.

1. Agregat yang digunakan untuk lapisan balas harus memenuhi persyaratan kualitas yang telah ditentukan sesuai dengan fungsinya yang akan digunakan sebagai penyusun struktur jalan rel. Kemudian material agregat dibersihkan dan dikeringkan sebelum digunakan.
2. Karet ban bekas yang digunakan diolah dan dimodifikasi menjadi potongan potongan kecil berukuran 25,4 – 4,75 mm (tertahan saringan 1" – No.4) dan material harus tidak mengandung partikel lempung yang banyak. Untuk persentase karet bekas yang digunakan adalah 10% dari total berat campuran benda uji.
3. Setelah mempersiapkan material campuran, maka langkah selanjutnya adalah memasukkan agregat dengan karet bekas dalam *box* cetakan ukuran 40cm  $\times$  20cm  $\times$  30cm secara bersamaan.
4. Selama proses pengisian dalam *box* benda uji dilakukan pemadatan dengan alat penumbuk dengan beban 4,5 kg dan tinggi jatuh beban  $\pm 20$  cm. Pemadatan dilakukan sebanyak 25 tumbukan merata dari luasan benda uji pada setiap 1/3 layer (campuran mencapai ketinggian 10 cm dari dari tinggi *box* 30 cm).
5. Setelah *box* benda uji terisi penuh dan dipadatkan, benda uji harus ditimbang untuk mengetahui berat volume dan volume pori dari campuran sebelum di uji tekan.

### 3.4.3 Campuran Balas, Karet Ban Bekas, dan Aspal

Pada campuran ini benda uji yang digunakan dalam campuran adalah agregat, bahan karet bekas yang dimodifikasi menjadi ukuran tertentu, dan aspal padat yang dipanaskan. Untuk proses pencampuran benda uji ini adalah sebagai berikut.

1. Agregat yang digunakan untuk lapisan balas harus memenuhi persyaratan kualitas yang telah ditentukan sesuai dengan fungsinya yang akan digunakan sebagai penyusun struktur jalan rel. Kemudian material agregat dibersihkan dan dikeringkan sebelum digunakan.
2. Karet ban bekas yang digunakan diolah dan dimodifikasi menjadi potongan-potongan kecil berukuran 25,4 – 4,75 mm (tertahan saringan 1" – No.4) dan material harus tidak mengandung partikel lempung yang banyak. Untuk persentase karet bekas yang digunakan adalah 10% dari total berat campuran benda uji.
3. Untuk aspal yang digunakan pada campuran ini harus diuji sifat-sifat aspal yang akan mempengaruhi material-material dalam campuran dan harus memenuhi persyaratan kualitas tipe aspal 60/70.
4. Setelah mempersiapkan material campuran, maka langkah selanjutnya adalah memasukkan agregat dengan karet bekas dalam *box* cetakan ukuran 40cm × 20cm × 30cm secara bersamaan.
5. Selama proses pengisian dalam *box* benda uji dilakukan pemadatan dengan alat penumbuk dengan beban 4,5 kg dan tinggi jatuh beban  $\pm 20$  cm. Pemadatan dilakukan sebanyak 25 tumbukan merata dari luasan benda uji pada setiap 1/3 layer (campuran mencapai ketinggian 10 cm dari dari tinggi *box* 30 cm).
6. Setelah melakukan pemadatan pada layer pertama, maka selanjutnya disiapkan aspal sebanyak 2% dari berat total campuran yang dibagi 0,6%-0,7% per layer. Aspal dituangkan secara merata pada campuran agregat dan karet bekas yang telah dipadatkan.
7. Setelah *box* benda uji terisi penuh, dipadatkan dan dituang aspal, Kemudian benda uji harus ditimbang untuk mengetahui berat volume dan volume pori dari campuran sebelum diuji tekan.

### 3.5 Prosedur Pengujian Kuat Tekan

Tahapan-tahapan pada pengujian kuat tekan pada modifikasi campuran balas adalah sebagai berikut:

1. Sebelum pengujian dilakukan, benda uji harus diukur luasan untuk di input pada alat uji tekan.
2. Setelah melakukan input data luasan benda uji, langkah selanjutnya benda uji diletakkan pada mesin uji tekan dan mengatur hingga benda uji menyentuh plat penekan seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Memasang Benda Uji Pada Alat Uji Tekan

3. Langkah selanjutnya adalah melakukan persiapan dan pengaturan. Selanjutnya pengujian dilakukan dengan menentukan beban maksimal sebesar 3000 kg atau pembacaan benda uji berhenti secara otomatis dari mesin uji.
4. Hasil dari pengujian akan keluar dalam bentuk *print-out* dari mesin pengujian berupa data pembebanan, tegangan, angka penurunan, dan regangan yang kemudian hasil tersebut dianalisis.
5. Setelah melakukan pengujian dengan alat uji tekan (*Universal Testing Machine*), benda uji dibongkar dan material campuran dipisahkan dan agregat disaring untuk mengetahui degradasi material agregat yang disebabkan oleh pembebanan.
6. Untuk bahan campuran aspal dapat melakukan proses pemisahan dengan alat *Reflux Extractor* atau dengan cara merendam agregat dengan bensin, kemudian dicuci dan dikeringkan dengan oven suhu 110°C.

7. Apabila material agregat sudah terpisahkan dengan material campuran lainnya, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis saringan untuk mengetahui jumlah material yang ter-degradasi dengan melakukan perbandingan sampling sebelum dan sesudah uji tekan.

### **3.6 Analisis Hasil Pengujian**

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder dan data primer, dimana data sekunder ini didapat dari penelitian-penelitian internasional terdahulu yang mengacu pada penggunaan material karet bekas yang optimum sebanyak 10% dari berat total benda uji dan bahan bitumen yang digunakan adalah 2% dari berat total benda uji. Sedangkan data primer yang digunakan adalah data yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium selama penelitian ini berlangsung.

Parameter yang dikaji dalam penelitian ini adalah nilai abrasi material agregat akibat proses uji kuat tekan, pengaruh besar gaya vertikal (pembebanan) yang diberikan terhadap deformasi vertikal (angka penurunan) yang dihasilkan pada uji tekan dan nilai modulus elastisitas ( $E$ ). Nilai modulus elastisitas ini diperoleh berdasarkan pengujian kuat tekan bahan campuran yang dianalisis dari hasil tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\epsilon$ ) yang terjadi selama pembebanan saat pengujian kuat tekan dengan menganalisis kemiringan elastis (*slope*) dari kurva tegangan-regangan.

Hasil-hasil pengujian berupa deformasi vertikal akibat pembebanan benda uji, abrasi material agregat, dan nilai modulus elastisitas ( $E$ ), akan diplotkan dalam grafik. Kemudian grafik dan tabel hasil pengujian akan dilakukan perbandingan antara benda uji balas tanpa campuran, dengan modifikasi balas campuran menggunakan karet dan aspal.