



# JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

1. **EVALUASI KAPASITAS RUANG PARKIR PADA JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN TEKNIK SIPIL POLITEKNIK NEGERI LHOKEUMAWE**  
(Aulia Saufayuk Tika, Syaifuddin, Faisal Abdullah)
2. **STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON SUBSTITUSI AGREGAT ALAM DENGAN PENAMBAHAN CRUMB RUBBER**  
(Ella Yustika, Mulizar, Teuku Riyadsyah)
3. **PERENCANAAN ULANG GELAGAR PRATEGANG JEMBATAN SEUNEUBOK PAYA KECAMATAN PEUDADA KABUPATEN BIREUEN**  
(Ghufran, Syukri, Herri Mahyar)
4. **ESTIMASI BIAYA DENGAN MENGGUNAKAN METODE COST SIGNIFICANT MODEL PADA KONSTRUKSI JALAN DI KABUPATEN ACEH TIMUR**  
(Intan Mutia, Chairil Anwar, Fajri)
5. **STUDI KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA PERBAIKAN (Studi Kasus: Jalan Bireuen–Takengon Km 9+000 s.d 13+000)**  
(Muhammad Rizal, Rosalina, Zulfikar)
6. **OPTIMALISASI KOMPOSISI AGREGAT BETON PAVING BLOCK MUTU TINGGI**  
(Muhammad Ryan Diwana, Syamsul Bahri, Sulaiman Yh)
7. **METODE DAN WAKTU PELAKSANAAN JEMBATAN LAPEHAN KECAMATAN MAKMUR KABUPATEN BIREUEN DENGAN MENGGUNAKAN NETWORK PLANNING**  
(Muhammad Viqral Vahlevy, Syarifah Keumala Intan, Kurniati)
8. **TINJAUAN RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN MATANG BEN-PULO BLANG KABUPATEN ACEH UTARA**  
(Munzil Asri, Jafar Siddik, Supardin)
9. **PERENCANAAN ULANG BALOK GIRDER BETON BERTULANG PADA JEMBATAN GAMPONG RUMIA KECAMATAN DARUL AMAN KABUPATEN ACEH TIMUR**  
(Nyak Tihawa, Iskandar, Bakhtiar A)
10. **RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK JEMBATAN PUCOK ALUE KECAMATAN BAKTIYA KABUPATEN ACEH UTARA**  
(Sitti Suhaila, Munardy, Abdullah Irwansyah)

# JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

## Penasehat

Direktur Politeknik Negeri Lhokseumawe

## Penanggung Jawab

Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
Politeknik Negeri Lhokseumawe

## Ketua Redaksi

Muhammad Reza, M.Eng.

## Sekretaris Redaksi

Erna Yusnianti, S.Si., M.Si.

## Dewan Editor:

Dr. Ir. Mochammad Afifuddin, M.Eng.	(Universitas Syiah Kuala)
Dr. Ir. Yuhanis Yunus, M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Ir. Munardi, M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Ir. Samsul Bahri, M.Si.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Muliadi, S.T., M.T.	(Universitas Negeri Malikussaleh)
Syarwan, S.T., M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Yulius Rief Alkhaly, S.T., M.Eng.	(Universitas Negeri Malikussaleh)

## Penyunting Pelaksana

Ibrahim, S.T., M.T.

## Pelaksana Tata Usaha

Hasanuddin, A.Md.

## Penerbit

Politeknik Negeri Lhokseumawe

## Alamat:

Jurusan Teknik Sipil  
Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Banda Aceh–Medan Km 280,3 Buketrata  
Lhokseumawe 24301 P.O. Box 90  
Website: sipil.pnl.ac.id, email: pjj@pnl.ac.id

# JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

## DAFTAR ISI

Dewan Redaksi .....	i
Daftar Isi .....	ii
Pengantar Redaksi .....	iii
<b>EVALUASI KAPASITAS RUANG PARKIR PADA JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN TEKNIK SIPIL POLITEKNIK NEGERI LHOKSEUMAWE</b> (Aulia Saufayuk Tika, Syaifuddin, Faisal Abdullah).....	1-5
<b>STUDI KARAKTERISTIKCAMPURAN ASPAL BETONSUBSTITUSI AGREGAT ALAM DENGAN PENAMBAHAN CRUMB RUBBER</b> (Ella Yustika, Mulizar, Teuku Riyadsyah).....	6-13
<b>PERENCANAAN ULANG GELAGAR PRATEGANG JEMBATAN SEUNEUBOK PAYA KECAMATAN PEUDADA KABUPATEN BIREUEN</b> (Ghufran, Syukri, Herri Mahyar).....	14-19
<b>ESTIMASI BIAYA DENGAN MENGGUNAKAN METODE COST SIGNIFICANT MODEL PADA KONSTRUKSI JALAN DI KABUPATEN ACEH TIMUR</b> (Intan Mutia, Chairil Anwar, Fajri).....	20-27
<b>STUDI KERUSAKAN JALAN DAN ESTIMASI BIAYA PERBAIKAN (Studi Kasus: Jalan Bireuen– Takengon Km 9+000 s.d 13+000)</b> (Muhammad Rizal, Rosalina, Zulfikar).....	28-37
<b>OPTIMALISASI KOMPOSISI AGREGAT BETON PAVING BLOCK MUTU TINGGI</b> (Muhammad Ryan Diwana, Syamsul Bahri, Sulaiman Yh).....	38-44
<b>METODE DAN WAKTU PELAKSANAAN JEMBATAN LAPEHAN KECAMATAN MAKMUR KABUPATEN BIREUEN DENGAN MENGGUNAKAN NETWORK PLANNING</b> (Muhammad Viqral Vahlevy, Syarifah Keumala Intan, Kurniati).....	45-55
<b>TINJAUAN RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN MATANG BEN-PULO BLANG KABUPATEN ACEH UTARA</b> (Munzil Asri, Jafar Siddik, Supardin).....	56-64
<b>PERENCANAAN ULANG BALOK GIRDER BETON BERTULANG PADA JEMBATAN GAMPONG RUMIA KECAMATAN DARUL AMAN KABUPATEN ACEH TIMUR</b> (Nyak Tihawa, Iskandar, Bakhtiar A).....	65-73
<b>RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK JEMBATAN PUCOK ALUE KECAMATAN BAKTIYA KABUPATEN ACEH UTARA</b> (Sitti Suhaila, Munardy, Abdullah Irwansyah).....	74-82
<b>Pentunjuk Penulisan Artikel Ilmiah</b> .....	83

# JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

## PENGANTAR REDAKSI

*Assalamualaikum wr wb.*

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Jurnal Sipil Sains Terapan Volume 02 Nomor 02 Edisi September 2019 dapat diterbitkan. Jurnal Sipil Sains Terapan ini merupakan jurnal hasil Tugas Akhir dari Mahasiswa Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Jurnal Sipil Sains Terapan ini terbit secara berkala dengan frekuensi terbitan sebanyak 2 (dua) kali dalam setahun. Pada Volume 02 Nomor 02 Edisi September 2019 ini terdapat 10 (sepuluh) artikel. Artikel-artikel yang tergabung di dalam Jurnal Sipil Sains Terapan ini meninjau dari sisi teknik maupun manajemen dalam perencanaan jalan dan jembatan.

Redaksi mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penerbitan Jurnal Sipil Sains Terapan ini. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan terhadap Jurnal Sipil Sains Terapan pada edisi-edisi yang berikutnya untuk memperkaya keilmuan terkait perencanaan jalan dan jembatan.

**Redaksi**

# STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON SUBSTITUSI AGREGAT ALAM DENGAN PENAMBAHAN CRUMB RUBBER

Ella Yustika<sup>1</sup>, Mulizar<sup>2</sup>, Teuku Riyadhshyah<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Buketrata, email: [ellayustika22@gmail.com](mailto:ellayustika22@gmail.com)

<sup>2)</sup> Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Buketrata, email: [mulizar@pnl.ac.id](mailto:mulizar@pnl.ac.id)

<sup>3)</sup> Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Buketrata, email: [riyadhshyah.teuku@pnl.ac.id](mailto:riyadhshyah.teuku@pnl.ac.id)

## ABSTRAK

Pemanfaatan agregat alam sebagai konstruksi perkerasan lentur merupakan salah satu alternatif dalam mengurangi penggunaan agregat batu pecah yang membutuhkan biaya besar dalam proses pengolahan dan pengangkutannya ke lokasi proyek. Penelitian dilakukan untuk mengetahui karakteristik campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) pada substitusi agregat alam dengan menggunakan bahan tambah limbah ban bekas (*Crumb Rubber*). Penggunaan *Crumb Rubber* sebagai bahan tambah dapat menjadi solusi dalam penanganan limbah ban bekas. Penelitian yang dilakukan mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Metode penelitian yang dilakukan berbasis eksperimen di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. Kadar aspal ideal dari hasil substitusi agregat alam didapatkan 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dengan Jumlah tumbukan 2 x 75 tumbukan, dan diperoleh nilai kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6%. pembuatan benda uji dengan nilai KAO dilakukan penambahan *crumb rubber* dengan variasi 0%, 2%, 4%, dan 6%. Kinerja campuran yang optimum berada pada persentase penambahan 4%. Dari pengujian parameter *Marshall* dengan rendaman 30 menit diperoleh nilai stabilitas 1432 kg, nilai VMA 17,13%, nilai VFB 71,35%, nilai MQ 299,09 kN/mm, Density 2,21 gr/cm<sup>3</sup>, nilai *flow* 4,8 mm dan nilai VIM 11,52%. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa keberadaan *Crumb Rubber* sebagai bahan tambah mempengaruhi kinerja campuran dalam penggunaan agregat alam sehingga kemampuan aspal beton dalam menerima beban menjadi lebih baik.

**Kata Kunci:** Agregat Alam, *Crumb Rubber*, Variasi Campuran, Aspal beton.

## I. PENDAHULUAN

Salah satu jenis perkerasan yang digunakan di Indonesia adalah perkerasan lentur, dan jenis campuran yang digunakan adalah *Asphalt Concrete* (AC) atau di Indonesia sering disebut sebagai Lapis Aspal Beton (Laston). Dalam pembuatan campuran ini tentu membutuhkan agregat dalam jumlah banyak. Karena dalam struktur perkerasan 90-95% terdiri dari agregat. Salah satu material yang banyak digunakan adalah kerikil atau agregat kasar.

Pada umumnya, konstruksi perkerasan lentur di Indonesia menggunakan agregat batu pecah yang mempunyai permukaan kasar dan bersudut, sehingga memiliki daya lekat yang sangat baik terhadap campuran aspal. Namun dibutuhkan biaya yang besar dalam proses pengolahan dan pengangkutannya, sehingga adanya pemanfaatan agregat alam sebagai material dalam campuran aspal beton, karena biaya yang murah dan memiliki ketersediaan yang banyak. Agregat alam itu sendiri adalah agregat yang digunakan dalam bentuk alamnya, terbentuk berdasarkan aliran sungai. Agregat yang terbentuk dari aliran sungai memiliki permukaan yang cenderung lebih halus dan licin dengan bentuk yang relatif bulat.

Pada penelitian sebelumnya oleh Bulgis, Rani Bastari Alkam (2017), dengan studi kasus Pemanfaatan Agregat Alam dan Agregat Batu Pecah Sebagai Material Perkerasan Pada Campuran Aspal Beton, hasil dari penelitian tersebut adalah kadar agregat alam yang dapat menghasilkan kinerja campuran aspal beton yang optimum berada pada interval 10% - 50%

terhadap total besar agregat kasar. Sementara penambahan kadar agregat alam sebesar 60% - 100% nilai stabilitas dan nilai *flow* tidak memenuhi spesifikasi.

Pada permasalahan di atas, maka usaha untuk meningkatkan kinerja campuran aspal beton yang baik dengan menggunakan agregat alam dalam jumlah yang besar, salah satu alternatif yang dipilih adalah dengan pemakaian bahan tambah ke dalam campuran aspal beton. Banyak material sisa/limbah yang dapat didaur ulang dan mempunyai kemungkinan dapat digunakan dalam campuran aspal beton, yang diyakini dapat meningkatkan kinerjanya seperti stabilitas dan durabilitasnya. Salah satu hasil material limbah daur ulang yang dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran aspal beton adalah limbah ban bekas (*crumb rubber*).

Perbedaan dalam penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu peneliti melakukan substitusi terhadap agregat kasar dan agregat sedang yaitu *split* dan *screen* dengan menggunakan agregat alam dan memanfaatkan limbah ban bekas atau *crumb rubber* sebagai bahan tambah dalam campuran aspal beton yang menggunakan perencanaan campuran AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*).

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana karakteristik *Marshall* dalam campuran AC-WC terhadap substitusi agregat alam dengan penambahan *crumb rubber*. Dengan tujuan dapat mengetahui karakteristik *Marshall* dalam campuran AC-WC terhadap substitusi agregat alam dengan penambahan *crumb rubber*. Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai salah satu alternatif untuk memanfaatkan agregat alam sebagai material perkerasan dan memanfaatkan limbah ban bekas sebagai bahan aditif dalam campuran AC - WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*).

## II. METODOLOGI

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengumpulan data yang bermanfaat bagi proses penelitian, Data tersebut berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengamatan atau pemeriksaan di laboratorium yang akan dijadikan suatu pembahasan dan kesimpulan. Pengujian tersebut meliputi pengujian analisa ayakan, pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar, pengujian kelekatan aspal terhadap agregat, pengujian berat jenis aspal, pengujian penetrasi aspal, pengujian titik lembek aspal, sifat-sifat fisis aspal, dan pengujian stabilitas campuran aspal beton. Stabilitas campuran beton aspal ditinjau dengan alat *Marshall* terhadap benda uji normal 2 x 75 tumbukan. Data sekunder diperoleh dari angka kalibrasi alat yang digunakan di laboratorium, angka koreksi dan sebagainya.

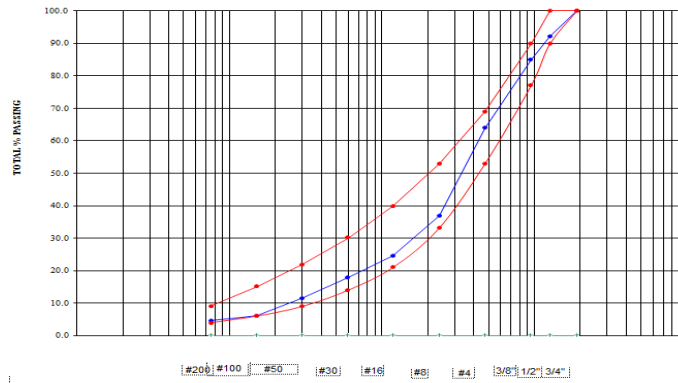
Dalam campuran pembuatan benda uji variasi kadar aspal ideal, agregat kasar akan disubstitusikan dengan agregat alam sebesar 60% dari total penggunaan *split* dan *screen*. Pada variasi penambahan *Crumb Rubber* sebanyak 0%, 2%, 4%, dan 6%. Pencampuran *crumb rubber* dilakukan dengan cara *dry process* atau dengan cara kering.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh meliputi data hasil analisa gradasi agregat, data hasil pengujian *Marshall*, data hasil penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).

### A. Hasil Pemeriksaan Komposisi Mix Design

Hasil pemeriksaan gradasi dan penentuan proporsi campuran agregat di perlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Proporsi Campuran Agregat

Pb tengah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Pb = 0,035 \times (\%CA) + 0,045 \times (\%FA) + 0,18 \times (\%Filler) + K$$

$$Pb = 0.035 (63.0 \%) + 0.045 (32.4 \%) + 0.18 (4.6) + 1$$

$$Pb = 5.5$$

Maka didapat aspal ideal yaitu (Pb 4,5%), (Pb 5%), (Pb 5,5%), (Pb 6%), dan (Pb 6,5%).

**B. Hasil Pemeriksaan Variasi Kadar Aspal Ideal**

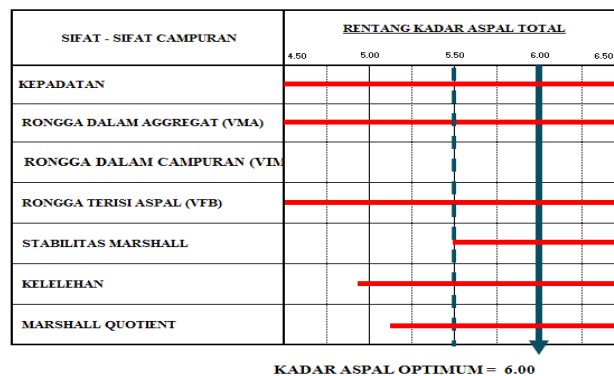
Dari hasil pengujian *Marshall* yang dilakukan pada variasi kadar aspal ideal untuk benda uji dengan jumlah tumbukan 2 x 75, maka dipeoleh nilai stabilitas, *flow*, *density*, *VIM*, *VMA*, *VFB*, dan *Marshall Quotient* (MQ). Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 1 di bawah:

Tabel 1. Hasil pengujian *Marshall* dalam bentuk tabel pada varian kadar aspal

Parameter <i>Marshall</i>	Variasi Kadar Aspal					Spesifikasi 2018
	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%	
Stabilitas (Kg)	672	751	818	933	1217	> 800 kg
Flow (mm)	4.6	4.1	3.4	3.8	3.9	2 - 4 mm
Density (gr/cm <sup>3</sup> )	2.14	2.16	2.18	2.19	2.23	> 2 cm <sup>2</sup>
VIM (%)	13.66	12.20	10.83	9.54	7.28	3 - 5%
VFB (%)	66.16	67.94	69.53	70.97	74.19	> 65%
VMA (%)	20.17	19.86	19.63	19.50	18.53	> 15%
MQ (kN/mm)	148.22	185.73	238.63	249.96	318.30	> 200 kg/mm

**C. Hasil Penentuan KAO**

Berdasarkan parameter *Marshall* pada Tabel 1. yang kemudian dievaluasikan sehingga kadar aspal optimum dengan sistem *Range Overlapping*. Berikut ini akan ditampilkan bar chart hasil pengujian *Marshall* yang menunjukkan bahwa kadar aspal optimum yaitu sebesar 6 %.



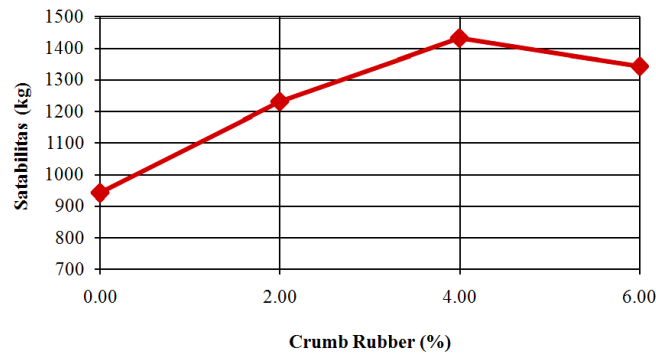
Gambar 2. Penentuan Kadar Aspal Optimum

D. *Perbandingan Parameter Marshall berdasarkan KAO dengan variasi crumb rubber*

Berikut ini merupakan grafik perbandingan nilai parameter *Marshall* hasil pengujian KAO dengan variasi penambahan *crumb rubber* yang digunakan pada campuran AC-WC.

1. Nilai Stabilitas

Dari pengujian parameter *Marshall* dengan penambahan persentase *crumb rubber* diperoleh nilai stabilitas yang ditampilkan pada grafik berikut.

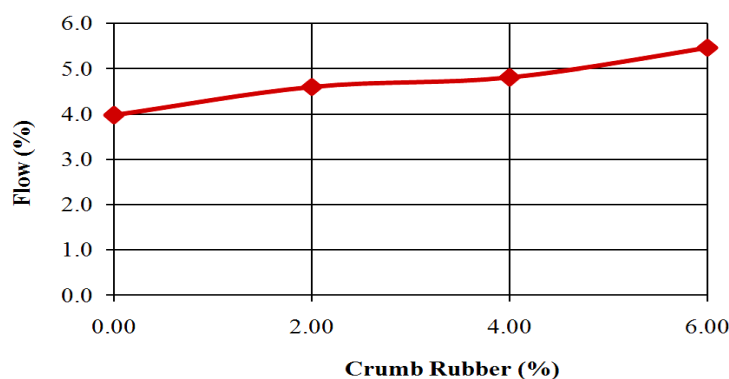


Gambar 3. Grafik Hubungan Stabilitas Dengan Penambahan *Crumb Rubber*

Dari hasil pengujian parameter *Marshall* benda uji kadar aspal optimum 6% dengan 2 x 75 tumbukan menunjukkan bahwa penggunaan kadar *crumb rubber* yang optimal berada pada persentase 4% dengan kenaikan sebesar 34,14%. Dimana hasil stabilitas pada penambahan CR 0% di peroleh nilai Stabilitas yaitu 943 Kg, pada variasi CR 2 % di peroleh nilai Stabilitas yaitu 1230 Kg, pada variasi CR 4% di peroleh nilai Stabilitas yaitu 1432 Kg, dan pada variasi CR 6% di peroleh nilai Stabilitas yaitu 1342 Kg. Dari hasil penelitian nilai stabilitas memenuhi batas persyaratan untuk lalu lintas berat yaitu > 800 Kg. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan CR dapat meningkatkan nilai stabilitas, dan meningkatnya daya ikat aspal dan agregat yang semakin kuat sehingga mampu dalam menahan beban lalu lintas.

2. Kelelahan (*flow*)

Dari pengujian parameter *Marshall* dengan penambahan persentase *crumb rubber* diperoleh nilai *flow* yang ditampilkan pada grafik berikut.



Gambar 4. Grafik Hubungan *Flow* Dengan Penambahan *Crumb Rubber*

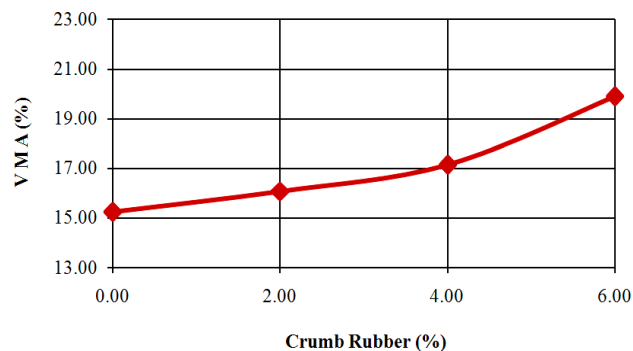
Nilai *flow* pada grafik di atas menunjukkan bahwa, nilai *flow* yang memenuhi spesifikasi berada pada persentase CR 0%, dan pada persentase CR 2%, 4%, 6%, nilai *flow* tidak memenuhi batas dan syarat yang telah ditentukan yaitu 2 - 4 mm. Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *flow* mengalami peningkatan yang cukup besar dari CR 0% ke 6% dengan kenaikan sebesar 27,27%, dimana pada penambahan CR 0% di peroleh nilai *flow* yaitu 4,0 mm, pada CR 2% nilai *flow* meningkat menjadi 4,6 mm, pada CR 4%



nilai *flow* yang di peroleh meningkat yaitu 4,8 mm, dan pada CR 6% nilai *flow* kembali meningkat yaitu 5,5 mm. dapat disimpulkan bahwa penambahan *crumb rubber* dalam campuran membuat benda uji semakin bersifat plastis, sehingga mudah berubah bentuk jika menerima beban.

### 3. VMA (*Voids in the Mineral Agregat*)

Dari pengujian parameter *Marshall* dengan penambahan persentase *crumb rubber* diperoleh nilai VMA yang ditampilkan pada grafik berikut.

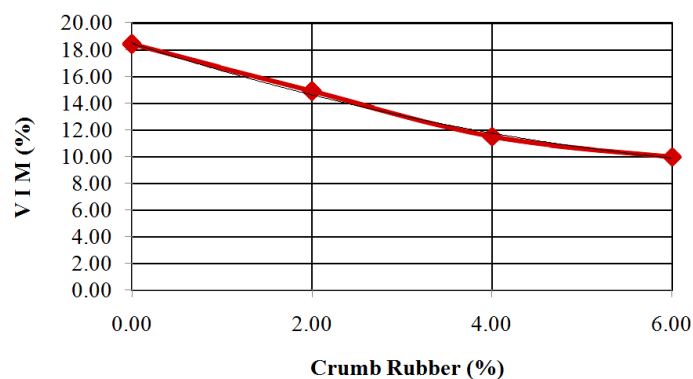


Gambar 5. Grafik Hubungan VMA Dengan Penambahan *Crumb Rubber*

Dari hasil penelitian nilai VMA menunjukkan bahwa penggunaan kadar *crumb rubber* yang optimal berada pada persentase 6% dengan kenaikan sebesar 23,61%, dimana hasil penggunaan CR 0% yaitu 15,2%, pada variasi CR 2% nilai VMA meningkat menjadi 16,1%, pada variasi CR 4% nilai VMA meningkat menjadi 17,1%, dan pada variasi CR 6% nilai VMA meningkat lagi menjadi 19,9%. Sehingga memenuhi ketentuan persyaratan yang telah ditentukan yaitu > 15%. peningkatan VMA bertambah seiring dengan jumlah *crumb rubber* yang digunakan, besar kecilnya VMA dipengaruhi oleh kadar aspal yang menyelimuti agregat, kadar aspal yang besar akan menghasilkan selimut agregat yang tebal sehingga rongga antar agregat semakin besar. Sebaliknya apabila kadar aspal sedikit maka selimut antar agregat yang dihasilkan tipis, sehingga rongga antar agregat akan semakin kecil.

### 4. VIM (*Voids in Mineral*)

Dari pengujian parameter *Marshall* dengan penambahan persentase *crumb rubber* diperoleh nilai VIM yang ditampilkan pada grafik berikut.

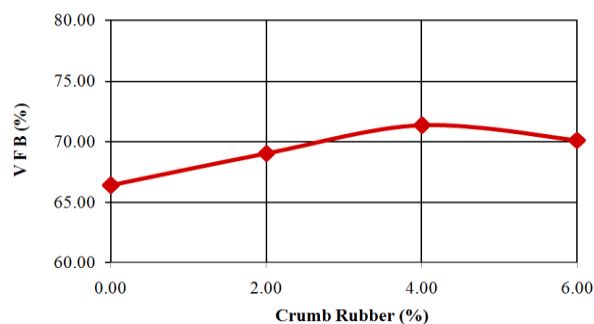


Gambar 6. Grafik Hubungan VIM Dengan Penambahan *Crumb Rubber*

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai VIM yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi umum yang disyaratkan yaitu 3 – 5%. Pada grafik di atas nilai VIM menurun seiring dengan penambahan persentase CR, sehingga rongga yang terdapat di dalam campuran semakin kecil, tetapi tidak memenuhi batas yang disyaratkan. Pada penambahan CR variasi 0% di peroleh nilai VIM yaitu 18,04%, pada variasi CR 2% nilai VIM menurun yaitu 14.9%, pada variasi CR 4% nilai VIM menurun yaitu 11.5%, dan pada variasi CR 6% di nilai VIM kembali menurun yaitu 10.0%. Nilai VIM yang tinggi dapat menimbulkan oksidasi/penuaan aspal dengan masuknya udara sehingga campuran akan bersifat *porous*.

#### 5. VFB (*Voids Filled with Bitumen*)

Dari pengujian parameter *Marshall* dengan penambahan persentase *crumb rubber* diperoleh nilai VFB yang ditampilkan pada grafik berikut.

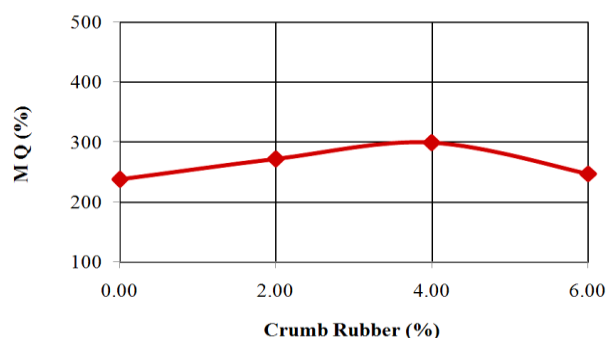


Gambar 7. Grafik Hubungan VFB Dengan Penambahan *Crumb Rubber*

Pada grafik di atas nilai VFB dengan kadar aspal optimum 6% dengan 2 x 75 tumbukan menunjukkan bahwa penggunaan kadar *crumb rubber* yang optimal berada pada persentase 4% dengan kenaikan sebesar 6,87%. Pada persentase CR 6% nilai VFB turun sebesar 1,68%, dimana pada penambahan CR variasi 0% di peroleh nilai VFB yaitu 66,4%, pada variasi CR 2% nilai VFB meningkat menjadi 69,0%, kemudian pada variasi CR 4% nilai VFB meningkat lagi menjadi 71,3%, dan pada variasi CR 6% nilai VFB turun menjadi 70,1%. Keseluruhan persentase penambahan CR pada nilai VFB ini memenuhi ketentuan dan persyaratan yang telah ditentukan yaitu 65%. Hal ini dikarenakan CR bercampur dengan baik bersama aspal, dan menambah jumlah aspal yang mengisi rongga dalam campuran.

#### 6. MQ (*Marshall Quotient*)

Dari pengujian parameter *Marshall* dengan penambahan persentase *crumb rubber* diperoleh nilai MQ yang ditampilkan pada grafik berikut.

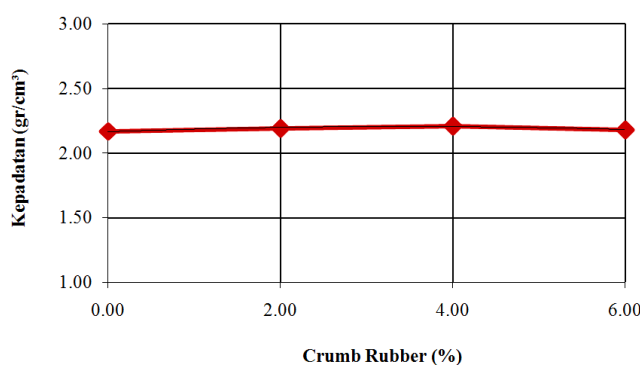


Gambar 8. Grafik Hubungan MQ Dengan Penambahan *Crumb Rubber*

Dari Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai *Marshall Quotient* dengan penambahan CR memenuhi spesifikasi yaitu  $\geq 200\text{kg/mm}$ . Pada persentase penambahan CR yang optimal berada pada penambahan CR 4%, dari penambahan CR 0 – 4% nilai MQ naik sebesar 20,49%, pada penambahan CR 6% nilai MQ turun sebesar 17,32%. Dimana pada penambahan CR variasi 0% di peroleh nilai *Marshall Quotient* yaitu 237,8 kN/mm, pada variasi CR 2% di nilai *Marshall Quotient* meningkat menjadi 272,1 kN/mm, pada variasi CR 4% nilai *Marshall Quotient* meningkat lagi menjadi 299,1 kN/mm, pada variasi CR 6% nilai *Marshall Quotient* menurun menjadi 247,3 kN/mm. Kenaikan dan penurunan nilai MQ dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan flow pada campuran. Jika nilai stabilitas kecil dan nilai flow besar maka menghasilkan campuran yang lunak dan mudah berubah bentuk jika diberi beban. Campuran yang memiliki nilai MQ yang terlalu tinggi berpengaruh kepada campuran yang bersifat kaku dan fleksibilitasnya rendah sehingga campuran akan mudah mengalami retakan (*cracking*).

#### 7. Kepadatan (*Density*)

Dari pengujian parameter *Marshall* dengan penambahan persentase *crumb rubber* diperoleh nilai *Density* yang ditampilkan pada grafik berikut.



Gambar 9. Grafik Hubungan Density Dengan Penambahan *Crumb Rubber*

Dari hasil grafik nilai density pada kadar aspal optimum 6% menunjukkan pada penambahan CR 0 – 4% terjadi peningkatan sebesar 1,77% dan terjadi penurunan pada penambahan CR 6% sebesar 1,3%. Dimana kepadatan yang optimal berada pada penambahan CR 4%. Pada penambahan CR variasi 0% di peroleh nilai density yaitu 2,169 gr/cm<sup>3</sup>, pada variasi CR 2% di peroleh nilai density yaitu 2,191 gr/cm<sup>3</sup>, pada variasi CR 4% di peroleh nilai density yaitu 2,208 gr/cm<sup>3</sup>, pada variasi CR 6% di peroleh nilai density yaitu 2,180 gr/cm<sup>3</sup>. Dari hasil pengujian ini nilai density memenuhi batas persyaratan yaitu 2 gr/cm.

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe mengenai studi karakteristik campuran aspal beton substitusi agregat alam dengan penambahan *crumb rubber* dapat diambil simpulan bahwa hasil pengujian pembuatan benda uji dengan variasi campuran kadar aspal ideal (pb 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%) diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6% yang digunakan sebagai rancangan benda uji aspal.

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai parameter *Marshall* yang optimal berada pada penambahan *crumb rubber* 4%, nilai stabilitas meningkat sebesar 34,15%, nilai VMA meningkat 23,61%, nilai VFB meningkat sebesar 6,87%, nilai MQ meningkat sebesar 20,49%

dan Density meningkat sebesar 1,77%, sedangkan nilai *flow* dan nilai VIM meningkat sebesar 27,27% dan 45,65%, tetapi melampaui batas persyaratan yang telah ditentukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 1990. Standard Specifications For Transportation Materials And Methods of Sampling and Testing, Part I, "*Specifications*", Fifteenth Edition, Washington,D.C.
- AASHTO. 1990. Standard Specifications For Transportation Materials And Methods of Sampling and Testing, Part II, "*Tests*", Fifteenth Edition, Washington,D.C.
- Anonim. 2010. *Seksi 6.3 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
- Bulgis, Rani Bastari Alkam. 2017. "Pemanfaatan Agregat Alami dan Agregat Batu Pecah Sebagai Material Perkerasan Pada Campuran Aspal Beton" *Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia*.
- Bukhari, dkk.2004. *Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan Jalan Raya*. Banda Aceh: Universitas Syah Kuala.
- Kementrian PUPR. 2018. *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan*.Direktorat Jendral Bina Marga.
- Putrowijoyo, Rian. 2006. *Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland dan Abu Batu sebagai Filler*. Tesis Program Magister Teknik Sipil. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Saodang, Hamirhan. 2005. *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.

**Alamat Redaksi:**

Jurusan Teknik Sipil  
Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Banda Aceh–Medan Km. 280,3 Buketrata  
Lhokseumawe, 24301. P.O. Box 90  
Website: sipil.pnl.ac.id, email: pjj@pnl.ac.id

