



# LAMPIRAN

### Lampiran 1. Analisa Saringan dan Gradasi Campuran

#### ANALISA SARINGAN

CA (10 - 20 mm) : 1000 Gram

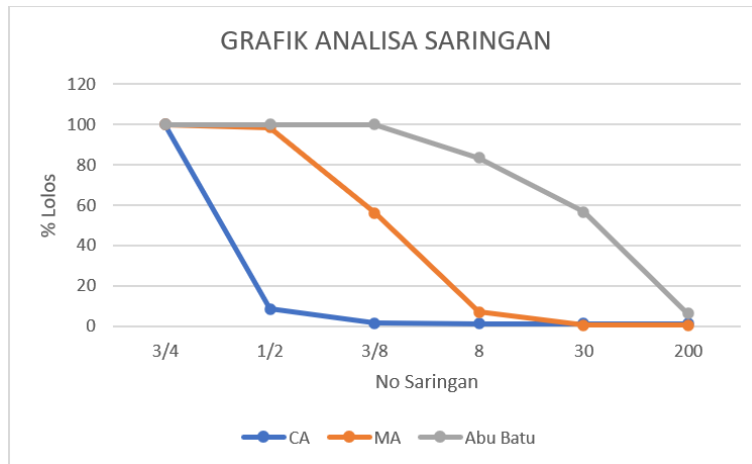
| No Saringan | Berat Tertinggal | Jumlah Tertahan (%) | Prosentase Jumlah Tertahan (%) | Prosentase Lolos (%) |
|-------------|------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------|
| 3/4         | 0                | 0                   | 0                              | 100                  |
| 1/2         | 913,5            | 913,5               | 91,35                          | 8,65                 |
| 3/8         | 72,0             | 985,5               | 98,55                          | 1,45                 |
| 8           | 0,5              | 986                 | 98,6                           | 1,4                  |
| 30          | 0                | 986                 | 98,6                           | 1,4                  |
| 200         | 0                | 986                 | 98,6                           | 1,4                  |
| Jumlah      | 986              |                     |                                |                      |

MA ( 10 - 10 mm) : 1000 Gram

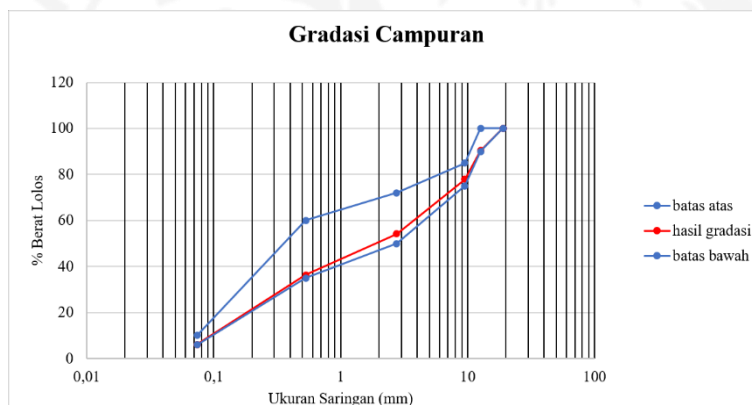
| No Saringan | Berat Tertinggal | Jumlah Tertahan (%) | Prosentase Jumlah Tertahan (%) | Prosentase Lolos (%) |
|-------------|------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------|
| 3/4         | 0                | 0                   | 0                              | 100                  |
| 1/2         | 17               | 17,0                | 1,7                            | 98,3                 |
| 3/8         | 421              | 438                 | 43,8                           | 56,2                 |
| 8           | 490              | 928                 | 92,8                           | 7,2                  |
| 30          | 67               | 995                 | 99,5                           | 0,5                  |
| 200         | 0                | 995                 | 99,5                           | 0,5                  |
| Jumlah      | 995              |                     |                                |                      |

Abu Batu : 500 Gram

| No Saringan | Berat Tertinggal | Jumlah Tertahan (%) | Prosentase Jumlah Tertahan (%) | Prosentase Lolos (%) |
|-------------|------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------|
| 3/4         | 0                | 0                   | 0                              | 100                  |
| 1/2         | 0                | 0                   | 0                              | 100                  |
| 3/8         | 0                | 0                   | 0                              | 100                  |
| 8           | 83               | 83                  | 16,6                           | 83,4                 |
| 30          | 133,4            | 216,4               | 43,28                          | 56,72                |
| 200         | 252              | 468,4               | 93,68                          | 6,32                 |
| Jumlah      | 468,4            |                     |                                |                      |



| ASTM<br>Ukuran<br>Saringan<br>(inch)    | ASTM<br>Ukuran<br>Saringan<br>(mm) | GRADASI AGREGAT     |             |                   |             | GRADASI AGREGAT GABUNGAN |                                                |
|-----------------------------------------|------------------------------------|---------------------|-------------|-------------------|-------------|--------------------------|------------------------------------------------|
|                                         |                                    | A                   | B           | C                 | D           | GRADASI AGREGAT CAMPURAN |                                                |
|                                         |                                    | CA<br>( % )         | MA<br>( % ) | ABU BATU<br>( % ) | FF<br>( % ) | COMB<br>( % )            | JOB SPEC ( % )<br>HRS / WC ( Gradasi Senjang ) |
| 3/4                                     | 19,1                               | 100                 | 100         | 100               | 100         | 100,0                    | 100                                            |
| 1/2                                     | 12,7                               | 8,65                | 98,3        | 100               | 100         | 90,4                     | 90-100                                         |
| 3/8                                     | 9,5                                | 1,45                | 56,2        | 100               | 100         | 77,9                     | 75-85                                          |
| NO. 8                                   | 2,76                               | 1,4                 | 7,2         | 83,4              | 100         | 54,2                     | 50-72                                          |
| NO. 30                                  | 0,53                               | 1,4                 | 0,5         | 56,72             | 100         | 36,3                     | 35-60                                          |
| NO. 200                                 | 0,074                              | 1,4                 | 0,5         | 6,32              | 100         | 6,1                      | 6-10                                           |
| Jumlah Luas Permukaan Agregat (M2 / Kg) |                                    |                     |             |                   |             |                          |                                                |
| PERBANDINGAN                            |                                    | CAMPURAN<br>AGREGAT | CA          | BP 10 - 20 mm     | 10,0%       |                          |                                                |
|                                         |                                    |                     | MA          | BP 05 - 10 mm     | 28,0%       |                          |                                                |
|                                         |                                    |                     | ABU BATU    | BP 0 - 05 mm      | 60,0%       |                          |                                                |
|                                         |                                    |                     | FF          | FILLER            | 2,00%       |                          |                                                |
| TOTAL ( % )                             |                                    |                     |             |                   |             | 100%                     |                                                |



## Lampiran 2. Berat Jenis dan Penyerapan

| CA (15 - 20 mm)                        |           |        |           |
|----------------------------------------|-----------|--------|-----------|
| Jenis Pemeriksaan                      | Percobaan |        | Rata-rata |
|                                        | 1         | 2      |           |
| Benda uji (kerikil) direndam (24 jam)  |           |        |           |
| Berat benda uji kering oven, gram (Bk) | 996,56    | 997,54 | 997,05    |
| Berat benda uji (SSD), gram (Bj)       | 1000      | 1000   | 1000      |
| Berat benda uji dalam air, gram (Ba)   | 625,65    | 628,97 | 627,31    |

| Jenis Pengujian                                                        | 1     | 2     | Rata-rata | Syarat         |
|------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-----------|----------------|
| a. Berat Jenis ( <i>bulk specific gravity</i> )                        |       |       |           |                |
|                                                                        | 2,662 | 2,689 | 2,675     | $\geq 2,6/2,7$ |
| b. Berat kering permukaan jenuh ( <i>saturated surface dry</i> ) = SSD |       |       |           |                |
|                                                                        | 2,671 | 2,695 | 2,683     | $\geq 2,6/2,7$ |
| c. Berat jenis semu ( <i>apparent specific gravity</i> )               |       |       |           |                |
|                                                                        | 2,687 | 2,707 | 2,697     | $\geq 2,6/2,7$ |
| d. Penyerapan                                                          |       |       |           |                |
|                                                                        | 0,345 | 0,247 | 0,296     | $\leq 3\%$     |

| MA (10 - 15 mm)                        |           |        |           |
|----------------------------------------|-----------|--------|-----------|
| Jenis Pemeriksaan                      | Percobaan |        | Rata-rata |
|                                        | 1         | 2      |           |
| Benda uji (kerikil) direndam (24 jam)  |           |        |           |
| Berat benda uji kering oven, gram (Bk) | 996,56    | 997,98 | 997,27    |
| Berat benda uji (SSD), gram (Bj)       | 1000      | 1000   | 1000      |
| Berat benda uji dalam air, gram (Ba)   | 623,98    | 624,65 | 624,32    |

| Jenis Pengujian                                                        | 1     | 2     | Rata-rata | Syarat         |
|------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-----------|----------------|
| a. Berat Jenis ( <i>bulk specific grvity</i> )                         |       |       |           |                |
|                                                                        | 2,650 | 2,659 | 2,655     | $\geq 2,6/2,7$ |
| b. Berat kering permukaan jenuh ( <i>saturated surface dry</i> ) = SSD |       |       |           |                |
|                                                                        | 2,659 | 2,664 | 2,662     | $\geq 2,6/2,7$ |
| c. Berat jenis semu ( <i>apparent specific gravity</i> )               |       |       |           |                |
|                                                                        | 2,675 | 2,673 | 2,674     | $\geq 2,6/2,7$ |
| d. Penyerapan                                                          |       |       |           |                |
|                                                                        | 0,345 | 0,202 | 0,274     | $\leq 3\%$     |



| Abu Batu                                                 |           |       |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------|
| Jenis Pemeriksaan                                        | Percobaan |       | Rata-rata |
|                                                          | 1         | 2     |           |
| Benda uji (kerikil) direndam (24 jam)                    |           |       |           |
| Berat benda uji kering permukaan jenuh, (500 gram)       | 500       | 500   | 500       |
| Berat piknometer diisi air (25°C), gram (B)              | 680,5     | 675   | 677,75    |
| Berat piknometer + benda uji SSD + air (25°C), gram (Bt) | 987       | 984   | 985,5     |
| Berat benda uji kering oven, gram (Bk)                   | 497,4     | 496,9 | 497,15    |

| Jenis Pengujian                                                        | 1     | 2     | Rata-rata | Syarat |
|------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-----------|--------|
| a. Berat Jenis ( <i>bulk specific gravity</i> )                        |       |       |           |        |
|                                                                        | 2,571 | 2,602 | 2,586     | ≥ 2,5  |
| b. Berat kering permukaan jenuh ( <i>saturated surface dry</i> ) = SSD |       |       |           |        |
|                                                                        | 2,584 | 2,618 | 2,601     | ≥ 2,5  |
| c. Berat jenis semu ( <i>apparent specific gravity</i> )               |       |       |           |        |
|                                                                        | 2,606 | 2,644 | 2,625     | ≥ 2,5  |
| d. Penyerapan                                                          |       |       |           |        |
|                                                                        | 0,523 | 0,624 | 0,573     | ≤ 3%   |

### Lampiran 3. Los Angles

| Uraian                                    | Berat  | Sat |
|-------------------------------------------|--------|-----|
| Berat agregat di awal (W1)                | 5000   | gr  |
| Berat dimasukkan kedalam mesin            | 5000   | gr  |
| Berat yang tertahan di ayakan No. 12 (W2) | 3374   | gr  |
| Berat yang lolos ke Pan                   | 1512,5 | gr  |
| % Keausan agregat                         | 32,52  | %   |

Sebelum Dilakukan Pengujian Los Angeles

| No Saringan   | Berat Sebelum (gr) |
|---------------|--------------------|
| 3/4           | 2500               |
| 1/2           | 2500               |
| <b>Jumlah</b> | 5000               |

Setelah Dilakukan Pengujian Los Angeles

| No. Saringan  | Berat Sesudah (gr) |
|---------------|--------------------|
| No. 12        | 3374,0             |
| Pan           | 1512,5             |
| <b>Jumlah</b> | 4886,5             |

### Lampiran 4. Titik Lembek

| No | Suhu yang diamati |      | Waktu (detik) |     | Titik lembek (°C) |    | Titik lembek rata - rata (°C) |
|----|-------------------|------|---------------|-----|-------------------|----|-------------------------------|
|    | °C                | °F   | I             | II  | I                 | II |                               |
| 1  | 5                 | 41   | -             | -   |                   |    |                               |
| 2  | 10                | 50   | 349           | 339 |                   |    |                               |
| 3  | 15                | 59   | 199           | 185 |                   |    |                               |
| 4  | 20                | 68   | 255           | 281 |                   |    |                               |
| 5  | 25                | 77   | 253           | 175 |                   |    |                               |
| 6  | 30                | 86,6 | 276           | 280 |                   |    |                               |
| 7  | 35                | 95   | 284           | 266 |                   |    |                               |
| 8  | 40                | 104  | 340           | 350 |                   |    |                               |
| 9  | 45                | 113  | 260           | 263 | 45                | 45 | 45                            |

**Lampiran 5. Penetrasi**

| Pemeriksaan penetrasi pada 25°C<br>100 gram, 5 detik |   | Sampel 1 | Suhu | Sampel 2 | Suhu |
|------------------------------------------------------|---|----------|------|----------|------|
| Pengamatan                                           | 1 | 67       | 25,1 | 66       | 25,3 |
|                                                      | 2 | 69       | 25,1 | 52       | 25,9 |
|                                                      | 3 | 65       | 25,1 | 68       | 25,1 |
|                                                      | 4 | 73       | 25   | 67       | 25,1 |
|                                                      | 5 | 67       | 25,1 | 69       | 25,1 |
|                                                      | 6 | 68       | 25,1 | 66       | 25,3 |
| Rata - rata                                          |   | 68,17    |      | 64,67    |      |
| Rata - rata penetrasi                                |   | 66,42    |      |          |      |
| Penetrasi rata - rata =...(0,01 mm)                  |   | 0,66     |      |          |      |



Lampiran 6. Proporsi Prakiraan HRS - WC

HRS WC

Tahun

:

2026

|                    |           |       |     | PROPORSI CAMPURAN |  |  |                             | VARIASI CAMPURAN AGGREGATE |    |     |    |   |       |     |      |    | VARIASI KADAR ASPAL<br>(AGGREGATE STOCK PILE) |    |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-----------|-------|-----|-------------------|--|--|-----------------------------|----------------------------|----|-----|----|---|-------|-----|------|----|-----------------------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                    |           |       |     |                   |  |  | Optimum<br>Rencana<br>(HRS) | I                          | II | III | IV | V | VI    | VII | VIII | IX | X                                             | XI | XII   | XIII  | XIV   | XV    | XVI   |       |       |
|                    |           |       |     |                   |  |  |                             |                            |    |     |    |   |       |     |      |    |                                               |    |       |       |       |       |       |       |       |
| AGGREGATE          | DATA LAB. |       | FCA |                   |  |  | 34,1                        |                            |    |     |    |   | 35,8  |     |      |    |                                               |    | 34,4  | 36,0  | 35,6  | 35,6  | 35,5  | 35,3  | 35,1  |
|                    |           |       | FFA |                   |  |  |                             |                            |    |     |    |   |       |     |      |    |                                               |    | 60,0  | 58,4  | 58,9  | 58,9  | 59,1  | 59,3  | 59,5  |
|                    |           |       | FF  |                   |  |  |                             |                            |    |     |    |   |       |     |      |    |                                               |    |       | 5,6   | 5,5   | 5,5   | 5,5   | 5,4   | 5,4   |
|                    | <#8       | <#200 |     |                   |  |  |                             |                            |    |     |    |   |       |     |      |    |                                               |    |       |       |       |       |       |       |       |
| Coarse Agg.        | 1,40      | 1,40  | A   |                   |  |  | 9,50%                       |                            |    |     |    |   | 10,0% |     |      |    |                                               |    | 9,6%  | 9,6%  | 9,5%  | 9,5%  | 9,4%  | 9,4%  | 9,3%  |
| Medium Agg.        | 7,20      | 0,50  | B   |                   |  |  | 26,6%                       |                            |    |     |    |   | 28,0% |     |      |    |                                               |    | 26,9% | 26,7% | 26,6% | 26,5% | 26,3% | 26,2% | 26,0% |
| Abu batu.          | 83,40     | 6,32  | C   |                   |  |  | 57,0%                       |                            |    |     |    |   | 60,0% |     |      |    |                                               |    | 57,6% | 57,3% | 57,0% | 56,7% | 56,4% | 56,1% | 55,8% |
| Filler             | 100       | 100   | D   |                   |  |  | 1,9%                        |                            |    |     |    |   | 2,0%  |     |      |    |                                               |    | 1,9%  | 1,9%  | 1,9%  | 1,9%  | 1,9%  | 1,9%  | 1,9%  |
| -                  |           |       |     |                   |  |  | 5%                          |                            |    |     |    |   |       |     |      |    |                                               |    | 4,0%  | 4,5%  | 5,0%  | 5,5%  | 6,0%  | 6,5%  | 7,0%  |
| KADAR ASPAL :      |           | (%)   |     |                   |  |  | 100%                        |                            |    |     |    |   |       |     |      |    |                                               |    |       |       |       |       |       |       |       |
| Kumulatif Campuran |           |       |     |                   |  |  |                             |                            |    |     |    |   |       |     |      |    |                                               |    |       |       |       |       |       |       |       |
|                    |           |       |     |                   |  |  |                             |                            |    |     |    |   |       |     |      |    |                                               |    |       |       |       |       |       |       |       |

Keterangan

# Perkiraan Awal Kadar Aspal Rencana

#Dari Gradasi Agregat Gabungan

Fraksi CA

Fraksi FA

Filler

35,8

58,4

5,8

:0.035(Fraksi CA) . 0.045(% Fraksi FA). 0.18 (%Filler).Konstanta

:Nilai Konstanta untuk Lataston (HRS) adalah 0,5 s/d 1.0

0,035(41,6).0,045 (53,1).0,18 (5,3).1

Dibulatkan Sampai Desimal (0,5) terdekat

6

5%

#Variasi Kadar Aspal adalah Tiga Kadar Aspal di atas dan Dua Kadar Aspal di Bawah Kadar Aspal Perkiraan yang sudah dibulatkan sampai 0,5% terdekat

**Lampiran 7. Proporsi Aspal HRS - WC Tanpa Plastik *Multilayer***

|                     |          |               |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------------|----------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Berat sampel        |          | Gram          | 1200   | 1200   | 1200   | 1200   | 1200   | 1200   | 1200   |
| Kadar aspal         |          | (%)           | 4%     | 4,5%   | 5,0%   | 5,5%   | 6,0%   | 6,5%   | 7,0%   |
| Berat aspal         |          | Gram          | 48     | 54     | 60     | 66     | 72     | 78     | 84     |
| Berat agregat       |          | Gram          | 1152   | 1146   | 1140   | 1134   | 1128   | 1122   | 1116   |
| Saringan            |          | (% ) Tertahan | I      | II     | III    | IV     | V      | VI     | VII    |
| Lolos               | Tertahan |               |        |        |        |        |        |        |        |
| 1"                  | 3/4"     | 0,00          | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 3/4"                | 1/2"     | 9,61          | 110,72 | 110,14 | 109,57 | 108,99 | 108,41 | 107,84 | 107,26 |
| 1/2"                | 3/8"     | 12,51         | 144,09 | 143,34 | 142,59 | 141,84 | 141,09 | 140,34 | 139,59 |
| 3/8"                | No. 8    | 23,69         | 272,85 | 271,43 | 270,01 | 268,59 | 267,17 | 265,75 | 264,32 |
| No. 8               | No. 30   | 17,88         | 206,02 | 204,95 | 203,88 | 202,80 | 201,73 | 200,66 | 199,59 |
| No. 30              | No. 200  | 30,24         | 348,36 | 346,55 | 344,74 | 342,92 | 341,11 | 339,29 | 337,48 |
| No. 200             | Pan      | 6,07          | 69,95  | 69,59  | 69,22  | 68,86  | 68,49  | 68,13  | 67,76  |
| Total berat agregat |          |               | 1152   | 1146   | 1140   | 1134   | 1128   | 1122   | 1116   |



**Lampiran 8. Bitumen Tanpa Campuran Plastik *Multilayer***

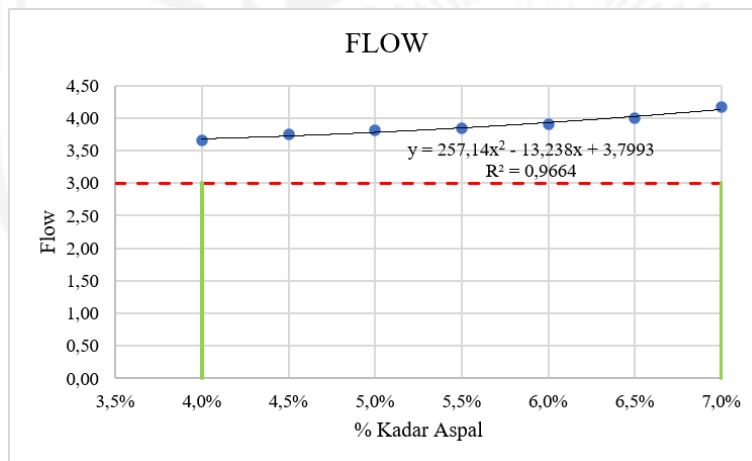
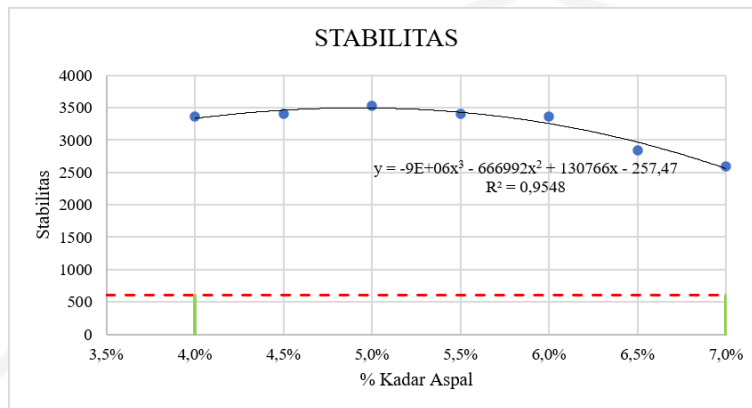
| BENDA UJI HASIL MARSHALL |                |              |               |        |                 |               |                |               |                       |               |                    |      |           |            |           |                        |
|--------------------------|----------------|--------------|---------------|--------|-----------------|---------------|----------------|---------------|-----------------------|---------------|--------------------|------|-----------|------------|-----------|------------------------|
| NOMOR<br>BENDA<br>UJI    | KADAR<br>ASPAL | DIAME<br>TER | RATA-<br>RATA | TINGGI | BERAT<br>KERING | RATA-<br>RATA | BERAT<br>JENUH | RATA-<br>RATA | BERAT<br>DALAM<br>AIR | RATA-<br>RATA | HASIL UJI MARSHALL |      |           |            |           | KORELASI<br>STABILITAS |
|                          | (%)            | (cm)         | (cm)          | (mm)   | (gr)            | (gr)          | (gr)           | (gr)          | (gr)                  | (gr)          | FLOW               | MQ   | RATA-RATA | STABILITAS | RATA-RATA | VOLUME                 |
| 1                        | 4,0%           | 10           | 10            | 66,5   | 1192,00         | 1190,67       | 1200,50        | 1198,00       | 682,13                | 681,45        | 368                | 3,68 | 3,65      | 85         | 82,00     | 0,89                   |
|                          |                |              |               | 66,4   | 1189,50         |               | 1196,00        |               | 681,23                |               | 361                | 3,61 |           | 81         |           | 0,89                   |
|                          |                |              |               | 67,1   | 1190,50         |               | 1197,50        |               | 680,98                |               | 366                | 3,66 |           | 80         |           | 0,86                   |
| 2                        | 4,5%           | 10           | 10            | 68,0   | 1191,00         | 1185,17       | 1198,00        | 1192,17       | 679,45                | 678,15        | 375                | 3,75 | 3,76      | 83         | 82,33     | 0,87                   |
|                          |                |              |               | 64,5   | 1177,50         |               | 1184,50        |               | 677,87                |               | 377                | 3,77 |           | 85         |           | 0,90                   |
|                          |                |              |               | 65,7   | 1187,00         |               | 1194,00        |               | 677,12                |               | 375                | 3,75 |           | 79         |           | 0,90                   |
| 3                        | 5,0%           | 10           | 10            | 64,7   | 1190,50         | 1191,33       | 1197,50        | 1198,33       | 681,29                | 681,78        | 380                | 3,80 | 3,81      | 83         | 84,67     | 0,89                   |
|                          |                |              |               | 65,1   | 1194,00         |               | 1201,00        |               | 683,28                |               | 384                | 3,84 |           | 86         |           | 0,91                   |
|                          |                |              |               | 65,5   | 1189,50         |               | 1196,50        |               | 680,78                |               | 379                | 3,79 |           | 85         |           | 0,89                   |
| 4                        | 5,5%           | 10           | 10            | 65,0   | 1185,50         | 1187,33       | 1193,10        | 1194,20       | 679,29                | 679,57        | 381                | 3,81 | 3,85      | 77         | 79,00     | 0,89                   |
|                          |                |              |               | 63,9   | 1188,00         |               | 1194,40        |               | 678,23                |               | 385                | 3,85 |           | 81         |           | 0,92                   |
|                          |                |              |               | 63,6   | 1188,50         |               | 1195,10        |               | 681,19                |               | 388                | 3,88 |           | 79         |           | 0,97                   |
| 5                        | 6,0%           | 10           | 10            | 63,5   | 1198,00         | 1197,67       | 1207,00        | 1207,33       | 687,12                | 688,37        | 392                | 3,92 | 3,90      | 77         | 76,00     | 0,95                   |
|                          |                |              |               | 63,2   | 1196,00         |               | 1206,00        |               | 689,23                |               | 389                | 3,89 |           | 78         |           | 0,96                   |
|                          |                |              |               | 64,3   | 1199,00         |               | 1209,00        |               | 688,76                |               | 390                | 3,90 |           | 73         |           | 0,95                   |
| 6                        | 6,5%           | 10           | 10            | 63,5   | 1192,00         | 1191,00       | 1197,11        | 1197,40       | 681,20                | 681,70        | 381                | 3,81 | 3,99      | 75         | 64,67     | 0,95                   |
|                          |                |              |               | 64,2   | 1190,50         |               | 1197,40        |               | 683,90                |               | 379                | 3,79 |           | 60         |           | 0,94                   |
|                          |                |              |               | 64,0   | 1190,50         |               | 1197,70        |               | 680,00                |               | 438                | 4,38 |           | 59         |           | 0,96                   |
| 7                        | 7,0%           | 10           | 10            | 64,3   | 1188,50         | 1190,33       | 1194,70        | 1195,90       | 671,30                | 679,57        | 398                | 3,98 | 4,16      | 59         | 59,00     | 0,94                   |
|                          |                |              |               | 63,5   | 1191,50         |               | 1195,80        |               | 687,80                |               | 465                | 4,65 |           | 56         |           | 0,95                   |
|                          |                |              |               | 64,0   | 1191,00         |               | 1197,20        |               | 679,60                |               | 386                | 3,86 |           | 62         |           | 0,96                   |

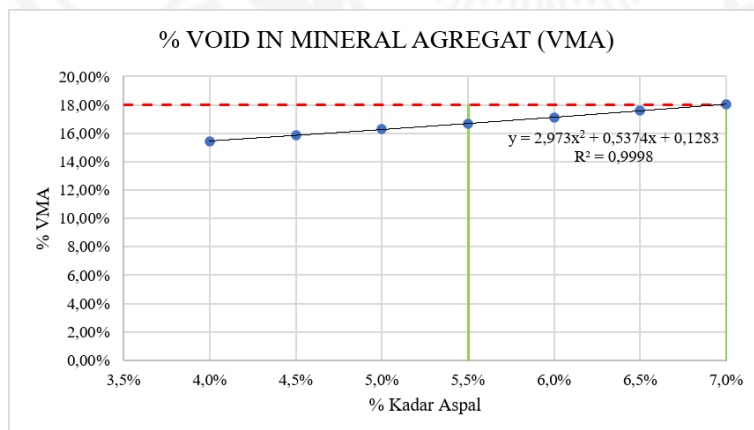
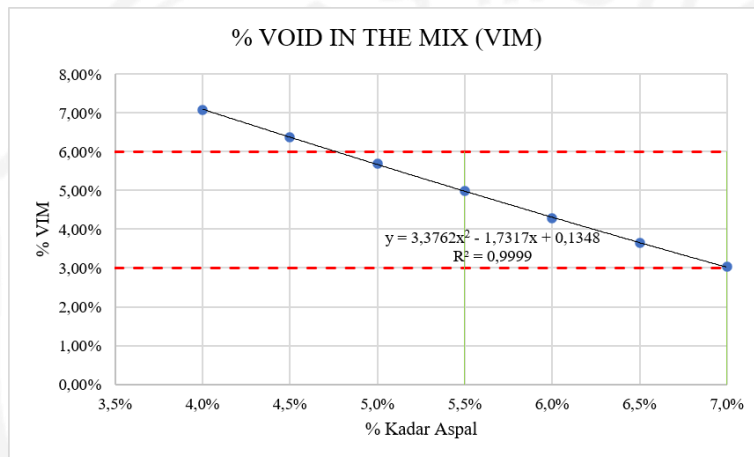
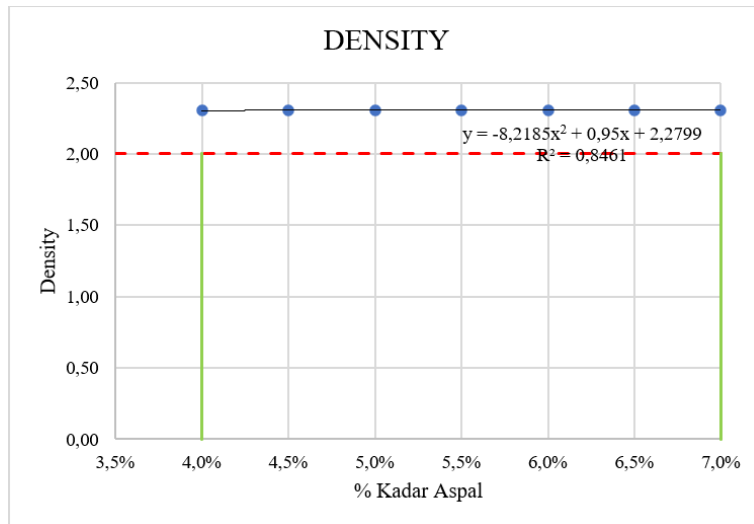
## Lampiran 9. Hasil Pengujian Marshall Benda Uji Standart

| KARAKTERISTIK CAMPURAN DENGAN METODE MARSHALL ( HRS-WC ) |                     |                                                 |                  |                      |               |               |                  |                              |                                                        |                             |                         |                                                                  |                         |                             |
|----------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------|------------------|----------------------|---------------|---------------|------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| MATERIAL                                                 |                     | Berat Jenis                                     | Berat Jenis Bulk | PROPORSI DI COLD BIN |               |               |                  |                              |                                                        |                             |                         |                                                                  |                         |                             |
|                                                          |                     |                                                 |                  | 100% Agregat         |               |               |                  |                              |                                                        |                             |                         |                                                                  |                         |                             |
| a. Coarse Agregat                                        |                     | 2,68                                            | 2,70             | 10,0%                |               | Gsb           | =                | 2,62                         |                                                        |                             |                         |                                                                  |                         |                             |
| b. Medium Agregat                                        |                     | 2,65                                            | 2,67             | 28,0%                |               | Gsa           | =                | 2,65                         |                                                        |                             |                         |                                                                  |                         |                             |
| c. Fine Agregat                                          |                     | 2,59                                            | 2,63             | 60,0%                |               | Gse           | =                | 2,63                         |                                                        |                             |                         |                                                                  |                         |                             |
| d. Cement                                                |                     | 2,77                                            | 2,77             | 2,0%                 |               | Ps            | =                | 0,96                         | 0,955                                                  | 0,95                        | 0,945                   | 0,94                                                             |                         |                             |
| e. Asphalt (T)                                           |                     | 1,04                                            | 1,04             | 0%                   |               |               |                  |                              |                                                        | 100,00                      |                         |                                                                  |                         |                             |
|                                                          |                     |                                                 |                  |                      |               |               |                  |                              |                                                        | 100%                        | 10,00                   |                                                                  |                         |                             |
| Nomor Sampel Bitumen                                     | Kadar Aspal (%)     | Berat Jenis Maksimum Campuran                   | Berat Contoh     |                      |               | Volume Contoh | BJ Bulk Campuran | % Rongga                     |                                                        |                             | Stabilitas (kg)         |                                                                  | Data Uji Flow           | Hasil Bagi Marshall (kg/mm) |
|                                                          |                     |                                                 | Di Udara         | Di Dalam Air         | SSD           |               |                  | Rongga Dalam Campuran (VIM)  | Rongga Terhadap Agregat (VMA)                          | Rongga Terhadap Aspal (VFA) | Dibaca                  | Disesuaikan                                                      |                         |                             |
|                                                          | A                   | B                                               | C                | D                    | E             | F             | G                | H                            | I                                                      | J                           | K                       | L                                                                | M                       | N                           |
| Data dari Lab                                            | Berat Total Campuan | $\frac{100}{\frac{100 - A}{Gse} + \frac{A}{T}}$ | Data dari Lab    | Data dari Lab        | Data dari Lab | $G - F$       | $\frac{E}{H}$    | $\frac{B - G \times 100}{B}$ | $100 - \left( \frac{100 - Pb \times Gmb}{Gsb} \right)$ | $\frac{100x(I - H)}{I}$     | Data (Dibaca) dari Lab. | $P \times Prov. Ring \times \frac{Angka Koreksi Volume}{Volume}$ | Data (Dibaca) dari Lab. | $\frac{Q}{R}$               |
| 1                                                        | 4,0%                | 2,481                                           | 1192,00          | 682,13               | 1200,50       | 518,37        | 2,30             |                              |                                                        |                             | 85                      | 3518,12                                                          | 3,68                    | 956,01                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1189,50          | 681,23               | 1196,00       | 514,77        | 2,31             |                              |                                                        |                             | 81                      | 3358,83                                                          | 3,61                    | 930,42                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1190,50          | 680,98               | 1197,50       | 516,52        | 2,30             |                              |                                                        |                             | 80                      | 3195,07                                                          | 3,66                    | 872,97                      |
|                                                          |                     |                                                 | Rata-rata :      | 1190,67              | 681,45        | 1198,00       | 516,55           | 2,31                         | 7,1%                                                   | 15,45%                      | 54,14%                  | 82,00                                                            | 3357,34                 | 3,65                        |
| 2                                                        | 4,5%                | 2,463                                           | 1191,00          | 679,45               | 1198,00       | 518,55        | 2,30             |                              |                                                        |                             | 83                      | 3361,46                                                          | 3,75                    | 896,39                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1177,50          | 677,87               | 1184,50       | 506,63        | 2,32             |                              |                                                        |                             | 85                      | 3539,93                                                          | 3,77                    | 938,97                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1187,00          | 677,12               | 1194,00       | 516,88        | 2,30             |                              |                                                        |                             | 79                      | 3306,47                                                          | 3,75                    | 881,73                      |
|                                                          |                     |                                                 | Rata-rata :      | 1185,17              | 678,15        | 1192,17       | 514,02           | 2,31                         | 6,4%                                                   | 15,86%                      | 59,76%                  | 82,33                                                            | 3402,62                 | 3,76                        |
| 3                                                        | 5,0%                | 2,446                                           | 1190,50          | 681,29               | 1197,50       | 516,21        | 2,31             |                              |                                                        |                             | 83                      | 3447,93                                                          | 3,80                    | 907,35                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1194,00          | 683,28               | 1201,00       | 517,72        | 2,31             |                              |                                                        |                             | 86                      | 3627,74                                                          | 3,84                    | 944,72                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1189,50          | 680,78               | 1196,50       | 515,72        | 2,31             |                              |                                                        |                             | 85                      | 3500,45                                                          | 3,79                    | 923,60                      |
|                                                          |                     |                                                 | Rata-rata :      | 1191,33              | 681,78        | 1198,33       | 516,55           | 2,31                         | 5,7%                                                   | 16,28%                      | 65,05%                  | 84,67                                                            | 3525,37                 | 3,81                        |
| 4                                                        | 5,5%                | 2,428                                           | 1185,50          | 679,29               | 1193,10       | 513,81        | 2,31             |                              |                                                        |                             | 77                      | 3190,61                                                          | 3,81                    | 837,43                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1188,00          | 678,23               | 1194,40       | 516,17        | 2,30             |                              |                                                        |                             | 81                      | 3474,81                                                          | 3,85                    | 902,55                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1188,50          | 681,19               | 1195,10       | 513,91        | 2,31             |                              |                                                        |                             | 79                      | 3546,47                                                          | 3,88                    | 914,04                      |
|                                                          |                     |                                                 | Rata-rata :      | 1187,33              | 679,57        | 1194,20       | 514,63           | 2,31                         | 5,0%                                                   | 16,69%                      | 70,13%                  | 79,00                                                            | 3403,96                 | 3,85                        |
| 5                                                        | 6,0%                | 2,411                                           | 1198,00          | 687,12               | 1207,00       | 519,88        | 2,30             |                              |                                                        |                             | 77                      | 3397,09                                                          | 3,92                    | 866,60                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1196,00          | 689,23               | 1206,00       | 516,77        | 2,31             |                              |                                                        |                             | 78                      | 3463,84                                                          | 3,89                    | 890,45                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1199,00          | 688,76               | 1209,00       | 520,24        | 2,30             |                              |                                                        |                             | 73                      | 3223,44                                                          | 3,90                    | 826,52                      |
|                                                          |                     |                                                 | Rata-rata :      | 1197,67              | 688,37        | 1207,33       | 518,96           | 2,31                         | 4,3%                                                   | 17,11%                      | 74,94%                  | 76,00                                                            | 3361,46                 | 3,90                        |
| 4                                                        | 6,5%                | 2,394                                           | 1190,50          | 681,20               | 1197,11       | 515,91        | 2,31             |                              |                                                        |                             | 75                      | 3308,85                                                          | 3,81                    | 868,46                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1190,50          | 683,90               | 1197,40       | 513,50        | 2,32             |                              |                                                        |                             | 60                      | 2608,77                                                          | 3,79                    | 688,33                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1188,50          | 680,00               | 1197,70       | 517,70        | 2,30             |                              |                                                        |                             | 59                      | 2623,51                                                          | 4,38                    | 598,98                      |
|                                                          |                     |                                                 | Rata-rata :      | 1189,83              | 681,70        | 1197,40       | 515,70           | 2,31                         | 3,6%                                                   | 17,57%                      | 79,28%                  | 64,67                                                            | 2847,04                 | 3,99                        |
| 5                                                        | 7,0%                | 2,378                                           | 1188,50          | 671,30               | 1194,70       | 523,40        | 2,27             |                              |                                                        |                             | 59                      | 2563,58                                                          | 3,98                    | 644,11                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1191,50          | 687,80               | 1195,80       | 508,00        | 2,35             |                              |                                                        |                             | 56                      | 2472,23                                                          | 4,65                    | 531,66                      |
|                                                          |                     |                                                 | 1191,00          | 679,60               | 1197,20       | 517,60        | 2,30             |                              |                                                        |                             | 62                      | 2756,91                                                          | 3,86                    | 714,23                      |
| Rata-rata :                                              |                     |                                                 | 1190,33          | 679,57               | 1195,90       | 516,33        | 2,31             | 3,0%                         | 18,07%                                                 | 83,21%                      | 59,00                   | 2597,57                                                          | 4,16                    | 630,00                      |

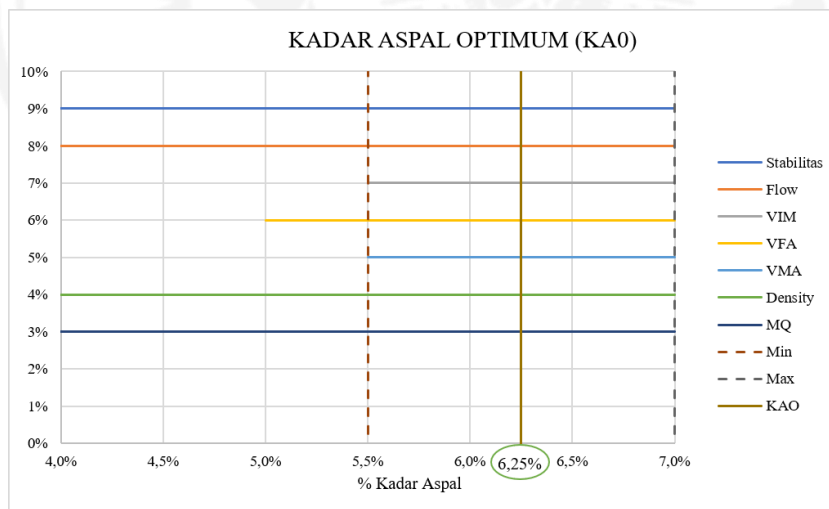
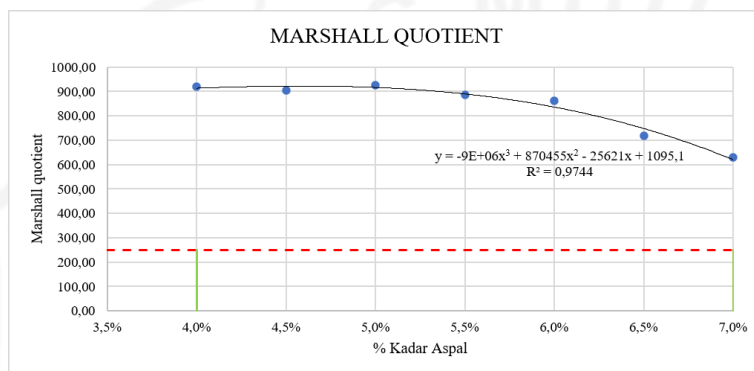
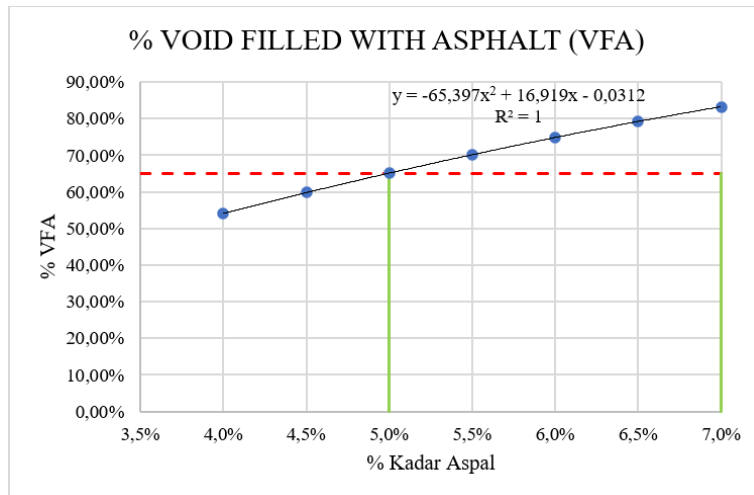
### Lampiran 10. Grafik Hasil *Marshall* Standar

| Prosentase Aspal | Flow | Stabilitas | Density | VIM       | VFA    | VMA    | MQ     |
|------------------|------|------------|---------|-----------|--------|--------|--------|
|                  | M    | L          | G       | H         | J      | I      | N      |
|                  | >3,0 | >600       | >2,00   | 3,0 - 6,0 | >68    | >18    | >250   |
| 4,0%             | 3,65 | 3357       | 2,31    | 7,09%     | 54,14% | 15,45% | 919,80 |
| 4,5%             | 3,76 | 3403       | 2,31    | 6,38%     | 59,76% | 15,86% | 905,70 |
| 5,0%             | 3,81 | 3525       | 2,31    | 5,69%     | 65,05% | 16,28% | 925,23 |
| 5,5%             | 3,85 | 3404       | 2,31    | 4,99%     | 70,13% | 16,69% | 884,67 |
| 6,0%             | 3,90 | 3361       | 2,31    | 4,29%     | 74,94% | 17,11% | 861,19 |
| 6,5%             | 3,99 | 2847       | 2,31    | 3,64%     | 79,28% | 17,57% | 718,59 |
| 7,0%             | 4,16 | 2598       | 2,31    | 3,03%     | 83,21% | 18,07% | 630,00 |









**Lampiran 11.** Proporsi HRS - WC Menggunakan Plastik *Multilayer*

|                     |          |              |        |        |        |        |        |
|---------------------|----------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Berat sampel        |          | Gram         | 1200   | 1200   | 1200   | 1200   | 1200   |
| Kadar aspal         |          | (%)          | 6,25%  | 6,25%  | 6,25%  | 6,25%  | 6,25%  |
| Berat aspal         |          | Gram         | 75     | 75     | 75     | 75     | 75     |
| Berat agregat       |          | Gram         | 1125   | 1125   | 1125   | 1125   | 1125   |
| Kadar Plastik       |          | (%)          | 2%     | 4%     | 6%     | 8%     | 10%    |
| Berat Plastik       |          | Gram         | 22,5   | 45     | 67,5   | 90     | 112,5  |
| Penambahan Plastik  |          | Gram         | 1103   | 1080   | 1058   | 1035   | 1013   |
| Saringan            |          | (%) Tertahan | I      | II     | III    | IV     | V      |
| Lolos               | Tertahan |              |        |        |        |        |        |
| 1"                  | 3/4"     | 0,00         | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 3/4"                | 1/2"     | 9,61         | 105,96 | 103,80 | 101,64 | 99,47  | 97,31  |
| 1/2"                | 3/8"     | 12,51        | 137,90 | 135,09 | 132,27 | 129,46 | 126,64 |
| 3/8"                | No. 8    | 23,69        | 261,13 | 255,80 | 250,47 | 245,14 | 239,81 |
| No. 8               | No. 30   | 17,88        | 197,17 | 193,15 | 189,12 | 185,10 | 181,08 |
| No. 30              | No. 200  | 30,24        | 333,40 | 326,59 | 319,79 | 312,98 | 306,18 |
| No. 200             | Pan      | 6,07         | 66,94  | 65,58  | 64,21  | 62,85  | 61,48  |
| Total berat agregat |          |              | 1103   | 1080   | 1058   | 1035   | 1013   |



**Lampiran 12.** Bitumen Dengan Campuran Plastik *Multilayer*

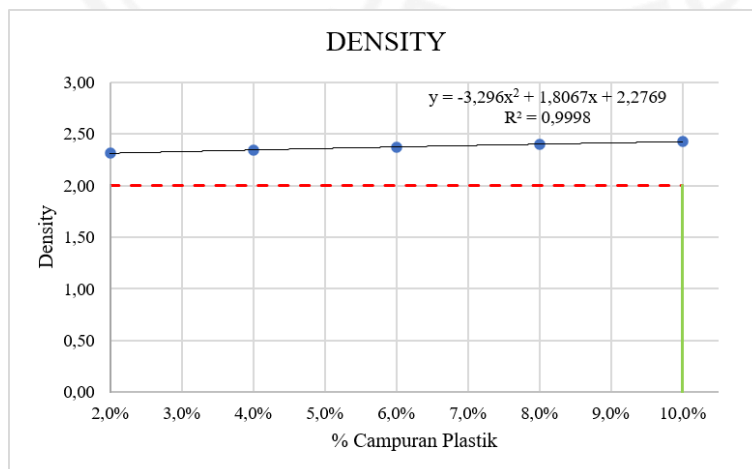
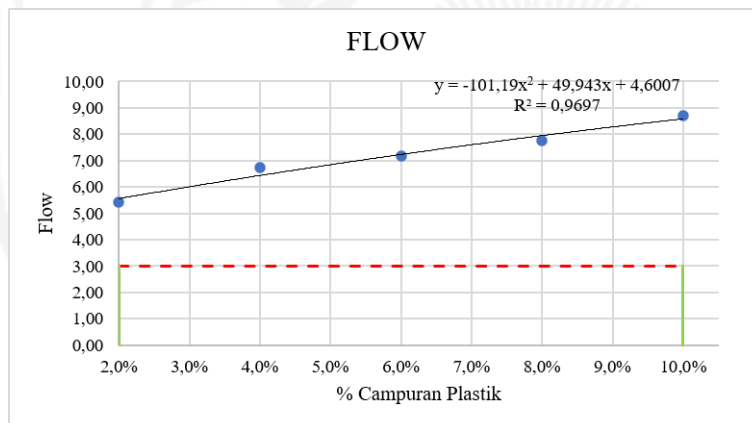
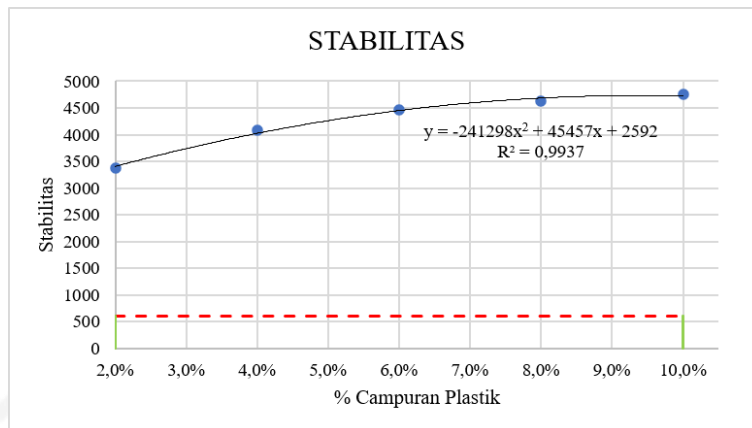
| BENDA UJI HASIL MARSHALL |                |                  |          |               |        |                 |               |                |               |                       |               |                    |       |               |            |           |                        |
|--------------------------|----------------|------------------|----------|---------------|--------|-----------------|---------------|----------------|---------------|-----------------------|---------------|--------------------|-------|---------------|------------|-----------|------------------------|
| NOMOR<br>BENDA<br>UJI    | KADAR<br>ASPAL | KADAR<br>PLASTIK | DIAMETER | RATA-<br>RATA | TINGGI | BERAT<br>KERING | RATA-<br>RATA | BERAT<br>JENUH | RATA-<br>RATA | BERAT<br>DALAM<br>AIR | RATA-<br>RATA | HASIL UJI MARSHALL |       |               |            |           | KORELASI<br>STABILITAS |
|                          | (%)            | (%)              | (cm)     | (cm)          | (mm)   | (gr)            | (gr)          | (gr)           | (gr)          | (gr)                  | (gr)          | FLOW               | MQ    | RATA-<br>RATA | STABILITAS | RATA-RATA | VOLUME                 |
| 1                        | 6,25%          | 2%               | 10       | 10            | 66,0   | 1189,50         | 1191,17       | 1196,90        | 1200,40       | 682,40                | 685,17        | 521                | 5,21  | 5,42          | 84         | 84,33     | 0,91                   |
|                          |                |                  |          |               | 67,7   | 1191,50         |               | 1200,60        |               | 685,80                |               | 576                | 5,76  |               | 93         |           | 0,87                   |
|                          |                |                  |          |               | 69,9   | 1192,50         |               | 1203,70        |               | 687,30                |               | 528                | 5,28  |               | 76         |           | 0,81                   |
|                          |                |                  |          |               | 69,3   | 1191,00         |               | 1204,40        |               | 681,50                |               |                    |       |               |            |           | 0,83                   |
| 2                        | 6,25%          | 4%               | 10       | 10            | 71,0   | 1188,50         | 1186,83       | 1200,20        | 1200,27       | 693,80                | 693,80        | 647                | 6,47  | 6,75          | 107        | 104,67    | 0,83                   |
|                          |                |                  |          |               | 71,5   | 1182,00         |               | 1198,30        |               | 691,70                |               | 685                | 6,85  |               | 104        |           | 0,82                   |
|                          |                |                  |          |               | 70,2   | 1190,00         |               | 1202,30        |               | 695,90                |               | 692                | 6,92  |               | 103        |           | 0,86                   |
|                          |                |                  |          |               | 68,7   | 1192,00         |               | 1202,10        |               | 692,40                |               |                    |       |               |            |           | 0,86                   |
| 3                        | 6,25%          | 6%               | 10       | 10            | 72,6   | 1186,50         | 1189,33       | 1201,60        | 1205,70       | 700,90                | 704,77        | 734                | 7,34  | 7,16          | 120        | 117,00    | 0,82                   |
|                          |                |                  |          |               | 71,6   | 1191,50         |               | 1205,40        |               | 707,60                |               | 684                | 6,84  |               | 117        |           | 0,83                   |
|                          |                |                  |          |               | 73,0   | 1190,00         |               | 1210,10        |               | 705,80                |               | 729                | 7,29  |               | 114        |           | 0,81                   |
|                          |                |                  |          |               | 72,0   | 1182,50         |               | 1202,30        |               | 703,80                |               |                    |       |               |            |           | 0,82                   |
| 4                        | 6,25%          | 8%               | 10       | 10            | 79,9   | 1189,50         | 1189,00       | 1215,60        | 1209,20       | 709,80                | 713,63        | 764                | 7,64  | 7,74          | 140        | 140,33    | 0,75                   |
|                          |                |                  |          |               | 78,1   | 1188,00         |               | 1201,60        |               | 714,60                |               | 437                | 4,37  |               | 139        |           | 0,75                   |
|                          |                |                  |          |               | 86,1   | 1189,50         |               | 1210,40        |               | 716,50                |               | 1121               | 11,21 |               | 142        |           | 0,64                   |
|                          |                |                  |          |               | 78,8   | 1183,00         |               | 1213,90        |               | 711,90                |               |                    |       |               |            |           | 0,74                   |
| 5                        | 6,25%          | 10%              | 10       | 10            | 90,4   | 1183,00         | 1185,00       | 1201,10        | 1204,13       | 717,90                | 715,40        | 870                | 8,70  | 8,70          | 165        | 167,67    | 0,65                   |
|                          |                |                  |          |               | 84,8   | 1185,00         |               | 1204,00        |               | 711,40                |               | 920                | 9,20  |               | 168        |           | 0,66                   |
|                          |                |                  |          |               | 86,2   | 1187,00         |               | 1207,30        |               | 716,90                |               | 820                | 8,20  |               | 170        |           | 0,52                   |
|                          |                |                  |          |               | 83,0   | 1185,50         |               | 1202,80        |               | 720,00                |               |                    |       |               |            |           | 0,72                   |

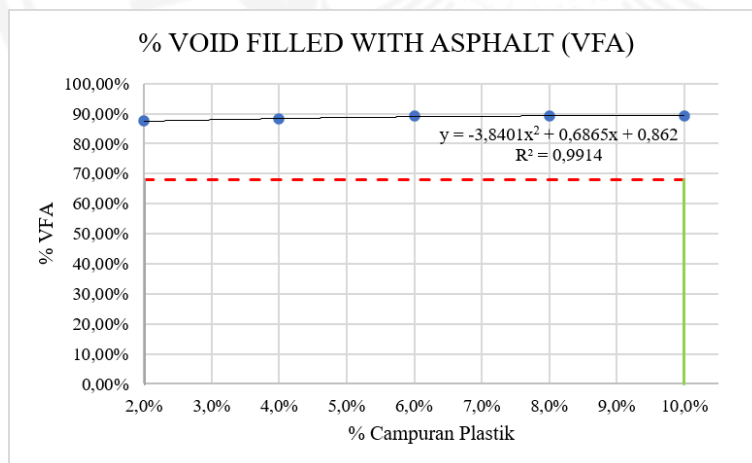
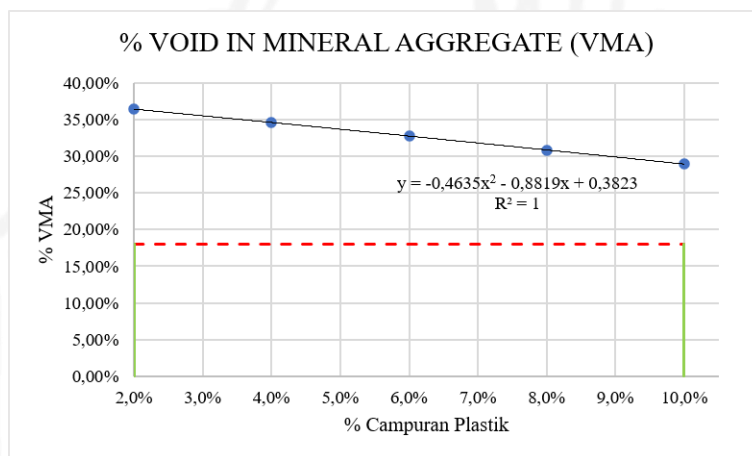
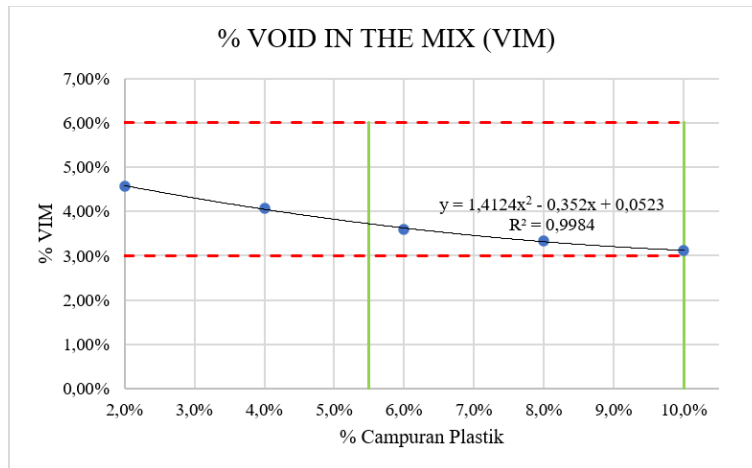
### Lampiran 13. Hasil Pengujian Marshall Dengan Plastik Multilayer

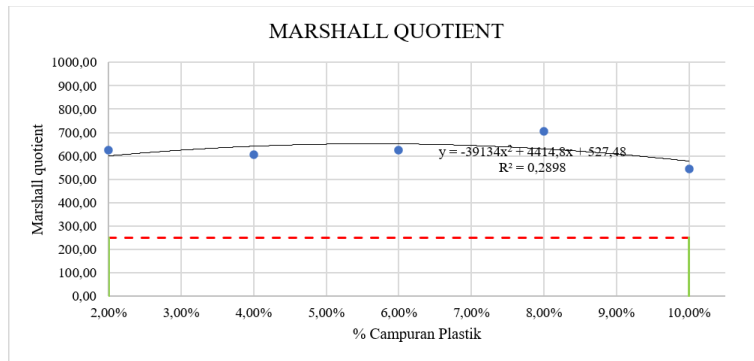
| KARAKTERISTIK CAMPURAN DENGAN METODE MARSHALL (HRS - WC) |                     |                        |                                                 |                      |               |               |               |                  |                              |                                                        |                             |                         |                                                   |                         |                             |
|----------------------------------------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------------------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| MATERIAL                                                 |                     | Berat Jenis            | Berat Jenis Bulk                                | PROPORSI DI COLD BIN |               |               |               |                  |                              |                                                        |                             |                         |                                                   |                         |                             |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 100% Agregat         |               |               |               |                  |                              |                                                        |                             |                         |                                                   |                         |                             |
| a. Coarse Agregat                                        |                     | 2,68                   | 2,70                                            | 10,0%                |               | Gsb           | =             | 2,62             |                              |                                                        |                             |                         |                                                   |                         |                             |
| b. Medium Agregat                                        |                     | 2,65                   | 2,67                                            | 28,0%                |               | Gsa           | =             | 2,65             |                              |                                                        |                             |                         |                                                   |                         |                             |
| c. Fine Agregat                                          |                     | 2,59                   | 2,63                                            | 60,0%                |               | Gsc           | =             | 2,63             |                              |                                                        |                             |                         |                                                   |                         |                             |
| d. Cement                                                |                     | 2,77                   | 2,77                                            | 2,0%                 |               | Ps            | =             | 0,95             |                              |                                                        |                             |                         |                                                   |                         |                             |
| e. Asphalt (T)                                           |                     | 1,04                   | 1,04                                            | 0%                   |               |               |               |                  |                              | 100,00                                                 |                             |                         |                                                   |                         |                             |
|                                                          |                     |                        |                                                 |                      |               |               |               |                  |                              | 100%                                                   | 10,00                       |                         |                                                   |                         |                             |
| Nomor Sampel Bitumen                                     | Kadar Aspal (%)     | Kadar Plastik (%)      | Berat Jenis Maksimum Campuran                   | Berat Contoh         |               |               | Volume Contoh | BJ Bulk Campuran | % Rongga                     |                                                        |                             | Stabilitas (kg)         |                                                   | Data Uji Flow           | Hasil Bagi Marshall (kg/mm) |
|                                                          | A                   | B                      | C                                               | Di Udara             | Di Dalam Air  | SSD           | G             | H                | Rongga Dalam Campuran (VIM)  | Rongga Terhadap Agregat (VMA)                          | Rongga Terhadap Aspal (VFA) | Dibaca                  | Disesuaikan                                       | N                       | O                           |
| Data dari Lab                                            | Berat Total Campuan | Berat Plastik Campuran | $\frac{100}{\frac{100 - A}{Gse} + \frac{A}{T}}$ | Data dari Lab        | Data dari Lab | Data dari Lab | $F - E$       | $\frac{D}{G}$    | $\frac{B - G \times 100}{B}$ | $100 - \left( \frac{100 - Pb \times Gmb}{Gsb} \right)$ | $\frac{100x(I - H)}{I}$     | Data (Dibaca) dari Lab. | $P \times Prov. Ring \times Angka Koreksi Volume$ | Data (Dibaca) dari Lab. | $\frac{Q}{R}$               |
| 1                                                        | 6,25%               | 2%                     | 2,423                                           | 1189,50              | 682,40        | 1196,90       | 514,50        | 2,31             |                              |                                                        |                             | 84,00                   | 3540,12                                           | 5,21                    | 679,49                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1191,50              | 685,80        | 1200,60       | 514,80        | 2,31             |                              |                                                        |                             | 93,00                   | 3735,87                                           | 5,76                    | 648,59                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1192,50              | 687,30        | 1203,70       | 516,40        | 2,31             |                              |                                                        |                             | 76,00                   | 2858,85                                           | 5,28                    | 541,45                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1191,00              | 681,50        | 1204,40       | 522,90        | 2,28             |                              |                                                        |                             |                         |                                                   |                         |                             |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1191,17              | 685,17        | 1200,40       | 515,23        | 2,31             | 4,6%                         | 36,44%                                                 | 87,44%                      | 84,33                   | 3378,28                                           | 5,42                    | 623,17                      |
| 2                                                        | 6,25%               | 4%                     | 2,443                                           | 1188,50              | 693,80        | 1200,20       | 506,40        | 2,35             |                              |                                                        |                             | 107                     | 4145,17                                           | 6,47                    | 640,68                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1182,00              | 691,70        | 1198,30       | 506,60        | 2,33             |                              |                                                        |                             | 104                     | 3956,38                                           | 6,85                    | 577,57                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1190,00              | 695,90        | 1202,30       | 506,40        | 2,35             |                              |                                                        |                             | 103                     | 4122,62                                           | 6,92                    | 595,75                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1192,00              | 692,40        | 1202,10       | 509,70        | 2,34             |                              |                                                        |                             |                         |                                                   |                         |                             |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1186,83              | 693,80        | 1200,27       | 506,47        | 2,34             | 4,1%                         | 34,63%                                                 | 88,25%                      | 104,67                  | 4074,73                                           | 6,75                    | 604,67                      |
| 3                                                        | 6,25%               | 6%                     | 2,463                                           | 1186,50              | 700,90        | 1201,60       | 500,70        | 2,37             |                              |                                                        |                             | 120                     | 4562,51                                           | 7,34                    | 621,59                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1191,50              | 707,60        | 1205,40       | 497,80        | 2,39             |                              |                                                        |                             | 117                     | 4498,47                                           | 6,84                    | 657,67                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1190,00              | 705,80        | 1210,10       | 504,30        | 2,36             |                              |                                                        |                             | 114                     | 4312,18                                           | 7,29                    | 591,52                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1182,50              | 703,80        | 1202,30       | 498,50        | 2,37             |                              |                                                        |                             |                         |                                                   |                         |                             |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1189,33              | 704,77        | 1205,70       | 500,93        | 2,37             | 3,6%                         | 32,77%                                                 | 89,03%                      | 117,00                  | 4457,72                                           | 7,16                    | 623,60                      |
| 4                                                        | 6,25%               | 8%                     | 2,483                                           | 1189,50              | 709,80        | 1215,60       | 505,80        | 2,35             |                              |                                                        |                             | 140                     | 4863,62                                           | 7,64                    | 636,60                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1188,00              | 714,60        | 1201,60       | 487,00        | 2,44             |                              |                                                        |                             | 139                     | 4814,47                                           | 4,37                    | 1101,71                     |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1189,50              | 716,50        | 1210,40       | 493,90        | 2,41             |                              |                                                        |                             | 142                     | 4195,74                                           | 11,21                   | 374,29                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1183,00              | 711,90        | 1213,90       | 502,00        | 2,36             |                              |                                                        |                             |                         |                                                   |                         |                             |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1189,00              | 713,63        | 1209,20       | 495,57        | 2,40             | 3,3%                         | 30,87%                                                 | 89,18%                      | 140,33                  | 4624,61                                           | 7,74                    | 704,20                      |
| 5                                                        | 6,25%               | 10%                    | 2,503                                           | 1183,00              | 717,90        | 1201,10       | 483,20        | 2,45             |                              |                                                        |                             | 165                     | 4948,56                                           | 8,70                    | 568,80                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1185,00              | 711,40        | 1204,00       | 492,60        | 2,41             |                              |                                                        |                             | 168                     | 5172,02                                           | 9,20                    | 562,18                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1187,00              | 716,90        | 1207,30       | 490,40        | 2,42             |                              |                                                        |                             | 170                     | 4139,84                                           | 8,20                    | 504,86                      |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1185,50              | 720,00        | 1202,80       | 482,80        | 2,46             |                              |                                                        |                             |                         |                                                   |                         |                             |
|                                                          |                     |                        |                                                 | 1185,00              | 715,40        | 1204,13       | 488,73        | 2,42             | 3,1%                         | 28,94%                                                 | 89,23%                      | 167,67                  | 4753,47                                           | 8,70                    | 545,28                      |
| Rata-rata :                                              |                     |                        |                                                 | 1185,00              | 715,40        | 1204,13       | 488,73        | 2,42             | 3,1%                         | 28,94%                                                 | 89,23%                      | 167,67                  | 4753,47                                           | 8,70                    | 545,28                      |

#### Lampiran 14. Grafik Hasil *Marshall* Dengan Plastik *Multilayer*

| Prosentase<br>Campuran<br>Plastik | Flow  | Stabilitas | Density | VIM         | VFA    | VMA    | MQ     |
|-----------------------------------|-------|------------|---------|-------------|--------|--------|--------|
|                                   | M     | L          | G       | H           | J      | I      | I      |
|                                   | >3,00 | >600       | >2,00   | 3,00 - 6,00 | >68    | >18    | >250   |
| 2,00%                             | 5,42  | 3378       | 2,31    | 4,58%       | 87,44% | 36,44% | 623,17 |
| 4,00%                             | 6,75  | 4075       | 2,34    | 4,07%       | 88,25% | 34,63% | 604,67 |
| 6,00%                             | 7,16  | 4458       | 2,37    | 3,59%       | 89,03% | 32,77% | 623,60 |
| 8,00%                             | 7,74  | 4625       | 2,40    | 3,34%       | 89,18% | 30,87% | 704,20 |
| 10,00%                            | 8,70  | 4753       | 2,42    | 3,12%       | 89,23% | 28,94% | 545,28 |

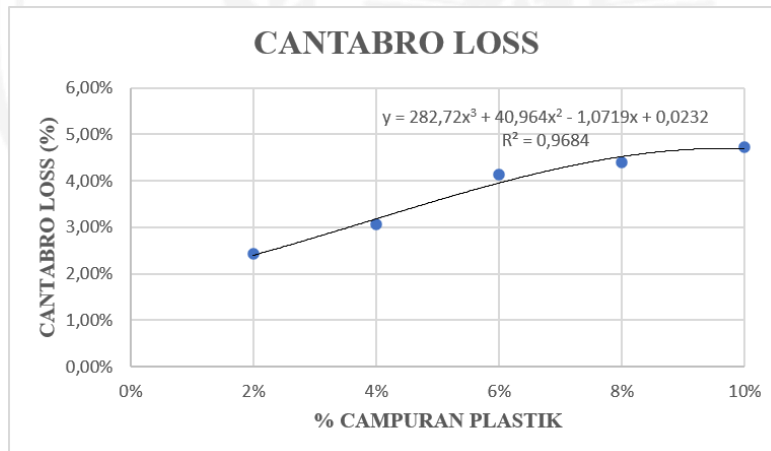






### Lampiran 15. Cantabro Loss Dengan Plastik Multilayer

| CANTABRO LOSS |         |         |            |                   |                   |
|---------------|---------|---------|------------|-------------------|-------------------|
| V             | Sebelum | Sesudah | Kehilangan | Tanggal Pembuatan | Tanggal Pengujian |
| 2%            | 1193,5  | 1164,5  | 2,43%      | 12/06/2026        | 16/06/2026        |
| 4%            | 1194,5  | 1158    | 3,06%      | 12/06/2026        | 16/06/2026        |
| 6%            | 1182,5  | 1133,5  | 4,14%      | 12/06/2026        | 16/06/2026        |
| 8%            | 1183    | 1131    | 4,40%      | 15/06/2026        | 19/06/2026        |
| 10%           | 1185,5  | 1129,5  | 4,72%      | 15/06/2026        | 19/06/2026        |





## Lampiran 16. Dokumentasi Pengujian Laboratorium









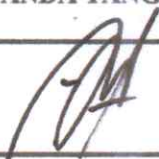
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Telah dilaksanakan Sidang Tugas Akhir pada :  
Hari / Tanggal : Selasa / 10 Maret 2026  
Jam : 09:00 WIB  
Tempat : Ruang Sidang Dosen

**Peserta Sidang :**

| NO | NIM        | NAMA               | TANDA TANGAN                                                                        |
|----|------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | 2210611087 | TIARA GHAYDA PUTRI |  |

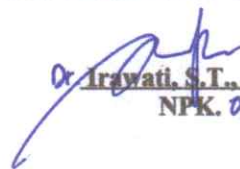
Judul Tugas Akhir :

**Tim Penguji :**

| Pembimbing / Penguji : |                              |                                                                                                                          |                                                                                       |
|------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                     | DR. IRAWATI, MT              | <input type="radio"/> Diterima<br><input type="radio"/> Ditolak<br><input type="radio"/> Diterima dengan syarat<br>..... |  |
| 2.                     | Ilanka Cahya Dewi, ST MT     | <input type="radio"/> Diterima<br><input type="radio"/> Ditolak<br><input type="radio"/> Diterima dengan syarat<br>..... |  |
| Pembimbing / Penguji : |                              |                                                                                                                          |                                                                                       |
| 1.                     | Jimi Amijaya, S.ST., M.T.    | <input type="radio"/> Diterima<br><input type="radio"/> Ditolak<br><input type="radio"/> Diterima dengan syarat<br>..... |  |
| 2.                     | HILFI HARISAN AHMAD, ST., MT | <input type="radio"/> Diterima<br><input type="radio"/> Ditolak<br><input type="radio"/> Diterima dengan syarat<br>..... |  |

Catatan :

Jember, 09 Maret 2026  
Ketua Program Studi TEKNIK SIPIL

  
Dr. Irawati, S.T., M.T.  
NPK. 092417





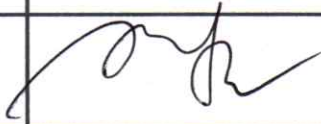
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

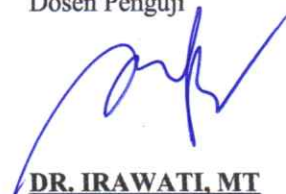
Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**DAFTAR REVISI PENGUJI  
SIDANG PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : TIARA GHAYDA PUTRI  
Nomor Induk Mahasiswa : 2210611087  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Modifikasi Limbah plastik Multilayer terhadap nilai stabilitas dan  
Hari / Tanggal : Selasa / 10 Maret 2026 modulus kekakuan pada campuran berapal HRR- WC  
Jam : 09:00 WIB  
Tempat : Ruang Sidang Dosen

| Bab/Halaman | Uraian                                               | Keterangan                                                                            |
|-------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|             | ✓ Latur belakang ✓<br>dasar variasi plastik & legkap |                                                                                       |
|             | ✓ Flow chart                                         |                                                                                       |
|             | ✓ Metode penelitian perbaikan<br>✓ menyelesaikan RM  |                                                                                       |
| 8/5/2026    | ✓ perbaikan flowchart. Lanjutkan                     |  |
|             |                                                      |                                                                                       |
|             |                                                      |                                                                                       |
|             |                                                      |                                                                                       |

Dosen Penguji

  
**DR. IRAWATI, MT**

NB : Untuk Mahasiswa



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**DAFTAR REVISI PENGUJI**  
**SIDANG PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : TIARA GHAYDA PUTRI  
Nomor Induk Mahasiswa : 2210611087  
Judul Tugas Akhir : pengaruh modifikasi limbah plastik Multilayer terhadap nilai stabilitas dan modulus kekakuan pada campuran beraspal HRA-WC  
Hari / Tanggal : Selasa / 10 Maret 2026  
Jam : 09:00 WIB  
Tempat : Ruang Sidang Dosen

| Bab/Halaman | Uraian    | Keterangan |
|-------------|-----------|------------|
| III         | flowchart | OK!        |
|             |           | 13/11/05   |
|             |           |            |
|             |           |            |
|             |           |            |
|             |           |            |
|             |           |            |

Dosen Penguji

Ilanka Cahya Dewi, ST MT

NB : Untuk Mahasiswa



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**DAFTAR REVISI PENGUJI**  
**SIDANG PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : TIARA GHAYDA PUTRI  
Nomor Induk Mahasiswa : 2210611087  
Judul Tugas Akhir :  
Hari / Tanggal : Selasa / 10 Maret 2026  
Jam : 09:00 WIB  
Tempat : Ruang Sidang Dosen

| Bab/Halaman | Uraian                       | Keterangan |
|-------------|------------------------------|------------|
| Bab 2       | Ringkas Peneliti terdahulu ✓ |            |
| Bab 3       | Rev Flowchart ✓              |            |
|             | 23/06 ACC                    |            |
|             |                              |            |
|             |                              |            |
|             |                              |            |
|             |                              |            |
|             |                              |            |

Dosen Penguji

Jimi Amijaya, S.ST., M.T.

NB : Untuk Mahasiswa

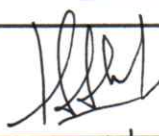


PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**DAFTAR REVISI PENGUJI**  
**SIDANG PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : TIARA GHAYDA PUTRI  
Nomor Induk Mahasiswa : 2210611087  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh modifikasi limbah plastik multilayer terhadap nilai stabilitas dan modulus kekakuan pada campuran beraspal HMA-WC  
Hari / Tanggal : Selasa / 10 Maret 2026  
Jam : 09:00 WIB  
Tempat : Ruang Sidang Dosen

| Bab/Halaman | Uraian                    | Keterangan                                                                           |
|-------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|             | JUDUL DIPERBAIKI          |   |
|             | DAFTAR PUSTAKA DIPERBAIKI |   |
|             | ACC LAMPUAN               |  |
|             |                           |                                                                                      |
|             |                           |                                                                                      |
|             |                           |                                                                                      |
|             |                           |                                                                                      |
|             |                           |                                                                                      |

Dosen Penguji



**HILFI HARISAN AHMAD, ST., MT**

NB : Untuk Mahasiswa





FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER

Jl. Karimata No. 49 Jember 68121 Jawa Timur Indonesia  
Kotak Pos 104 Telp. 0331-336728 Fax. 0331-337957

Website : <http://www.unmuhjember.ac.id> E-mail : [kantorpusat@unmuhjember.ac.id](mailto:kantorpusat@unmuhjember.ac.id)



**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Nomor : 623/II.3. AU/KEP/FT/F/2026

Tentang

**PENGANGKATAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR MAHASISWA  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

**Bismillahirrohmanirrohim**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember

**Menimbang** : 1. Bahwa dalam rangka Penulisan Tugas Akhir Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember diperlukan Dosen Pembimbing Tugas Akhir;  
2. Bahwa sehubungan dengan sub di atas, perlu diterbitkan SK Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember untuk pengangkatannya.

**Mengingat** : 1. UU No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;  
2. Keputusan Menko Wasbang dan Pendayagunaan Aparatur Negara Nomor : 38/KEP/MK.WASPAN/8/1999 Tentang Jabatan Fungsional Dosen dan Angka Kredit;  
3. Surat Ijin Perpanjangan Program Studi Teknik Sipil Nomor : 8313/D/T/K-VII/2011 Tanggal 9 Agustus 2011;  
4. SK. PP Muhammadiyah Tahun 1999 Tentang Qo'idah PTM;  
5. Statuta Universitas Muhammadiyah Jember Tahun 2020;  
6. SK Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember Nomor : 0839/KEP/II.3.AU/D/2024 tanggal 24 Juli 2024 masa jabatan 2024 – 2028;  
7. Surat Keputusan Badan Pelaksana Harian Universitas Muhammadiyah Jember Nomor : 030/E.2/BPH-X/2000 tentang Pokok – pokok Kepegawaian Universitas Muhammadiyah Jember;  
8. SK. Dirjen DIKTI No. 48/Dj/Kep/1983 tentang Beban Tugas Tenaga Pengajar;  
9. Berdasar Surat Permohonan Prodi Teknik Sipil 098/AU/TA-FT.TS/IV/2026

**Memutuskan**

**Menetapkan:** Nama : **Dr. Irawati, ST., MT**  
NIP/NPK : 1970050210512417

Diangkat sebagai **Pembimbing Utama Tugas Akhir** Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember:

N a m a : **Tiara Ghayda Putri**  
No. Induk Mahasiswa : 22 1061 1087  
Program Studi : Teknik Sipil

Dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di : Jember.  
Pada Tanggal : 16 April 2026



**Prof. Dr. Ir. Muhtar, ST., MT., IPM**  
NIP. : 19730610 200501 1 001

**TEMBUSAN** : Disampaikan kepada : Yth.

1. Arsip



FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER

Jl. Karimata No. 49 Jember 68121 Jawa Timur Indonesia

Kotak Pos 104 Telp. 0331-336728 Fax. 0331-337957

Website : <http://www.unmuhjember.ac.id> E-mail: [kantorpusat@unmuhjember.ac.id](mailto:kantorpusat@unmuhjember.ac.id)



**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Nomor : 624/II.3. AU/KEP/FT/F/2026

Tentang

**PENGANGKATAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR MAHASISWA  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

***Bismillahirrohmanirrohm***

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember

- Menimbang** : 1. Bahwa dalam rangka Penulisan Tugas Akhir Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember diperlukan Dosen Pembimbing Tugas Akhir;  
2. Bahwa sehubungan dengan sub di atas, perlu diterbitkan SK Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember untuk pengangkatannya.
- Mengingat** : 1. UU No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;  
2. Keputusan Menko Wasbang dan Pendayagunaan Aparatur Negara Nomor : 38/KEP/MK.WASPAN/8/1999 Tentang Jabatan Fungsional Dosen dan Angka Kredit;  
3. Surat Ijin Perpanjangan Program Studi Teknik Sipil Nomor : 8313/D/T/K-VII/2011 Tanggal 9 Agustus 2011;  
4. SK. PP Muhammadiyah Tahun 1999 Tentang Qo'idah PTM;  
5. Statuta Universitas Muhammadiyah Jember Tahun 2020;  
6. SK Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember Nomor : 0839/KEP/II.3.AU/D/2024 tanggal 24 Juli 2024 masa jabatan 2024 – 2028;  
7. Surat Keputusan Badan Pelaksana Harian Universitas Muhammadiyah Jember Nomor : 030/E.2/BPH-X/2000 tentang Pokok – pokok Kepegawaian Universitas Muhammadiyah Jember;  
8. SK. Dirjen DIKTI No. 48/Dj/Kep/1983 tentang Beban Tugas Tenaga Pengajar;  
9. Berdasar Surat Permohonan Prodi Teknik Sipil 098/AU/TA-FT.TS/IV/2026

**Memutuskan**

**Menetapkan:** Bahwa : **Ilanka Cahya Dewi, ST., MT**  
NIP/NPK : 0721058604

Diangkat sebagai **Pembimbing Kedua Tugas Akhir** Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember:

N a m a : **Tiara Ghayda Putri**  
No. Induk Mahasiswa : 22 1061 1087  
Program Studi : Teknik Sipil

Dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di : J e m b e r.  
Pada Tanggal : 16 April 2026

  
**Prof. Dr. Ir. Muhtar, ST., MT., IPM**  
NIP. 19730610 200501 1 001

**TEMBUSAN** : Disampaikan kepada : Yth.

1. Arsip





LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Tiara Ghayda Putri  
NIM : 2210611087  
Dosen Pembimbing : Dr. Irawati, ST., MT

| No. | Tanggal        | Keterangan/ Permasalahan                                                                 | Tanda Tangan |
|-----|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1.  | 8 / 5 / 2026   | - Perbaiki flowchart<br>- Perhitungan                                                    |              |
| 2.  | 26 / 5 / 2026  | - Perhitungan menentukan KAO                                                             |              |
| 3.  | 06 / 6 / 2026  | - Perhitungan proporsi campuran plastik.                                                 |              |
| 4.  | 23 / 6 / 2026  | - Perhitungan marshall<br>- Rumusan masalah                                              |              |
| 5.  | 25 / 6 / 2026  | - Perhitungan marshall & cantebro test.<br>- Hasil & pembahasan<br>- Kesimpulan & saran. |              |
| 6   | 26 / 6 / 2026. | - Ace sembang                                                                            |              |





LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Tiara Ghayda Putri

NIM : 2210611087

Dosen Pembimbing : Ilanka Cahya Dewi, ST., MT

| No. | Tanggal    | Keterangan/ Permasalahan                                                                                                                             | Tanda Tangan |
|-----|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1.  | 13/05 2026 | - flowchart parameter kontrolnya diinichikan                                                                                                         |              |
| 2.  | 20/06 2026 | - Kutipan dibuat (nama, tahun)<br>- tulisan & flowchart dihapuskan<br>- Bab II, tambahkan tabel<br>Benda cni, baik yg standar<br>maupun yg B         |              |
| 3.  | 25/06 2026 | - Kesimpulan<br>1. Karakteristik limbah<br>plastik<br>2. KAO<br>3. Marshall flow, VIM, VMA<br>VFA, MA<br>4. Pengaruh perubahan<br>pd campuran HPS-WC |              |
| 4.  | 26/06 2026 | - Draft TA disiapkan.<br>- Ace selesai!                                                                                                              |              |



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Tiara Ghayda Putri

NIM : 2210611087

Dosen Pembimbing : Ilanka Cahya Dewi, ST., MT

| No. | Tanggal      | Keterangan/ Permasalahan              | Tanda Tangan                                                                        |
|-----|--------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 5   | 01 / 07 2026 | - Finalisasi Skripsi & Bagian Kontrol |  |
| 6   | 06 / 07 2026 | - Draft TA OK!<br>- Ace sidang!       |  |
| 7   | 17 / 07 2026 | - Ace hasil                           |  |



**SURAT PERNYATAAN KESEDIAAN  
DOSEN PEMBIMBING SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. IRAWATI, ST., MT

NPK/NIDN/NIP : 0702057001

Dengan ini menyatakan **Bersedia** menjadi Dosen Pembimbing dalam kegiatan Seminar Hasil Tugas Akhir Program Studi TEKNIK SIPIL yang dilaksanakan pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 1 Juli 2026

NIM : 2210611087

NAMA : TIARA GHAYDA PUTRI

Jember, 30 Juni 2026

Dr. IRAWATI, ST., MT



**SURAT PERNYATAAN KESEDIAAN  
DOSEN PEMBIMBING SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ILANKA CAHYA DEWI, ST., MT

NPK/NIDN/NIP : 0721058604

Dengan ini menyatakan Bersedia menjadi Dosen Pembimbing dalam kegiatan Seminar Hasil Tugas Akhir Program Studi TEKNIK SIPIL yang dilaksanakan pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 1 Juli 2026

NIM : 2210611087

NAMA : TIARA GHAYDA PUTRI

Jember, 30 Juni 2026

ILANKA CAHYA DEWI, ST., MT





PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
**FAKULTAS TEKNIK**  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR**

Telah dilaksanakan Seminar Tugas Akhir pada :

Hari / Tanggal : Rabu / 01 Juli 2026

Jam : 09:00 WIB

Tempat : R.Perkuliahan

**Penyaji:**

| NO | NIM        | NAMA               | TANDA TANGAN                                                                        |
|----|------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | 2210611087 | TIARA GHAYDA PUTRI |  |

Judul Tugas Akhir :

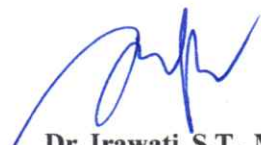
**Pengaruh Modifikasi Limbah Plastik *Multilayer* Terhadap Parameter *Marshall* Pada Campuran Beraspal HRS-WC**

| NO                       | NAMA                        | TANDA TANGAN                                                                          |
|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dosen Pembimbing:</b> |                             |                                                                                       |
| 1.                       | Dr. IRAWATI, S.T., M.T      |   |
| 2.                       | ILANKA CAHYA DEWI, ST., MT. |  |

**Evaluasi:**

| NO | URAIAN                            | KETERANGAN        |
|----|-----------------------------------|-------------------|
| 1. | Penyajian Seminar                 | A / B / C / D / E |
| 2. | Antusiasme Peserta Seminar        | A / B / C / D / E |
| 3. | Jumlah Peserta Seminar yang Hadir | .....             |

Jember, 30 Juni 2026  
Ketua Prodi TEKNIK SIPIL



**Dr. Irawati, S.T., M.T.**  
NPK.



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
**FAKULTAS TEKNIK**  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**DAFTAR HADIR SEMINAR TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : TIARA GHAYDA PUTRI  
NIM : 2210611087  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Modifikasi Limbah Plastik *Multilayer* Terhadap Parameter *Marshall* Pada Campuran Beraspal HRS-WC  
Hari / Tanggal Seminar : Rabu / 01 Juli 2026  
Jam : 09.00 WIB  
Tempat : R.Perkuliahan

| NO  | NIM        | NAMA                        | TANDA TANGAN |     |
|-----|------------|-----------------------------|--------------|-----|
| 1.  | 2310611020 | Fahriul Tri Setiawan        | 1.           | 2.  |
| 2.  | 2510611084 | M. HARITS ARFANDI           |              |     |
| 3.  | 2210611068 | Dhanial Hakim Fahreri       | 3.           | 4.  |
| 4.  | 2210611098 | Dennis Darmawan             |              |     |
| 5.  | 2210611101 | Ahmad Hamdani Rijalul Hay   | 5.           | 6.  |
| 6.  | 2210611040 | Firdaus Firmansyah          |              |     |
| 7.  | 2210611064 | Dyah Ayu Puji L             | 7.           | 8.  |
| 8.  | 2210611105 | Mohammad Ridha Ardiansyah P |              |     |
| 9.  | 2210611019 | Violita Marta Gilfrana      | 9.           | 10. |
| 10. | 2210611100 | Bayu dwi chandra S.         |              |     |
| 11. | 2210611021 | Dwi Bagas P.                | 11.          | 12. |
| 12. | 2210611023 | Aditya Farhan F             |              |     |
| 13. | 2210611003 | Rian Bagus S.               | 13.          | 14. |
| 14. | 2310611033 | Achmad Aditya               |              |     |
| 15. | 2310611042 | Anggara Yulion Pradana      | 15.          | 16. |
| 16. | 2210611096 | Anurran Nuro Peridana Purni |              |     |
| 17. | 2210611088 | Alimul Rozikin              | 17.          | 18. |
| 18. | 2310611023 | Nourin Sofu Salsabila       |              |     |
| 19. | 2310611025 | Alifir Bilqis               | 19.          | 20. |
| 20. | 2310611098 | Zanet Valentino K.H         |              |     |

Dosen Pembimbing 1

  
Dr. IRAWATI, ST., MT

Dosen Pembimbing 2

  
ILANKA CAHYA DEWI, ST., MT





FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER

Jl. Karimata No. 49 Jember 68121 Jawa Timur Indonesia

Kotak Pos 104 Telp. 0331-336728 Fax. 0331-337957

Website: <http://www.unmuhjember.ac.id> E-mail: [kantorpusat@unmuhjember.ac.id](mailto:kantorpusat@unmuhjember.ac.id)



**PENGAGJUAN SEMINAR / UJIAN TUGAS AKHIR (REGULER)**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : TIARA GHAYDA PUTRI  
NIM : 2210611087  
Tempat / Tgl Lahir : Sidoarjo, 18 Maret 2003  
No. HP (Aktif) : 085 855 575 808

Yang bersangkutan tersebut mengajukan Tugas Akhir dengan judul :

Pengaruh Modifikasi Limbah plastik Multilayer Terhadap parameter Marshall pada Campuran Berapori HRS-WC

Mahasiswa yang akan ujian Tugas Akhir yang diuji oleh Dosen yang bersangkutan dan disetujui oleh Ka. Prodi masing-masing Jurusan:

adapun Dosen tersebut:

|                 |                            |   |  |
|-----------------|----------------------------|---|--|
| 1 Pembimbing I  | Dr. Irawati, ST.MT.        | 1 |  |
| 2 Pembimbing II | Ilanka Cahya Dewi, ST.MT   | 2 |  |
| 3 Penguji I     | Hilji Hanson Ahmad, ST. MT | 3 |  |
| 4 Penguji II    | Taufan Abadi, ST., MT      | 4 |  |

5 Dan apabila yang bersangkutan telah ditanda tangani Dosen Pembimbing I & II maka bisa mengikuti seminar / ujian Tugas Akhir dengan melengkapi persyaratan sebagai berikut:

1. Menunjukkan kwitansi asli pembayaran biaya Tugas Akhir
2. KRS yang terakhir yang diprogram Tugas Akhir
3. Transkrip Nilai terbaru (Wajib ACC Prodi)
4. Foto Copy Ijazah SLTA
5. Foto Copy KTP
6. Foto Copy Sertifikat TOEFL
7. Foto Copy Sertifikat KKN
8. Foto Copy Kartu Seminar TA yang sudah ditanda tangani (Max 10 kali tatap muka)
9. Transkrip pembayaran dari bagian SPP Kantor Pusat
10. Foto Hitam Putih (Untuk ditempel di Ijazah) berjas bukan almamater Ukuran 4x6 (Kertas foto DOP dan kasar) sebanyak 5 lembar

Demikian permohonan ini, atas bantuannya disampaikan terima kasih.

Administrasi  
Fakultas Teknik

ANDRIYA M.

Menyetujui  
Ka. Prodi

Jember, .....  
Yang Mengajukan

TIARA GHAYDA PUTRI



**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata No. 49 Jember 68121 Jawa Timur Indonesia  
Kotak Pos 104 Telp. 0331-336728 Fax. 0331-337957  
Website <http://www.unmuhjember.ac.id> E-mail [kantorpusat@unmuhjember.ac.id](mailto:kantorpusat@unmuhjember.ac.id)



**FORM KELENGKAPAN SIDANG TUGAS AKHIR (REGULER)**  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

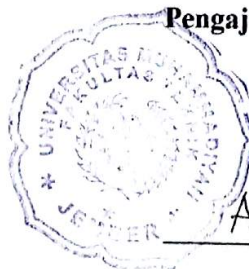
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Modifikasi Limbah Plastik Multilayer Terhadap parameter Marshall pada Campuran Beraspati Hkr - WC

Nama : TIARA GHAYDA PUTRI  
NIM : 2210611087  
Dosen Pembimbing I : Dr. Irawati, ST., MT  
Dosen Pembimbing II : Ilanka Cahyo Dewi, ST., MT  
Penyerahan Berkas / Tanggal : 13 Juli 2026

| No | Keterangan                     | Tanda Tangan |
|----|--------------------------------|--------------|
| 1  | Kelengkapan Nilai (Transkrip)  |              |
| 2  | Administrasi Keuangan Lunas    |              |
| 3  | Formular Pengajuan Tugas Akhir |              |

Jember, 13-7-2026

**Pengajaran Fakultas Teknik**



ANDRIYA . N .





**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**  
Jl. Karimata No. 49 Telp 0821 3998 9904 Kotak Pos 104 Jember 68121  
Website: <https://sipil.unmuhiember.ac.id/> email: [Tekniksipil@unmuhiember.ac.id](mailto:Tekniksipil@unmuhiember.ac.id)



Nomor : 191 /AU.TA-FT.TS/VI / ~~2025~~ 2026  
Lampiran : -  
Perihal : Permohonan Penerbitan Surat Keputusan Penguji Tugas Akhir

Kepada : Yth. Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Jember  
di. Tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan hormat,

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk diterbitkan **Surat Keputusan (SK)**

**Dosen Penguji** kepada Dosen berikut:

Penguji 1 : Hilfi Harisan Ahmad, ST., MT  
Penguji 2 : Ir. Taufan Abadi, ST., MT

Sebagai Dosen Penguji Tugas Akhir Mahasiswa berikut:

Nama : Tiara Ghayda Putri  
NIM : 2210611087  
Judul : Pengaruh Modifikasi Limbah Plastik Multilayer Terhadap  
Parameter Marshall Pada Campuran Beraspal HRS-WC

Demikian surat permohonan ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami sampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jember, 06/07/2026  
Ketua Program Studi

Tembusan:  
1. Arsip



**KOMISI PEMBIMBING**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata No. 49 Jember 68121 Jawa Timur Indonesia  
WhatsApp: +62 811-3800-4940 Email: kombisipil@unmuhjember.ac.id

**SURAT KEPUTUSAN**

**RENCANA JADWAL DAN DOSEN PENGUJI TUGAS AKHIR**

Nomor : 172 /SK/SIDANG/TA/2026

Berdasarkan hasil Berita Acara Seminar Hasil dan keputusan Tim Komisi Pembimbing Tugas Akhir, dengan ini kami menetapkan mahasiswa berikut :

Nama : Tiara Ghayda Putri

NIM : 2210611087

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Modifikasi Limbah Plastik Multilayer Terhadap

Parameter Marshall Pada Campuran Beraspal HRS-WC

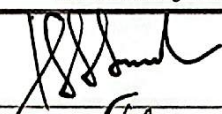
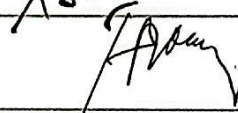
Rencana Jadwal Sidang Tugas Akhir :

Tanggal : 14/07/2026

Pukul : Sesi ke-2 : 09.00 WIB

Tempat : Ruang Sidang

Bahwa mahasiswa tersebut akan mendapatkan pengujian oleh Dosen Penguji Tugas Akhir, yaitu :

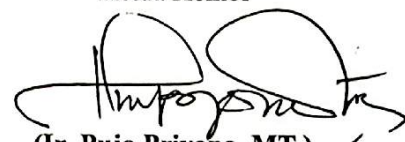
| Dosen         | Nama Dosen                     | Ttd Persetujuan                                                                       |
|---------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Penguji Utama | Hilfi Harisan Ahmad, S.T., M.T |  |
| Penguji Kedua | Taufan Abadi, S.T., M.T        |  |

\*Dimohon agar Calon Dosen Penguji tersebut diatas memberikan tanda tangan atas kesediaannya sebagai bahan pertimbangan untuk penerbitan Surat Undangan.

Demikian surat keputusan ini dibuat agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.  
Terima Kasih.

Jember, 08/07/2026

Ketua Kombi



(Ir. Pujo Privono, MT.)

NIP. 196412221990031002





FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER

Jl. Karimata No. 49 Jember 68121 Jawa Timur Indonesia

Kotak Pos 104 Telp. 0331-336728 Fax. 0331-337957

Website : <http://www.unmuhjember.ac.id> E-mail: [kantorpusat@unmuhjember.ac.id](mailto:kantorpusat@unmuhjember.ac.id)



**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

*Nomor : 1726/II.3. AU/KEP/FT/F/2026*

Tentang

**PENGANGKATAN DOSEN PENGUJI TUGAS AKHIR MAHASISWA  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

***Bismillahirrohmanirrohim***

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember

- Menimbang** : 1. Bahwa dalam rangka Penulisan Tugas Akhir Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember diperlukan Dosen Penguji Tugas Akhir;  
2. Bahwa sehubungan dengan sub di atas, perlu diterbitkan SK Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember untuk pengangkatannya.

- Mengingat** : 1. UU No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;  
2. Keputusan Menko Wasbang dan Pendayagunaan Aparatur Negara Nomor : 38/KEP/MK.WASPAN/8/1999 Tentang Jabatan Fungsional Dosen dan Angka Kredit;  
3. Surat Ijin Perpanjangan Program Studi Teknik Sipil Nomor : 8313/D/T/K-VII/2011 Tanggal 9 Agustus 2011;  
4. SK. PP Muhammadiyah Tahun 1999 Tentang Qo'idah PTM;  
5. Statuta Universitas Muhammadiyah Jember Tahun 2020;  
6. SK Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember Nomor : 0839/KEP/II.3.AU/D/2024 tanggal 24 Juli 2024 masa jabatan 2024 – 2028;  
7. Surat Keputusan Badan Pelaksana Harian Universitas Muhammadiyah Jember Nomor : 030/E.2/BPH-X/2000 tentang Pokok – pokok Kepegawaian Universitas Muhammadiyah Jember;  
8. SK. Dirjen DIKTI No. 48/Dj/Kep/1983 tentang Beban Tugas Tenaga Pengajar;  
9. Berdasar Surat Permohonan Prodi Teknik Sipil 191/AU.TA-FT.TS/VII/2026

**Memutuskan**

**Menetapkan:** Bahwa : **Hilfi Harisan Ahmad, ST., MT.**  
NIP/NPK : 0712069006

Diangkat sebagai **Penguji Utama Tugas Akhir** Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember :

N a m a : **Tiara Ghayda Putri**  
No. Induk Mahasiswa : 22 1061 1087  
Program Studi : Teknik Sipil

Dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di : J e m b e r.

Pada Tanggal : 13 Juli 2026

Dekan



**Prof. Dr. Ir. Muhtar, ST., MT., IPM.**

NIP.: 19730610 200501 1 001

**TEMBUSAN** : Disampaikan kepada : Yth.

1. Arsip



FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER

Jl. Karimata No. 49 Jember 68121 Jawa Timur Indonesia  
Kotak Pos 104 Telp. 0331-336728 Fax. 0331-337957

Website : <http://www.unmuhjember.ac.id> E-mail: [kantorpusat@unmuhjember.ac.id](mailto:kantorpusat@unmuhjember.ac.id)



**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

*Nomor : 1727/II.3. AU/KEP/FT/F/2026*

Tentang

**PENGANGKATAN DOSEN PENGUJI TUGAS AKHIR MAHASISWA  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

***Bismillahirrohmanirrohim***

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember

- Menimbang** :
1. Bahwa dalam rangka Penulisan Tugas Akhir Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember diperlukan Dosen Penguji Tugas Akhir;
  2. Bahwa sehubungan dengan sub di atas, perlu diterbitkan SK Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember untuk pengangkatannya.
- Mengingat** :
1. UU No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
  2. Keputusan Menko Wasbang dan Pendayagunaan Aparatur Negara Nomor : 38/KEP/MK.WASPAN/8/1999 Tentang Jabatan Fungsional Dosen dan Angka Kredit;
  3. Surat Ijin Perpanjangan Program Studi Teknik Sipil Nomor : 8313/D/T/K-VII/2011 Tanggal 9 Agustus 2011;
  4. SK. PP Muhammadiyah Tahun 1999 Tentang Qo'idah PTM;
  5. Statuta Universitas Muhammadiyah Jember Tahun 2020;
  6. SK Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember Nomor : 0839/KEP/II.3.AU/D/2024 tanggal 24 Juli 2024 masa jabatan 2024 – 2028;
  7. Surat Keputusan Badan Pelaksana Harian Universitas Muhammadiyah Jember Nomor : 030/E.2/BPH-X/2000 tentang Pokok – pokok Kepegawaian Universitas Muhammadiyah Jember;
  8. SK. Dirjen DIKTI No. 48/Dj/Kep/1983 tentang Beban Tugas Tenaga Pengajar;
  9. Berdasar Surat Permohonan Prodi Teknik Sipil 191/AU.TA-FT.TS/VII/2026

**Memutuskan**

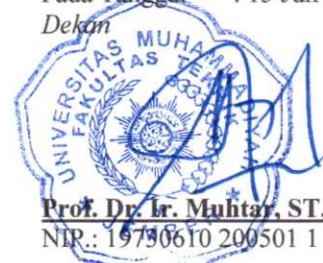
**Menetapkan:** Bahwa : **Ir. Taufan Abadi, ST., MT.**  
NIP/NPK/NIDN : 05 12 419

Diangkat sebagai **Penguji Kedua Tugas Akhir** Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember :

N a m a : **Tiara Ghayda Putri**  
No. Induk Mahasiswa : 22 1061 1087  
Program Studi : Teknik Sipil

Dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di : J e m b e r.  
Pada Tanggal : 13 Juli 2026  
Dekan



**Prof. Dr. Ir. Muhtar, ST., MT., IPM.**  
NIP.: 19730610 200501 1 001

**TEMBUSAN** : Disampaikan kepada : Yth.

1. Arsip





**KOMISI PEMBIMBING**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata No. 49 Jember 68121 Jawa Timur Indonesia  
WhatsApp: +62 811-3800-4940 Email: kombisipil@unmuhjember.ac.id

No. Surat : 172 /SU/SIDANG/TA/2026  
Sifat : Penting  
Lampiran : 2  
Perihal : Undangan Sidang Tugas Akhir  
  
Kepada : Yth. **Bapak/Ibu sebagaimana daftar terlampir**  
Di Tempat

**Assalamu'alaikum Wr.Wb.**

Teriring do'a dan syukur kita kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmad dan hidayah-Nya kepada kita semua dalam menjalankan aktivitas akademik sehari-hari, semoga kita selalu tetap dalam lindungan-Nya.

Sehubungan dengan Surat Keputusan Jadwal dan Dosen Penguji Tugas Akhir, maka Komisi Pembimbing mengundang Bapak/Ibu Dosen Pembimbing dan Penguji untuk dapat hadir, yang akan dijadwalkan pada :

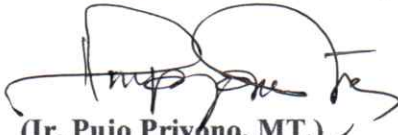
Hari/Tanggal : Selasa, 14/07/2026  
Pukul : 09:00:00  
Tempat : Ruang Sidang Dosen  
Acara : Sidang Tugas Akhir  
Nama Mahasiswa/i : Tiara Ghayda Putri  
NIM : 2210611087  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Modifikasi Limbah Plastik Multilayer Terhadap Parameter Marshall Pada Campuran Beraspal HRS-WC

Demikian undangan yang dapat kami sampaikan. Atas perhatian rekan-rekan dosen semua, kami ucapkan banyak terima kasih.

**Wassalamu'alaikum Wr.Wb.**

Jember, 08/07/2026

Ketua Kombi

  
**(Ir. Pujo Priyono, MT.)**  
NIP. 196412221990031002



**KOMISI PEMBIMBING**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata No. 49 Jember 68121 Jawa Timur Indonesia  
WhatsApp: +62 811-3800-4940 Email: kombisipil@unmuhjember.ac.id

---

**Lampiran Surat Undangan**

No. Surat : 172 /SU/SIDANG/TA/2026  
Perihal : Undangan Sidang Tugas Akhir Tujuan  
Surat :

| Ket   | Dosen Pembimbing              | Dosen Penguji                 |
|-------|-------------------------------|-------------------------------|
| Utama | Dr. Irawati, S.T., M.T.       | Hilfi Harisan Ahmad, ST., MT. |
| Kedua | Ilanka Cahya Dewi, S.T., M.T. | Taufan Abadi, S.T., M.T       |

**Tembusan :**

1. Mhs
2. Prodi
3. Fakultas



**SURAT PERNYATAAN KESEDIAAN  
DOSEN PEMBIMBING SIDANG TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. Irawati, ST., MT

NPK/NIDN/NIP : 0702057001

Dengan ini menyatakan **Bersedia** menjadi Dosen Pembimbing dalam kegiatan Sidang Tugas Akhir Program Studi TEKNIK SIPIL yang dilaksanakan pada:

Hari : Senin

Tanggal : 14 Juli 2026

NIM : 2210611087

NAMA : Tiara Ghayda Putri

Jember, 14 Juli 2026

Dr. Irawati, ST., MT





**SURAT PERNYATAAN KESEDIAAN  
DOSEN PEMBIMBING SIDANG TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ilanka Cahya Dewi, ST., MT

NPK/NIDN/NIP : 0721058604

Dengan ini menyatakan **Bersedia** menjadi Dosen Pembimbing dalam kegiatan Sidang Tugas Akhir Program Studi TEKNIK SIPIL yang dilaksanakan pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 14 Juli 2026.

NIM : 2210611087

NAMA : Tiara Ghayda Putri

Jember, 14 Juli 2026

Ilanka Cahya Dewi, ST., MT



**SURAT PERNYATAAN KESEDIAAN  
DOSEN PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hilfi Harisan Ahmad, ST., MT

NPK/NIDN/NIP : 0712069006

Dengan ini menyatakan **Bersedia** menjadi Dosen Penguji dalam kegiatan Sidang Tugas Akhir Program Studi TEKNIK SIPIL yang dilaksanakan pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 14 Juli 2026

NIM : 2210611087

NAMA : Tiara Ghayda Putri

Jember, 14 Juli 2026

Hilfi Harisan Ahmad, ST., MT



**SURAT PERNYATAAN KESEDIAAN  
DOSEN PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Taufan Abadi, ST., MT

NPK/NIDN/NIP : 0710096603

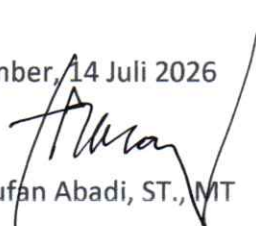
Dengan ini menyatakan **Bersedia** menjadi Dosen Penguji dalam kegiatan Sidang Tugas Akhir Program Studi TEKNIK SIPIL yang dilaksanakan pada:

Hari : Kamis Selasa  
Tanggal : 14 Juli 2026

NIM : 2210611087

NAMA : Tiara Ghayda Putri

Jember, 14 Juli 2026

  
Taufan Abadi, ST., MT



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR**

Telah dilaksanakan Sidang Tugas Akhir pada :

Hari / Tanggal : Selasa / 14 Juli 2026

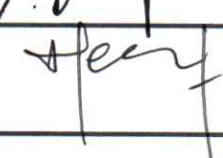
Jam : 09:00 WIB

Tempat : Ruang Sidang

**Peserta Sidang :**

| NO                                                                                                                                 | NIM        | NAMA               | TANDA TANGAN                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                                                                                                                                 | 2210611087 | TIARA GHAYDA PUTRI |  |
| Judul Tugas Akhir : PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK <i>MULTILAYER</i> TERHADAP PARAMETER MARSHALL PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC |            |                    |                                                                                     |

**Tim Penguji :**

|              |                               |                                                                                       |
|--------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Pembimbing : |                               |                                                                                       |
| 1.           | Dr. IRAWATI, S.T., M.T.       |  |
| 2.           | ILANKA CAHYA DEWI, S.T., M.T. |  |
| Penguji :    |                               |                                                                                       |
| 1.           | HILFI HARISAN AHMAD, ST., MT  |  |
| 2.           | TAUFAN ABADI, ST., MT         |  |

Catatan :

Jember, 14 Juli 2026  
KETUA PRODI TEKNIK SIPIL



Dr. Irawati, S.T., M.T.  
NPK.



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**EVALUASI PEMBIMBING 1**

**TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : **Tiara Ghayda Putri**  
Nomor Induk Mahasiswa : **2210611087**  
Judul Tugas Akhir : **PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP  
PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC**  
Hari / Tanggal : **Selasa / 14 Juli 2026**  
Jam : **09:00 WIB**  
Tempat : **Ruang Sidang**

| NO              | SASARAN PENILAIAN                  | PERSENTASE | NILAI |    |    |   |   |
|-----------------|------------------------------------|------------|-------|----|----|---|---|
|                 |                                    |            | A     | B  | C  | D | E |
| 1.              | Motivasi                           | 20 %       | 20    | 15 | 10 | 5 | 0 |
| 2.              | Inisiatif dan Kreativitas          | 20 %       | 20    | 15 | 10 | 5 | 0 |
| 3.              | Analisa dan sintesa                | 20 %       | 20    | 15 | 10 | 5 | 0 |
| 4.              | Keaktifan, disiplin, dan kerjasama | 20 %       | 20    | 15 | 10 | 5 | 0 |
| 5.              | Tata tulis                         | 20 %       | 20    | 15 | 10 | 5 | 0 |
| Total Penilaian |                                    | 100 %      |       |    |    |   |   |

Nilai Akhir = ...**95**

Dosen Pembimbing 1

**Catatan :**

- Lingkari angka yang diberikan
- Lama waktu Sidang TA 45 s/d 60 menit setiap peserta sidang
- Nilai Sidang adalah jumlah total nilai yang diisikan pada tabel di atas

**Tabel Kriteria Nilai Huruf :**

| Range Nilai | Nilai Huruf | Nilai Bobot | Keterangan  |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 80- 100     | A           | 4           | Sangat Baik |
| 69-79       | B           | 3           | Baik        |
| 56-68       | C           | 2           | Cukup       |
| 46-55       | D           | 1           | Kurang      |
| 0-45        | E           | 0           | Gagal       |





**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**EVALUASI PEMBIMBING 2**

**TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : **Tiara Ghayda Putri**  
Nomor Induk Mahasiswa : **2210611087**  
Judul Tugas Akhir : **PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP  
PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC**  
Hari / Tanggal : **Selasa / 14 Juli 2026**  
Jam : **09:00 WIB**  
Tempat : **Ruang Sidang**

| NO              | SASARAN PENILAIAN                  | PERSENTASE | NILAI |    |    |   |   |
|-----------------|------------------------------------|------------|-------|----|----|---|---|
|                 |                                    |            | A     | B  | C  | D | E |
| 1.              | Motivasi                           | 20 %       | 20    | 15 | 10 | 5 | 0 |
| 2.              | Inisiatif dan Kreativitas          | 20 %       | 20    | 15 | 10 | 5 | 0 |
| 3.              | Analisa dan sintesa                | 20 %       | 20    | 15 | 10 | 5 | 0 |
| 4.              | Keaktifan, disiplin, dan kerjasama | 20 %       | 20    | 15 | 10 | 5 | 0 |
| 5.              | Tata tulis                         | 20 %       | 20    | 15 | 10 | 5 | 0 |
| Total Penilaian |                                    | 100 %      |       |    |    |   |   |

Nilai Akhir = ...**90**

Dosen Pembimbing 2

*[Signature]*  
Hantz T.D

**Catatan :**

- Lingkari angka yang diberikan
- Lama waktu Sidang TA 45 s/d 60 menit setiap peserta sidang
- Nilai Sidang adalah jumlah total nilai yang diisikan pada tabel di atas

**Tabel Kriteria Nilai Huruf :**

| Range Nilai | Nilai Huruf | Nilai Bobot | Keterangan  |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 80-100      | A           | 4           | Sangat Baik |
| 69-79       | B           | 3           | Baik        |
| 56-68       | C           | 2           | Cukup       |
| 46-55       | D           | 1           | Kurang      |
| 0-45        | E           | 0           | Gagal       |



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

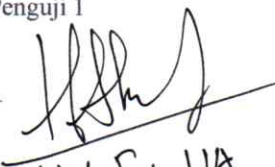
**EVALUASI PENGUJI 1**  
**SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : **Tiara Ghayda Putri**  
Nomor Induk Mahasiswa : **2210611087**  
Judul Tugas Akhir : **PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP  
PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC**  
Hari / Tanggal : **Selasa / 14 Juli 2026**  
Jam : **09:00 WIB**  
Tempat : **Ruang Sidang**

| NO              | SASARAN PENILAIAN | PERSENTASE | NILAI |    |    |    |    |
|-----------------|-------------------|------------|-------|----|----|----|----|
|                 |                   |            | A     | B  | C  | D  | E  |
| 1.              | Penguasaan Materi | 50 %       | 50    | 40 | 30 | 20 | 10 |
| 2.              | Penulisan Laporan | 30 %       | 30    | 25 | 20 | 15 | 0  |
| 3.              | Penampilan        | 20 %       | 20    | 15 | 10 | 5  | 0  |
| Total Penilaian |                   | 100 %      |       |    |    |    |    |

Nilai Akhir = ...95

Dosen Penguji 1

  
HILFI HA

**Catatan :**

- Lingkari angka yang diberikan
- Lama waktu Sidang TA 45 s/d 60 menit setiap peserta sidang
- Nilai Sidang adalah jumlah total nilai yang diisikan pada tabel di atas

**Tabel Kriteria Nilai Huruf :**

| Range Nilai | Nilai Huruf | Nilai Bobot | Keterangan  |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 80-100      | A           | 4           | Sangat Baik |
| 69-79       | B           | 3           | Baik        |
| 56-68       | C           | 2           | Cukup       |
| 46-55       | D           | 1           | Kurang      |
| 0-45        | E           | 0           | Gagal       |



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**EVALUASI PENGUJI 2**  
**SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : **Tiara Ghayda Putri**  
Nomor Induk Mahasiswa : **2210611087**  
Judul Tugas Akhir : **PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP  
PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC**  
Hari / Tanggal : **Selasa / 14 Juli 2026**  
Jam : **09:00 WIB**  
Tempat : **Ruang Sidang**

| NO              | SASARAN PENILAIAN | PERSENTASE | NILAI |    |    |    |    |
|-----------------|-------------------|------------|-------|----|----|----|----|
|                 |                   |            | A     | B  | C  | D  | E  |
| 1.              | Penguasaan Materi | 50 %       | 50    | 40 | 30 | 20 | 10 |
| 2.              | Penulisan Laporan | 30 %       | 30    | 25 | 20 | 15 | 0  |
| 3.              | Penampilan        | 20 %       | 20    | 15 | 10 | 5  | 0  |
| Total Penilaian |                   | 100 %      |       |    |    |    |    |

Nilai Akhir = .... **90(A)**

Dosen Penguji 2

*(Taufan Abasi)*

**Catatan :**

- Lingkari angka yang diberikan
- Lama waktu Sidang TA 45 s/d 60 menit setiap peserta sidang
- Nilai Sidang adalah jumlah total nilai yang diisikan pada tabel di atas

Tabel Kriteria Nilai Huruf :

| Range Nilai | Nilai Huruf | Nilai Bobot | Keterangan  |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 80- 100     | A           | 4           | Sangat Baik |
| 69-79       | B           | 3           | Baik        |
| 56-68       | C           | 2           | Cukup       |
| 46-55       | D           | 1           | Kurang      |
| 0-45        | E           | 0           | Gagal       |





**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**DAFTAR REVISI PEMBIMBING 1**  
**SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : **Tiara Ghayda Putri**  
Nomor Induk Mahasiswa : **2210611087**  
Judul Tugas Akhir : **PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP  
PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC**  
Hari / Tanggal : **Selasa / 14 Juli 2026**  
Jam : **09:00 WIB**  
Tempat : **Ruang Sidang**

| Bab/Halaman | Uraian    | Keterangan                                                                           |
|-------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|             |           |                                                                                      |
| 16/7/2026   | Ace jilid |  |
|             |           |                                                                                      |
|             |           |                                                                                      |
|             |           |                                                                                      |
|             |           |                                                                                      |
|             |           |                                                                                      |
|             |           |                                                                                      |

Dosen Pembimbing 1



Dr. Irawati, ST., MT



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**DAFTAR REVISI PEMBIMBING 2**

**SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : **Tiara Ghayda Putri**  
Nomor Induk Mahasiswa : **2210611087**  
Judul Tugas Akhir : **PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP  
PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC**  
Hari / Tanggal : **Selasa / 14 Juli 2026**  
Jam : **09:00 WIB**  
Tempat : **Ruang Sidang**

| Bab/Halaman | Uraian         | Keterangan |
|-------------|----------------|------------|
|             |                |            |
|             | <i>Acc dld</i> |            |
|             | <i>17/2026</i> |            |
|             |                |            |
|             |                |            |
|             |                |            |
|             |                |            |

Dosen Pembimbing 2

**Ilanka Cahya Dewi, ST., MT**

NB : Untuk Mahasiswa



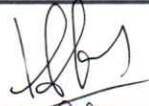


**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**DAFTAR REVISI PENGUJI 1**  
**SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Tiara Ghayda Putri  
Nomor Induk Mahasiswa : 2210611087  
Judul Tugas Akhir : PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP  
PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC  
Hari / Tanggal : Selasa / 14 Juli 2026  
Jam : 09:00 WIB  
Tempat : Ruang Sidang

| Bab/Halaman | Uraian         | Keterangan                                                                           |
|-------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|             | SARAN DITAMBAH |   |
|             | ACC JILID      |  |
|             |                |                                                                                      |
|             |                |                                                                                      |
|             |                |                                                                                      |
|             |                |                                                                                      |
|             |                |                                                                                      |

Dosen Penguji 1



Hilfi Harisan Ahmad, ST., MT



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata 49 Telp. (0331) 336728 Fax. (0331) 337957 Kotak Pos 104 Jember 68121

**DAFTAR REVISI PENGUJI 2**  
**SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Tiara Ghayda Putri  
Nomor Induk Mahasiswa : 2210611087  
Judul Tugas Akhir : PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP  
PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC  
Hari / Tanggal : Selasa / 14 Juli 2026  
Jam : 09:00 WIB  
Tempat : Ruang Sidang

| Bab/Halaman | Uraian                           | Keterangan          |
|-------------|----------------------------------|---------------------|
| →           | Teori ACWC → HRS-WC ?            | ✓                   |
| →           | Diperjelas sumber 2%, 4% ... dst | ✓                   |
| →           | Teori Plastik hntc. / Flag ash   | ✓?                  |
| →           | Jangkak & Material               | ✓                   |
| →           | Kesimpulan                       |                     |
|             | Saran                            | Disamping / Jelas ✓ |
| 17/026      | Acc. H/Id.                       |                     |

Dosen Penguji 2

  
Taufan Abadi, ST., MT



**KOMISI PEMBIMBING**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER**

Jl. Karimata No. 49 Jember 68121 Jawa Timur Indonesia  
WhatsApp: +62 811-3800-4940 Email: kombisipil@unmuhjember.ac.id

**SURAT KEPUTUSAN**  
**PENYELESAIAN TUGAS AKHIR**

Nomor : 206 /SKP/TA/2026

Berdasarkan hasil Berita Acara Sidang Tugas Akhir, Evaluasi Nilai Pembimbing dan Penguji beserta keputusan Tim Komisi Pembimbing Tugas Akhir, dengan ini kami memutuskan mahasiswa berikut :

Nama : Tiara Ghayda Putri  
NIM : 2210611087  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Modifikasi Limbah Plastik Multilayer Terhadap Parameter Marshall Pada Campuran Beraspal HRS-WC

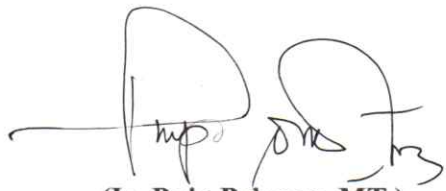
Dosen Pembimbing Utama : Dr. Irawati, S.T., M.T.  
Dosen Pembimbing Kedua : Ilanka Cahya Dewi, S.T., M.T.  
Dosen Penguji Utama : Hilfi Harisan Ahmad, S.T., M.T.  
Dosen Penguji Kedua : Ir. Taufan Abadi, S.T., M.T.

Telah menyelesaikan Tugas Akhir dan mengumpulkan semua persyaratan administrasi Penyelesaian Tugas Akhir.

Demikian surat keputusan ini dibuat, agar dapat dijadikan pertimbangan lebih lanjut dan digunakan sebagaimana mestinya. Terima Kasih.

Jember, 17/07/2026

Ketua Kombi 

  
(Ir. Pujo Priyono, MT.)  
NIP. 196412221990031002

28%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1  | <a href="https://dspace.uui.ac.id">dspace.uui.ac.id</a><br>Internet                                                                                                                                                                                                    | 356 words — 2%  |
| 2  | <a href="https://repository.unmuhjember.ac.id">repository.unmuhjember.ac.id</a><br>Internet                                                                                                                                                                            | 322 words — 2%  |
| 3  | <a href="https://repository.ummat.ac.id">repository.ummat.ac.id</a><br>Internet                                                                                                                                                                                        | 314 words — 2%  |
| 4  | <a href="https://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a><br>Internet                                                                                                                                                                                            | 289 words — 2%  |
| 5  | <a href="https://repository.unissula.ac.id">repository.unissula.ac.id</a><br>Internet                                                                                                                                                                                  | 206 words — 1%  |
| 6  | <a href="https://repository.upstegal.ac.id">repository.upstegal.ac.id</a><br>Internet                                                                                                                                                                                  | 172 words — 1%  |
| 7  | <a href="https://repository.unibos.ac.id">repository.unibos.ac.id</a><br>Internet                                                                                                                                                                                      | 144 words — 1%  |
| 8  | <a href="https://eprints.untirta.ac.id">eprints.untirta.ac.id</a><br>Internet                                                                                                                                                                                          | 139 words — 1%  |
| 9  | <a href="https://123dok.com">123dok.com</a><br>Internet                                                                                                                                                                                                                | 123 words — 1%  |
| 10 | Senja Rum Harnaeni, Putri Rahayu Lestari, Rama Pratama Balich, Gina Aulia. "Komparasi Karakteristik Marshall AC-BC dengan Penggunaan Limbah Ban Luar dan Limbah Steel Slag sebagai Pengganti Agregat Kasar", JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi), 2022<br>Crossref | 88 words — < 1% |
| 11 | <a href="https://repo.bunghatta.ac.id">repo.bunghatta.ac.id</a><br>Internet                                                                                                                                                                                            | 88 words — < 1% |

## PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC

Oleh:

**Tiara Ghayda Putri<sup>1</sup>**

**Irawati<sup>2</sup>**

**Ilanka Cahya Dewi<sup>3</sup>**

Universitas Muhammadiyah Jember

Alamat: Gumuk Kerang, Karangrejo, Kec. Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur  
(68124).

Korespondensi Penulis: [tiaraghayda1803@gmail.com](mailto:tiaraghayda1803@gmail.com), [irawati@unmuhjember.ac.id](mailto:irawati@unmuhjember.ac.id),  
[ilankadewi@unmuhjember.ac.id](mailto:ilankadewi@unmuhjember.ac.id).

**Abstract.** *The increasing volume of multilayer plastic waste, which is difficult to recycle, has become a significant environmental challenge requiring innovative and sustainable solutions. One promising alternative is the utilization of multilayer plastic waste as a partial aggregate substitute in Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) asphalt mixtures, providing both environmental benefits and potential improvements in pavement performance. This study aims to investigate the effect of multilayer plastic waste substitution on the Marshall characteristics and durability of HRS-WC mixtures through the Cantabro Loss test. An experimental laboratory method was employed using 60/70 penetration asphalt with an optimum asphalt content (OAC) of 6.25%. The plastic waste was incorporated at proportions of 2%, 4%, 6%, 8%, and 10% by aggregate weight. The evaluated parameters included Marshall stability, flow, Void in Mix (VIM), Void Filled with Asphalt (VFA), Void in Mineral Aggregate (VMA), Marshall Quotient (MQ), and Cantabro Loss. The results indicate that increasing the multilayer plastic content improved Marshall stability from 3,378 kg to 4,753 kg, increased VFA values, and reduced both VIM and VMA while maintaining compliance with the 2018 Bina Marga*



## **PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP PARAMETER MARSHALL PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC**

*General Specifications. The highest Marshall Quotient was achieved at an 8% plastic content, whereas Cantabro Loss values ranged from 2.43% to 4.72%, remaining well below the maximum allowable limit of 20%, indicating excellent resistance to aggregate particle loss. These findings demonstrate that multilayer plastic waste has considerable potential as a sustainable aggregate substitute in HRS-WC asphalt mixtures, contributing to improved pavement performance while supporting environmentally friendly waste management practices.*

**Keywords:** *HRS-WC asphalt mixture, Cantabro Loss, Marshall characteristics, multilayer plastic waste.*

**Abstrak.** Peningkatan volume limbah plastik multilayer yang sulit didaur ulang menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang memerlukan solusi inovatif dan berkelanjutan. Salah satu alternatif pemanfaatannya adalah sebagai material substitusi agregat pada campuran beraspal *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC), sehingga tidak hanya mengurangi timbunan limbah plastik, tetapi juga berpotensi meningkatkan kinerja perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan limbah plastik multilayer sebagai substitusi sebagian agregat terhadap karakteristik Marshall dan ketahanan campuran melalui pengujian Cantabro Loss. Penelitian menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan aspal penetrasi 60/70 dan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,25%. Variasi kadar limbah plastik yang digunakan adalah 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat agregat. Parameter yang dianalisis meliputi stabilitas, *flow*, *Void in Mix* (VIM), *Void Filled with Asphalt* (VFA), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Marshall Quotient* (MQ), serta nilai *Cantabro Loss*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar limbah plastik multilayer mampu meningkatkan nilai stabilitas dari 3.378 kg menjadi 4.753 kg, meningkatkan nilai VFA, serta menurunkan nilai VIM dan VMA tanpa melampaui batas spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai *Marshall Quotient* tertinggi diperoleh pada kadar plastik 8%, sedangkan nilai *Cantabro Loss* berkisar antara 2,43% hingga 4,72%, masih jauh di bawah batas maksimum 20%, sehingga menunjukkan ketahanan campuran terhadap pelepasan butir agregat tetap baik. Temuan ini membuktikan bahwa limbah plastik multilayer berpotensi dimanfaatkan sebagai material substitusi agregat pada campuran HRS-WC yang tidak

hanya memenuhi persyaratan teknis, tetapi juga mendukung penerapan konstruksi jalan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Campuran Beraspal HRS-WC, Cantabro Loss, Karakteristik Marshall, Limbah Plastik Multilayer.

## LATAR BELAKANG

Peningkatan jumlah sampah plastik di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, sehingga menjadi permasalahan yang semakin parah. Peningkatan ini terjadi karena pertumbuhan populasi, proses urbanisasi yang cepat, serta gaya hidup konsumernya yang mengandalkan penggunaan kemasan plastik sekali pakai. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Indonesia menghasilkan sekitar 6,8 juta ton sampah plastik setiap tahunnya dan lebih dari 60% dari jumlah tersebut tidak didaur ulang. Sampah plastik ini akhirnya hanya berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA) dan mencemari lingkungan sekitar, termasuk perairan laut. Pada tahun 2024, sampah plastik di Indonesia diperkirakan akan menghasilkan 13,98% dari total sampah yang dihasilkan di seluruh negeri dengan volume diperkirakan sekitar 9,9 juta ton. Penyebab utamanya adalah sistem pengelolaan sampah di Indonesia masih tergolong rendah dan kapasitas infrastruktur yang masih terbatas (Arisandi, 2021).

Sampah plastik yang dihasilkan masyarakat terdiri atas berbagai jenis, seperti *Polyethylene Terephthalate* (PETE), *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS), serta plastik Multilayer. Diantara berbagai jenis tersebut, plastik multilayer merupakan salah satu jenis limbah yang pengelolaannya masih sangat terbatas. Hal ini disebabkan karena, plastik multilayer tersusun atas beberapa lapisan material yang berbeda, seperti Polietilen, aluminium, silikon, besi, tembaga, mangan, dan seng. (Riyandini et al., 2021) menjelaskan bahwa plastik multilayer sulit didaur ulang menjadi biji plastik kembali karena setiap lapisan penyusunnya memiliki titik leleh yang berbeda. Lapisan Polietilen meleleh pada suhu sekitar 115°C, sedangkan lapisan aluminium membutuhkan suhu yang jauh lebih tinggi, yaitu sekitar 450°C. Oleh karena itu, limbah plastik multilayer termasuk jenis limbah yang sulit ditangani melalui proses daur ulang konvensional (Widiatika, 2021).

Di sisi lain, pertumbuhan penduduk dan perkembangan aktivitas ekonomi menyebabkan kebutuhan terhadap infrastruktur jalan yang berkualitas semakin

## **PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC**

meningkat. Jalan sebagai prasarana transportasi memiliki peranan penting dalam mendukung mobilitas Masyarakat dan distribusi barang. Oleh karena itu, diperlukan konstruksi perkerasan yang memiliki stabilitas, durabilitas, serta ketahanan yang baik terhadap beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan. Salah satu jenis lapisan perkerasan yang banyak digunakan adalah *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC), yang berfungsi sebagai lapis permukaan dan memiliki kinerja yang baik selama masa pelayanan. Yang umumnya jenis lapisan ini digunakan untuk kondisi jalan dengan lalu lintas tingkat sedang (Oleh, 2013).

Campuran HRS-WC tersusun atas agregat bergradasi senjang, aspal, dan bahan pengisi (Filler) yang dicampur serta dipadatkan pada suhu tertentu. Untuk meningkatkan kualitas campuran, berbagai inovasi material telah dilakukan, salah satunya melalui penggunaan bahan pengisi alternatif seperti fly ash. (Sipi et al., 2021) menyatakan bahwa fly ash memiliki kandungan pozzolan yang mampu mengisi rongga antar agregat sehingga meningkatkan kepadatan dan kekuatan campuran beraspal. Selain penggunaan bahan pengisi alternatif, pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan tambah juga telah banyak dikembangkan karena berpotensi meningkatkan karakteristik campuran sekaligus menjadi salah satu solusi dalam mengurangi pencemaran lingkungan (Sekolah et al., 2023).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah plastik terhadap campuran beraspal. Tirsa Widiatika. et.al., (2021) melakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebagai bahan tambah pada campuran HRS-WC dengan variasi kadar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan plastik LDPE mampu meningkatkan nilai stabilitas, flow, Void Filled With Asphalt (VFA), dan Marshall Quotient (MQ), serta menurunkan nilai Void In Mix (VIM) dibandingkan dengan campuran tanpa bahan tambah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa limbah plastik memiliki potensi untuk meningkatkan karakteristik campuran beraspal (Terhadap & Marshall, 2025).

Meskipun demikian, penelitian sebelumnya umumnya masih berfokus pada penggunaan jenis plastik tertentu, seperti LDPE, dan evaluasi kinerja campuran lebih banyak dilakukan berdasarkan parameter Marshall. Sementara itu, penelitian mengenai pemanfaatan limbah plastik multilayer pada campuran bergradasi senjang seperti HRS-

WC juga perlu dievaluasi terhadap pelepasan butir agregat (*ravelling*), yang dapat diketahui melalui pengujian *Cantabro Test*. Pengujian tersebut menghasilkan nilai kehilangan berat campuran (*Cantabro Loss*) yang dapat digunakan untuk menggambarkan ketahanan campuran terhadap pengikisan akibat beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan limbah plastik multilayer pada campuran HRS-WC dengan mempertimbangkan karakteristik Marshall serta nilai *Cantabro Loss* (Stefany & Elvina, 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh substitusi agregat menggunakan limbah plastik multilayer dengan variasi 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% terhadap karakteristik Marshall dan cantabro loss pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC). Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif pemanfaatan limbah plastik multilayer yang sulit didaur ulang sekaligus menghasilkan campuran perkerasan yang memiliki kinerja lebih baik serta mendukung upaya pengelolaan limbah yang berkelanjutan (Teknologi et al., 2023).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan pada campuran aspal jenis HRS-WC dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70. Penelitian ini menerapkan variasi limbah plastik sebesar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat agregat. Pengujian dilakukan menggunakan metode Marshall untuk memperoleh karakteristik campuran serta menentukan kadar aspal optimum (KAO). Data yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian Marshall pada campuran HRS-WC tanpa substitusi agregat menggunakan limbah plastik multilayer dan campuran HRS-WC dengan substitusi agregat menggunakan limbah plastik multilayer pada variasi 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%.

Analisis pertama dilakukan untuk mengetahui pengaruh limbah plastik multilayer sebagai substitusi agregat terhadap nilai stabilitas Marshall. Nilai stabilitas pada setiap variasi kadar plastik dibandingkan dengan campuran tanpa plastik. Dari hasil perbandingan tersebut dapat diketahui apakah substitusi agregat menggunakan limbah plastik multilayer menyebabkan peningkatan atau penurunan nilai stabilitas campuran HRS-WC. Analisis kedua dilakukan untuk menentukan Kadar Aspal Optimum pada

## **PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC**

campuran HRS-WC. Penentuan KAO dilakukan berdasarkan hasil pengujian Marshall pada campuran tanpa substitusi agregat menggunakan limbah plastik multilayer. Parameter yang digunakan dalam penentuan KAO meliputi stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient. Kadar aspal yang memenuhi seluruh persyaratan kemudian ditetapkan sebagai Kadar Aspal Optimum (Mudjanarko & Limantara, n.d.).

Analisis ketiga dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik Marshall pada campuran HRS-WC dengan variasi limbah plastik multilayer sebesar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Parameter yang dianalisis meliputi nilai stabilitas Marshall, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient. Hasil dari setiap variasi kemudian dibandingkan untuk mengetahui kecenderungan perubahan karakteristik campuran akibat substitusi agregat menggunakan limbah plastik multilayer. Analisis selanjutnya dilakukan terhadap hasil Cantabro Test untuk mengetahui tingkat kehilangan berat (Cantabro Loss) pada campuran HRS-WC dengan variasi limbah plastik multilayer sebesar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Nilai Cantabro Loss dianalisis berdasarkan persentase kehilangan berat benda uji sebelum dan sesudah pengujian menggunakan mesin Los Angeles. Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi ketahanan campuran terhadap pelepasan butir agregat (*ravelling*) dan abrasi permukaan. Semakin kecil nilai Cantabro Loss, maka campuran dinilai memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap pengikisan permukaan.

Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antara kadar limbah plastik multilayer dengan parameter Marshall serta nilai Cantabro Loss. Penyajian data dalam bentuk tabel dan grafik bertujuan untuk mempermudah pembahasan mengenai pengaruh substitusi agregat menggunakan limbah plastik multilayer terhadap karakteristik campuran aspal HRS-WC, baik dari aspek stabilitas dan volumetrik Marshall maupun ketahanan campuran terhadap pelepasan butir agregat (*ravelling*).

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Job Mix Design Aspal HRS – WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*)**

Pada subbab ini disajikan penyusunan *Job Mix Formula* (JMF), penggunaan kadar aspal optimum (KAO) pada campuran dengan substitusi agregat menggunakan plastik *multilayer*, perhitungan berat jenis campuran, serta hasil pengujian *Marshall*. Hasil pengujian tersebut digunakan mengetahui pengaruh substitusi agregat menggunakan plastik *multilayer* terhadap karakteristik campuran HRS – WC.



a. Job Mix Formula Menggunakan KAO Campuran Plastik *Multilayer*

Berdasarkan hasil analisis parameter *Marshall* terhadap variasi kadar aspal, diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,25% yang telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Nilai KAO tersebut selanjutnya digunakan sebagai kadar aspal tetap dalam pembuatan campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course* (HRS – WC) dengan substitusi limbah plastik *multilayer* menggunakan metode kering (*Dry Process*). Substitusi sebagian agregat menggunakan plastik *multilayer* dilakukan dengan variasi kadar sebesar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% terhadap berat agregat. Komposisi campuran HRS – WC dengan menggunakan KAO dengan variasi kadar plastik *multilayer* disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Job Mix Formula Campuran HRS – WC menggunakan KAO dengan variasi Plastik *Multilayer***

|                     |          |              |        |        |        |        |        |
|---------------------|----------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Berat sampel        | Gram     | 1200         | 1200   | 1200   | 1200   | 1200   |        |
| Kadar aspal         | (%)      | 6,25%        | 6,25%  | 6,25%  | 6,25%  | 6,25%  |        |
| Berat aspal         | Gram     | 75           | 75     | 75     | 75     | 75     |        |
| Berat agregat       | Gram     | 1125         | 1125   | 1125   | 1125   | 1125   |        |
| Kadar Plastik       | (%)      | 2%           | 4%     | 6%     | 8%     | 10%    |        |
| Berat Plastik       | Gram     | 22,5         | 45     | 67,5   | 90     | 112,5  |        |
| Penambahan Plastik  | Gram     | 1103         | 1080   | 1058   | 1035   | 1013   |        |
| Saringan            |          | (%) Tertahan | I      | II     | III    | IV     | V      |
| Lolos               | Tertahan |              |        |        |        |        |        |
| 1"                  | 3/4"     | 0,00         | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| 3/4"                | 1/2"     | 9,61         | 105,96 | 103,80 | 101,64 | 99,47  | 97,31  |
| 1/2"                | 3/8"     | 12,51        | 137,90 | 135,09 | 132,27 | 129,46 | 126,64 |
| 3/8"                | No. 8    | 23,69        | 261,13 | 255,80 | 250,47 | 245,14 | 239,81 |
| No. 8               | No. 30   | 17,88        | 197,17 | 193,15 | 189,12 | 185,10 | 181,08 |
| No. 30              | No. 200  | 30,24        | 333,40 | 326,59 | 319,79 | 312,98 | 306,18 |
| No. 200             | Pan      | 6,07         | 66,94  | 65,58  | 64,21  | 62,85  | 61,48  |
| Total berat agregat |          | 1103         | 1080   | 1058   | 1035   | 1013   |        |

*Sumber: Hasil Analisis Data, 2026*

Berdasarkan Tabel 1, kadar aspal optimum sebesar 6,25% dipertahankan tetap pada setiap variasi campuran, sedangkan substitusi plastik *multilayer* dilakukan dengan menggantikan sebagian berat agregat sesuai dengan variasi yang telah ditentukan. Dengan demikian, perubahan komposisi campuran hanya terjadi pada proporsi agregat dan plastik *multilayer*, sementara berat total campuran tetap. Variasi kadar plastik tersebut selanjutnya digunakan dalam pembuatan benda uji untuk mengetahui pengaruh substitusi plastik *multilayer* terhadap karakteristik *Marshall*.

b. Perhitungan Berat Jenis Campuran Aspal HRS – WC

## PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC

Perhitungan berat jenis campuran dilakukan untuk memperoleh nilai berat jenis *bulk* agregat gabungan (*Bulk Specific Gravity / Gsb*), berat jenis semu agregat gabungan (*Apparent Specific Gravity / Gsa*), dan berat jenis efektif agregat (*Effective Specific Gravity / Gse*). Nilai berat jenis tersebut digunakan sebagai dasar dalam perhitungan parameter volumetrik campuran, seperti VIM, VMA, VFA. Hasil perhitungan berat jenis campuran ini disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Perhitungan Berat Jenis Campuran HRS - WC**

| No                           | Agregat              | Berat Jenis |      | Proporsi Cold Bin<br>100% Agregat |
|------------------------------|----------------------|-------------|------|-----------------------------------|
|                              |                      | Bulk        | Semu |                                   |
| 1                            | Course Agg (10 - 20) | 2,70        | 2,68 | 10,0%                             |
| 2                            | Medium Agg (5 - 10)  | 2,67        | 2,65 | 28,0%                             |
| 3                            | Abu Batu (0 - 5)     | 2,63        | 2,59 | 60,0%                             |
| 4                            | Filler               | 2,77        | 2,77 | 2,0%                              |
| <i>Comb Specific Gravity</i> |                      |             |      |                                   |
| 1                            | Gsb                  |             |      | 2,62                              |
| 2                            | Gsa                  |             |      | 2,65                              |
| 3                            | Gse                  |             |      | 2,63                              |

*Sumber: Hasil Analisis Data, 2026*

Berdasarkan Tabel 2. nilai yang diperoleh dari berat jenis campuran selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan parameter volumetrik campuran dan analisis karakteristik *Marshall*.

### Stabilitas

*Marshall* yang digunakan untuk mengetahui kemampuan campuran beraspal dalam menahan beban sebelum mengalami keruntuhan. Pengujian stabilitas dilakukan dalam campuran HRS-WC dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,25% dan variasi penambahan limbah plastik *multilayer* sebesar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Hasil pengujian stabilitas disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Pengujian Stabilitas**

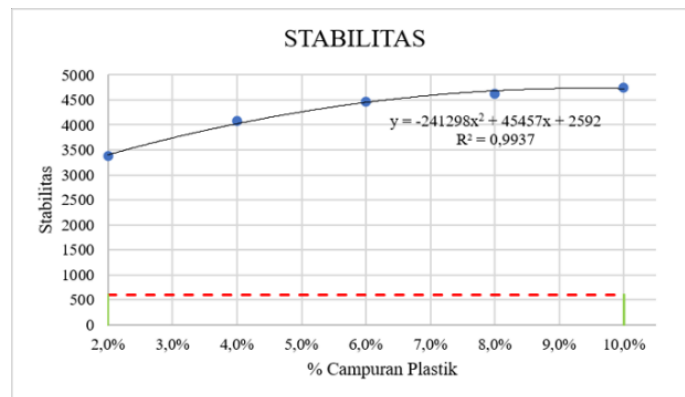
| Persentase<br>Campuran Plastik | Stabilitas<br>(Kg) | Spesifikasi<br>Bina Marga 2018 |
|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| 2%                             | 3378               | <b>&gt; 600</b>                |
| 4%                             | 4075               |                                |
| 6%                             | 4458               |                                |
| 8%                             | 4625               |                                |

|     |      |  |
|-----|------|--|
| 10% | 4753 |  |
|-----|------|--|

Sumber: Hasil Penelitian 2026 dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Berdasarkan Tabel 2, nilai stabilitas menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya kadar limbah plastik *multilayer*. Seluruh variasi campuran menghasilkan nilai stabilitas yang berada diatas persyaratan minimum Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 sebesar 600 Kg. Terlihat bahwa penambahan limbah plastik mampu meningkatkan kemampuan campuran untuk menahan beban.

**Gambar 1. Grafik Stabilitas**



Sumber: Hasil Analisis Data dan Penelitian, 2026

Gambar 1 menunjukkan tren peningkatan nilai stabilitas pada setiap variasi kadar limbah plastik. Kondisi ini mengidentifikasikan bahwa limbah plastik *multilayer* berperan dalam meningkatkan daya ikat antara agregat dan aspal sehingga campuran menjadi lebih padat dan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap pembebanan.

a. *Flow*

*Flow* merupakan parameter yang menunjukkan besarnya deformassi campuran saat menerima beban maksimum sebelum mengalami keruntuhan. Hasil pengujian *flow* pada setiap variasi penambahan plastik *multilayer* disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 1. Hasil Pengujian *Flow***

| Persentase Campuran Plastik | <i>Flow</i> (mm) | Spesifikasi Bina Marga 2018 |
|-----------------------------|------------------|-----------------------------|
| 2%                          | 5,42             | > 3                         |
| 4%                          | 6,75             |                             |
| 6%                          | 7,16             |                             |

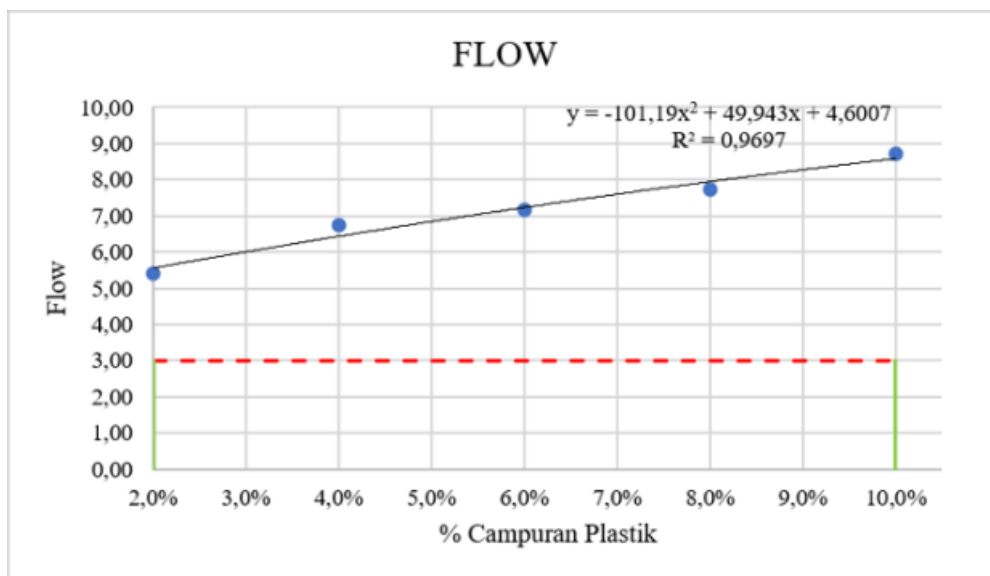
## PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC

|     |      |  |
|-----|------|--|
| 8%  | 7,74 |  |
| 10% | 8,70 |  |

*Sumber: Hasil Penelitian 2026 dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018*

Berdasarkan Tabel 3, nilai *flow* menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya kadar limbah plastik *multilayer*. Seluruh nilai *flow* masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu lebih dari 3 mm. Hal ini menunjukkan bahwa campuran masih memiliki fleksibilitas yang baik dan dapat mengalami deformasi sebelum mengalami kerusakan.

**Gambar 2. Grafik *Flow***



*Sumber: Hasil Analisis Data dan Penelitian, 2026*

Gambar 2, memperlihatkan bahwa peningkatan kadar limbah plastik *multilayer* diikuti dengan peningkatan nilai *flow*. Hal ini menunjukkan bahwa campuran menjadi lebih fleksibel akibat sifat termoplastis plastik yang mampu meningkatkan deformasi sebelum keruntuhan. Meskipun demikian, nilai *flow* yang diperoleh masih berada dalam batas spesifikasi sehingga campuran tetap memenuhi persyaratan sebagai HRS-WC.

### b. *Void In Mix* (VIM)

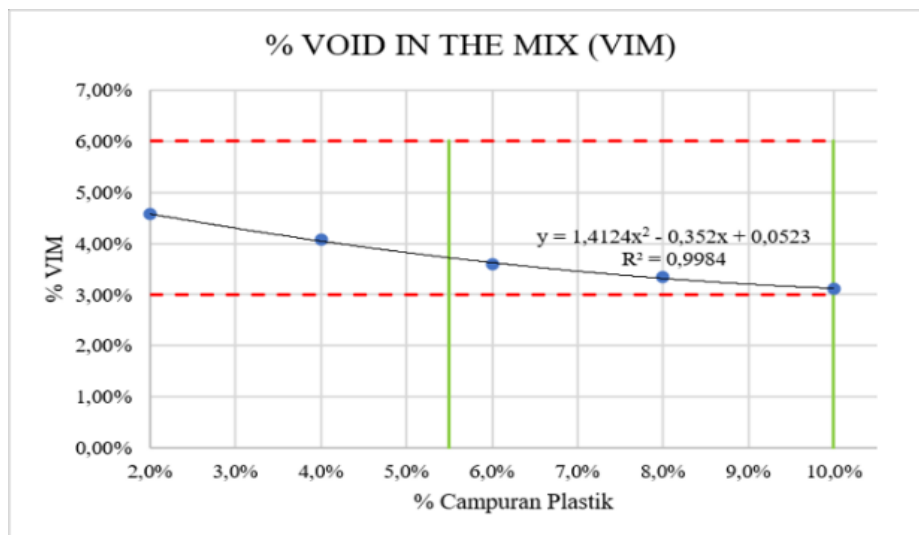
VIM merupakan persentase rongga udara yang masih terdapat di dalam campuran beraspal setelah proses pemadatan. Parameter ini digunakan untuk mengevaluasi tingkat kepadatan campuran serta ketahanannya terhadap masuknya air dan udara. Hasil pengujian VIM pada setiap variasi penambahan limbah plastik *multilayer* disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 2. Hasil Pengujian VIM**

| Persentase Campuran Plastik | VIM (%) | Spesifikasi Bina Marga 2018 |
|-----------------------------|---------|-----------------------------|
| 2%                          | 4,58%   | 3 - 6                       |
| 4%                          | 4,07%   |                             |
| 6%                          | 3,59%   |                             |
| 8%                          | 3,34%   |                             |
| 10%                         | 3,12%   |                             |

Sumber: Hasil Penelitian 2026 dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Berdasarkan Tabel 4, nilai VIM mengalami penurunan seiring meningkatnya kadar limbah plastik *multilayer*. Seluruh variasi campuran masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu berada pada rentang 3-6%. Penurunan nilai VIM menunjukkan bahwa rongga udara dalam campuran semakin berkurang sehingga campuran menjadi lebih padat.

**Gambar 3. Grafik VIM**

Sumber: Hasil Analisis Data dan Penelitian, 2026

Gambar 3 menunjukkan kecenderungan penurunan nilai VIM pada setiap penambahan limbah plastik *multilayer*. Hal ini mengidentifikasikan bahwa plastik yang meleleh selama proses pencampuran mampu mengisi sebagian rongga antaragregat sehingga mengurangi volume rongga udara dalam campuran. Kondisi tersebut dapat meningkatkan kepadatan campuran, namun nilai VIM tetap perlu berada dalam batas



## PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC

spesifikasi agar campuran tidak terlalu kepad dan masih memiliki ruang untuk mengakomodasi perubahan volume akibat temperatur.

### c. *Void-Filled With Asphalt* (VFA)

VFA merupakan persentase rongga agregat yang terisi oleh aspal efektif. Parameter ini digunakan untuk mengetahui kemampuan aspal dalam mengisi rongga antaragregat sehingga mempengaruhi durabilitas dan kekedapan campuran. Hasil pengujian VFA disajikan pada Tabel 5.

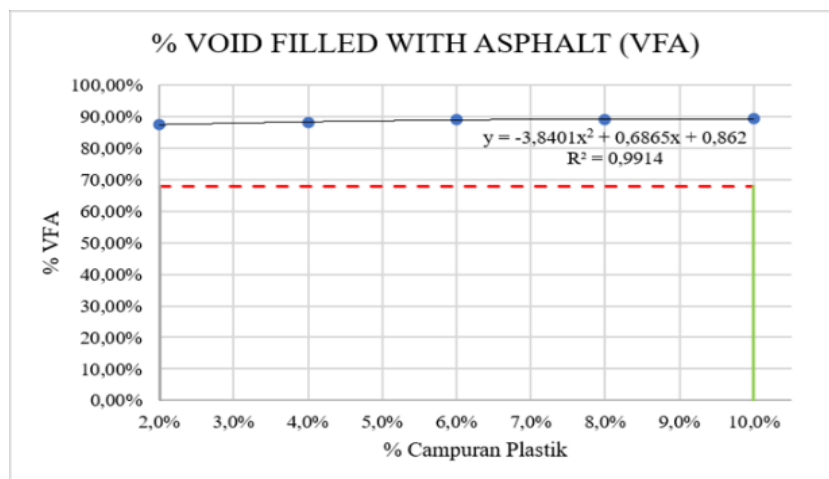
**Tabel 3. Hasil Pengujian VFA**

| Persentase<br>Campuran Plastik | VFA<br>(%) | Spesifikasi<br>Bina Marga 2018 |
|--------------------------------|------------|--------------------------------|
| 2%                             | 87,44%     | <b>&gt; 68</b>                 |
| 4%                             | 88,25%     |                                |
| 6%                             | 89,03%     |                                |
| 8%                             | 89,18%     |                                |
| 10%                            | 89,23%     |                                |

*Sumber: Hasil Penelitian 2026 dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018*

Berdasarkan Tabel 5, nilai *Void Filled with Asphalt* (VFA) mengalami peningkatan pada setiap variasi kadar limbah plastik *multilayer*. Nilai VFA berturut-turut sebesar 87,44%, 88,25%, 89,03%, 89,18%, dan 89,23% untuk variasi 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Seluruh nilai tersebut telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu lebih besar dari 68%. Peningkatan nilai VFA menunjukkan bahwa rongga antaragregat semakin banyak terisi oleh aspal efektif sehingga campuran menjadi lebih rapat. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan limbah plastik *multilayer* mampu meningkatkan kemampuan aspal dalam mengisi rongga tanpa mengurangi kelayakan campuran berdasarkan spesifikasi yang berlaku.

**Gambar 4. Grafik VFA**



Sumber: Hasil Analisis Data dan Penelitian, 2026

Gambar memperlihatkan tren peningkatan VFA seiring bertambahnya kadar limbah plastik *multilayer*. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan plastik membantu meningkatkan pengisian rongga oleh aspal sehingga ikatan antara agregat dan aspal menjadi lebih baik. Akibatnya, campuran memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap masuknya air yang dapat menyebabkan kerusakan perkerasan.

#### d. Void In Mineral Aggregate (VMA)

VMA merupakan volume rongga yang terbentuk diantara susunan agregat pada campuran yang telah dipadatkan, termasuk rongga yang terisi aspal dan udara. Nilai VMA berpengaruh terhadap jumlah aspal efektif yang dapat ditampung dalam campuran. Hasil pengujian VMA disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 4. Hasil Pengujian VMA**

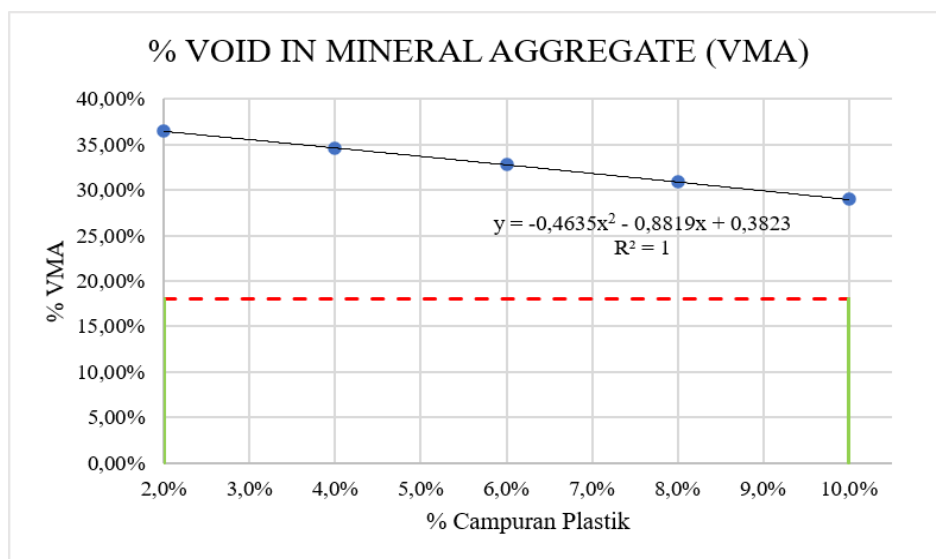
| Persentase Campuran Plastik | VMA (%) | Spesifikasi Bina Marga 2018 |
|-----------------------------|---------|-----------------------------|
| 2%                          | 36,44%  | > 18                        |
| 4%                          | 34,63%  |                             |
| 6%                          | 32,77%  |                             |
| 8%                          | 30,87%  |                             |
| 10%                         | 28,94%  |                             |

Sumber: Hasil Penelitian 2026 dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

## PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC

Berdasarkan Tabel 6, nilai VMA menunjukkan kecenderungan menurun dengan meningkatnya kadar limbah plastik *multilayer*. Meskipun mengalami penurunan, seluruh variasi memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu  $> 18\%$ . Hal ini menunjukkan bahwa ruang antaragregat masih cukup untuk menampung aspal secara efektif.

**Gambar 5. Grafik VMA**



*Sumber: Hasil Analisis Data dan Penelitian, 2026*

Gambar 5 menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik *multilayer* menyebabkan nilai VMA semakin kecil. Penurunan tersebut terjadi karena sebagian rongga antar agregat terisi oleh campuran aspal dan plastik yang telah meleleh sehingga struktur campuran menjadi lebih rapat. Kondisi ini juga mendukung peningkatan stabilitas campuran selama nilai VMA masih memenuhi batas spesifikasi.

### e. *Marshall Quotient*

*Marshall Quotient* merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow* yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kekakuan campuran beraspal. Nilai MQ yang tinggi menunjukkan campuran memiliki kemampuan yang baik dalam menahan deformasi. Hasil pengujian MQ disajikan dalam Tabel 7.

**Tabel 5. Hasil Pengujian MQ**

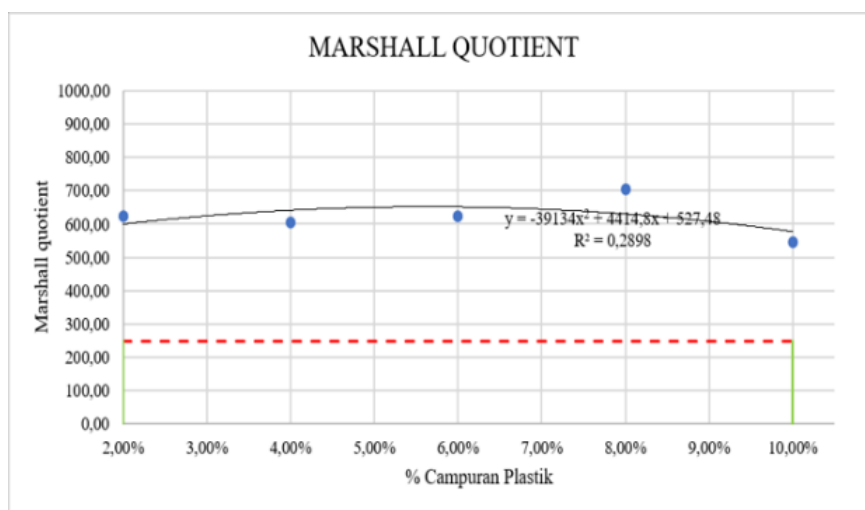
| Persentase<br>Campuran Plastik | MQ<br>(Kg/mm) | Spesifikasi<br>Bina Marga 2018 |
|--------------------------------|---------------|--------------------------------|
|--------------------------------|---------------|--------------------------------|

|     |        |       |
|-----|--------|-------|
| 2%  | 623,17 | > 250 |
| 4%  | 604,67 |       |
| 6%  | 623,60 |       |
| 8%  | 704,20 |       |
| 10% | 545,28 |       |

*Sumber: Hasil Penelitian 2026 dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018*

Berdasarkan Tabel 7, nilai MQ mengalami peningkatan hingga kadar limbah plastik tertentu, kemudian mengalami penurunan pada kadar yang lebih tinggi. Meskipun demikian, seluruh variasi campuran masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan plastik mampu meningkatkan kekakuan campuran, namun penggunaan yang terlalu tinggi dapat mengurangi efektivitasnya.

**Gambar 6. Grafik MQ**



*Sumber: Hasil Analisis Data dan Penelitian, 2026*

Gambar 6 memperlihatkan bahwa nilai MQ mencapai nilai optimum pada kadar limbah plastik tertentu sebelum mengalami penurunan. Kondisi ini menunjukkan adanya kadar penambahan plastik yang paling efektif dalam meningkatkan keseimbangan antara stabilitas dan fleksibilitas campuran. Apabila kadar limbah plastik ditambahkan secara berlebihan, peningkatan nilai *flow* menjadi lebih dominan sehingga nilai *Marhall Quotient* cenderung menurun.

# PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC

## Hasil Pengujian *Cantabro Test* Menggunakan KAO Campuran Plastik *Multilayer* Terhadap Aspal HRS-WC

Pengujian *Cantabro Loss* dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan dan durabilitas campuran aspal terhadap keausan akibat gesekan dan tumbukan. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan berat sampel benda uji sebelum dan sesudah diputar didalam mesin *Los Angeles Abrasion* tanpa bola baja. Hasil pengujian keausan ini dengan variasi persentase kadar plastik *multilayer* sebesar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 20% pada kadar aspal optimum (KAO) kemudian dibandingkan dengan standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Spesifikasi tersebut menetapkan nilai kehilangan berat maksimum yang diizinkan adalah  $< 20\%$ . Data lengkap hasil pengujian keausan tersebut disajikan daLAM Tabel 8 berikut.

**Tabel 8. Hasil Pengujian *Cantabro Loss***

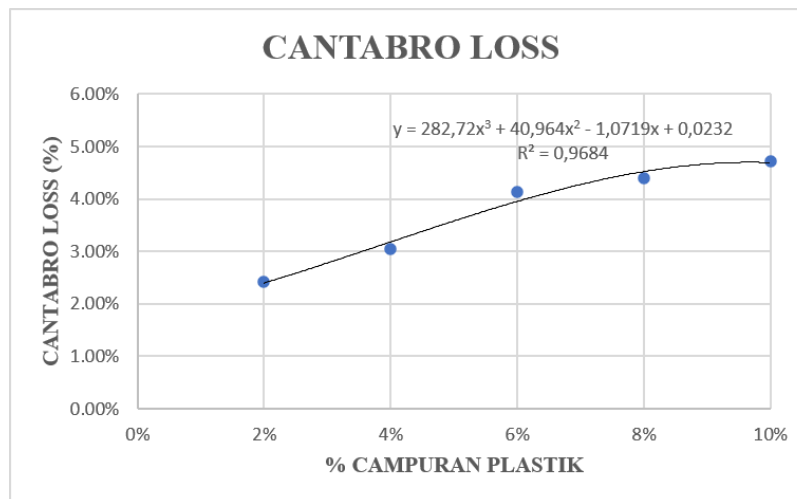
| Persentase<br>Campuran<br>Plastik | Cantabro Loss |         |            | Spesifikasi<br>Bina Marga<br>2018 |
|-----------------------------------|---------------|---------|------------|-----------------------------------|
|                                   | Sebelum       | Sesudah | Kehilangan |                                   |
| 2%                                | 1193,5        | 1164,5  | 2,43%      | <b><math>&lt; 20\%</math></b>     |
| 4%                                | 1194,5        | 1158    | 3,06%      |                                   |
| 6%                                | 1182,5        | 1133,5  | 4,14%      |                                   |
| 8%                                | 1183          | 1131    | 4,40%      |                                   |
| 10%                               | 1185,5        | 1129,5  | 4,72%      |                                   |

*Sumber: Hasil Penelitian 2026 dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018*

Berdasarkan tabel diatas, terlihat bahwa seluruh variasi campuran plastik memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga 2018 karena kehilangan berat berada jauh dibawah batas maksimum 20%. Nilai kehilangan berat terendah diperoleh pada variasi campuran plastik 2% yaitu sebesar 2,43% dan secara bertahap meningkat hingga mencapai nilai tertinggi pada kadar plastik 10% yaitu sebesar 4,72%. Sedangkan untuk hubungan matematis antara parameter campuran plastik terhadap nilai *Cantabro Loss* secara lebih jelas, dapat dilihat pada Gambar 7

### **Gambar 7. Grafik *Cantabro Loss* Hasil Campuran Aspal HRS – WC Dengan Menggunakan substitusi agregat menggunakan Limbah Plastik *Multilayer***





*Sumber: Hasil Analisis Data dan Penelitian, 2026*

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat hubungan antara substitusi agregat menggunakan persentase campuran plastik dan nilai *Cantabro Loss* menunjukkan pola yang berbanding lurus. Persamaan regresi yang terbentuk adalah  $y = 282,72x^3 + 40,964x^2 - 1,0719x + 0,0232$  dengan nilai  $R^2 = 0,9684$ . Nilai  $R^2$  yang mendekati angka 1 ini menandakan bahwa hubungan tersebut sangat kuat dan akurat dalam menggambarkan pengaruh variasi campuran plastik terhadap tingkat keausan aspal. Kenaikan nilai *Cantabro Loss* ini mengidentifikasi bahwa semakin tinggi kadar plastik yang ditambahkan, daya ikat (*Cohesion*) antar agregat sedikit menurun, sehingga persentase kehilangan beratnya cenderung meningkat. Meskipun demikian, stabilitas campuran secara keseluruhan tetap terjaga dengan sangat baik.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Substitusi sebagian agregat menggunakan limbah plastik multilayer pada campuran HRS-WC memberikan pengaruh positif terhadap karakteristik Marshall. Peningkatan kadar plastik hingga 10% mampu meningkatkan nilai stabilitas campuran, sementara parameter VIM, VMA, VFA, flow, dan *Marshall Quotient* tetap memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Pengujian *Cantabro Loss* menunjukkan seluruh variasi campuran memiliki kehilangan berat di bawah 20%, sehingga ketahanan terhadap pelepasan butir agregat masih tergolong baik. Secara keseluruhan, limbah plastik multilayer dapat dimanfaatkan sebagai material alternatif dalam campuran HRS-

# **PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK *MULTILAYER* TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN BERASPAL HRS-WC**

WC sekaligus mendukung upaya pengurangan limbah plastik tanpa mengurangi mutu perkerasan.

## **Saran**

Penelitian selanjutnya disarankan mengevaluasi penggunaan limbah plastik multilayer pada kadar yang lebih beragam serta menguji kinerjanya terhadap sifat mekanik lain, seperti ketahanan deformasi permanen, kelelahan, dan pengaruh penuaan aspal. Selain itu, perlu dilakukan pengujian skala lapangan agar diperoleh gambaran mengenai kinerja campuran dalam kondisi lalu lintas dan lingkungan yang sebenarnya.

## **DAFTAR REFERENSI**

- Arisandi, E. S. (2021). *ANALISIS KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN HOT ROLLED SHEET WEARING COURSE ( HRS-WC ) MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH PLASTIK BEKAS JENIS HIGH DENSITY POLYETHYLENE ( HDPE )*. 4(2), 120–129.
- Mudjanarko, S. W., & Limantara, D. (n.d.). *STUDI PENGGUNAAN VARIASI CAMPURAN MATERIAL PLASTIK JENIS HIGH DENSITY POLYETHYLENE ( HDPE ) PADA CAMPURAN BERASPAL UNTUK LAPIS AUS AC- WC ( ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE )*. 8, 222–233.
- Oleh, D. (2013). *DENGAN ASPAL BUTON LAWELE PADA CAMPURAN ASPAL CONCRETE BASE COURSE ( AC-BC ) MENGGUNAKAN METODE MARSHALL TEST*. 4(2), 181–190.
- Sekolah, D. I., Aliyah, M., Olak, N., Kota, K., Hapis, A. A., Sanuddin, M., Parman, H., & Murfi, A. C. (2023). *Jurnal Pengabdian KITA*. 6(01), 1–3.
- Sipi, T., Teknik, F., & Raya, U. P. (2021). *Jurnal kacapuri*. 4(Vim), 213–222.
- Stefany, A., & Elvina, I. (2021). *PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH PLASTIK HDPE TERHADAP DURABILITAS CAMPURAN HRS - WC*. 5(1), 56–63.
- Teknologi, J., Setiowati, R., & Putra, M. F. (2023). *Struktur Biaya Produksi Aspal Buton Untuk Kebutuhan Infrastruktur Sebagai Substitusi Impor*. 1, 35–42. <https://doi.org/10.52330/jtm.v21i1.94>
- Terhadap, L. A., & Marshall, K. (2025). *PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK PADA CAMPURAN*. 334–338.

Widiatika, T. (2021). *ANALISIS KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN HOT ROLLED SHEET WEARING COURSE ( HRS-WC ) MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH PLASTIK BEKAS JENIS LOW DENSITY POLYETHYLENE ( LDPE )*. 4(2), 172–180.

**SURAT KETERANGAN PUBLIKASI ARTIKEL JURNAL**

**Letter Of Accepted (LoA)**

Nomor : 4387/JMA/Vol4/No7/2026

Kepada YTH.

**Tiara Ghayda Putri, Irawati, Ilanka Cahya Dewi**

Terimakasih telah mengirimkan artikel terbaik anda untuk diterbitkan pada **Jurnal Media Akademik (JMA)** dengan judul:

**"PENGARUH MODIFIKASI LIMBAH PLASTIK MULTILAYER  
TERHADAP PARAMETER MARSHALL PADA CAMPURAN  
BERASPAL HRS-WC"**

Berdasarkan hasil review dan keputusan tim editor, maka artikel tersebut dinyatakan **DITERIMA** untuk dipublikasikan pada **Jurnal Media Akademik (JMA)** edisi **Volume 4 Nomor 7** bulan **Juli 2026**.

Demikian surat keterangan ini kami sampaikan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya, kami ucapkan terimakasih.

**No Reg : LOA20260721192333**

Sidoarjo, 21 July 2026

Editor In Chief



Keaslian LOA Dapat  
Diperiksa Dengan  
Memindai QR Code  
Disamping !

LOA20260721192333



MEDIA AKADEMIK PUBLISHER

Muhammad Rifqi Nur Wachid Adi  
Pratama, C.PS., C.WS

Penerbit :

**PT. Media Akademik Publisher**

JL. Tanjung Dusun Sono Sidokerto RT.01 RW.04, Buduran, Sidoarjo, Jawa Timur (61252)

085727200074

admin@mediaakademik.com

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### Data Pribadi

:

Nama Lengkap : Tiara Ghayda Putri

Tempat, Tanggal Lahir : Sidoarjo, 18 Maret 2003

Jenis Kelamin : Perempuan

Tinggi Badan : 166 cm

Agama : Islam

Alamat : Dsn. Karang Templek, Desa Andongsari, Rt.002,  
Rw.014, Kec. Ambulu, Kab. Jember

No. Telp. : 085855575808

Alamat E-mail : tiaraghayda1803@gmail.com



### Pendidikan Formal

:

Sekolah Dasar : MI Muhammadiyah 01 Watukebo (2009 - 2015)

Sekolah Menengah Pertama : SMP Muhammadiyah 09 Watukebo (2016 - 2018)

Sekolah Menengah Atas : MA Muhammadiyah 1 Jember (2018 - 2021)

Pendidikan S1 : Universitas Muhammadiyah Jember (2022 - 2026)

### Pengalaman Organisasi

:

UKM Hizbul Wathan (2022 - 2023)

Asisten Laboratorium Transportasi (2025 - 2026)