

MENENTUKAN KEKAKUAN ASPAL PENETRASI 60/70 DENGAN PENAMBAHAN SERUTAN BAN (*CRUMB RUBBER*)

TUGAS AKHIR

Oleh:



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS**

**PADANG
2026**

MENENTUKAN KEKAKUAN ASPAL PENETRASI 60/70 DENGAN PENAMBAHAN SERUTAN BAN (*CRUMB RUBBER*)

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Program Strata-1 pada Departemen Teknik Sipil,
Fakultas Teknik, Universitas Andalas



Oleh:

HIDAYAT NUZULLUL FURQAN

NIM: 2210923047

Pembimbing:

Prof. Ir. ELSA EKA PUTRI, S.T., M.Sc(Eng.), Ph.D.

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS**

**PADANG
2026**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Program Studi Sarjana Teknik Sipil
Departemen Teknik Sipil - Fakultas Teknik
Universitas Andalas

MENENTUKAN KEKAKUAN ASPAL PENETRASI 60/70 DENGAN PENAMBAHAN SERUTAN BAN (*CRUMB RUBBER*)



Oleh:

Nama : HIDAYAT NUZULLUL FURQAN

NIM : 2210923047

Pembimbing Utama:

Prof. Ir. Elsa Eka Putri, S.T., M.Sc(Eng.), Ph.D.
NIP. 197308031998022001

Diketahui,

Ketua Departemen Teknik Sipil,

Ir. Sabril Haris HG, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197610012000121003

LEMBAR BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR

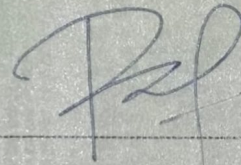
Program Studi Sarjana Teknik Sipil
Departemen Teknik Sipil - Fakultas Teknik
Universitas Andalas

Pada hari ini, **Kamis 27 Agustus 2026** telah dilaksanakan Sidang Tugas Akhir untuk mahasiswa:

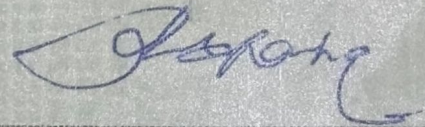
Nama : **HIDAYAT NUZULLUL FURQAN**
NIM : **2210923047**
Judul : **MENENTUKAN KEKAKUAN ASPAL PENETRASI 60/70
DENGAN PENAMBAHAN SERUTAN BAN (CRUMB RUBBER)**

Tim Penguji:

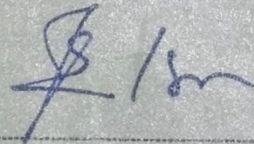
Ketua : **Ir. Ridho Aidil Fitrah, S.T, M.T.**



Anggota : **Ir. Sabril Haris HG, S.T., M.T.,
Ph.D.**



**Prof. Ir. Elsa Eka Putri, S.T.,
M.Sc(Eng.), Ph.D.**



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : **Hidayat Nuzullul Furqan**
Tempat, Tanggal Lahir : **Medan, 31-10-2004**
NIM : **2210923047**
Alamat : **Jl. Pendidikan No.57 Medan**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa SKRIPSI yang berjudul :

**Menentukan Kekakuan Aspal Penetrasi 60/70 Dengan Penambahan Serutan Ban
(Crumb Rubber)**

yang saya tulis adalah benar-benar hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan plagiat atau saduran dari Skripsi orang lain.

Apabila dikemudian hari ternyata pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademis yang berlaku (dicabutnya predikat kelulusan dan gelar kesarjanaannya).

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Padang, 28-08-2026

Yang membuat pernyataan,



Hidayat Nuzullul Furqan
NIM:2210923047

ABSTRAK

Peningkatan volume limbah ban bekas dan kebutuhan perkerasan jalan yang lebih tahan terhadap deformasi permanen mendorong pemanfaatan serutan ban (*crumb rubber*) sebagai bahan tambah aspal. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan serutan ban terhadap sifat fisik dan nilai kekakuan (*stiffness*) aspal penetrasi 60/70 serta menentukan kadar ideal penambahannya. Pencampuran dilakukan dengan metode basah (*wet process*) pada temperatur 170 °C dengan waktu pengadukan 45 menit menggunakan sembilan variasi kadar serutan ban, yaitu 0%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, dan 15%. Pengujian aspal murni meliputi penetrasi, titik lembek, daktilitas, titik nyala dan titik bakar, berat jenis, serta kehilangan berat. Pengujian aspal modifikasi meliputi penetrasi (SNI 2456-2011) dan titik lembek (SNI 2434-2011). Nilai indeks penetrasi dihitung dengan persamaan Pfeiffer dan Van Doormaal, lama pembebanan ditetapkan sebesar 0,0151 detik berdasarkan persamaan Brown dan Brunton untuk tebal perkerasan 10 cm dan kecepatan rencana 60 km/jam, dan nilai kekakuan dianalisis dengan dua metode, yaitu pendekatan matematis Ullidtz dan pembacaan Nomogram Van der Poel dengan bantuan perangkat lunak BitProps v2, pada temperatur 20 °C, 25 °C, dan 30 °C serta lama pembebanan 0,0151 detik, 1 detik, 60 detik, dan 3.600 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serutan ban menurunkan nilai penetrasi dari 64,000 dmm menjadi 37,000 dmm atau turun 42,19%, menaikkan titik lembek dari 49 °C menjadi 57 °C atau naik 16,33%, dan memperbaiki indeks penetrasi dari -0,868 menjadi -0,278, sehingga aspal menjadi lebih keras dan kepekaannya terhadap perubahan temperatur berkurang. Nilai kekakuan meningkat terhadap kadar serutan ban serta menurun terhadap kenaikan temperatur dan penambahan lama pembebanan. Pada lama pembebanan 0,0151 detik, pendekatan matematis Ullidtz menghasilkan kekakuan 26,456–49,566 MPa pada 20 °C, 10,270–23,984 MPa pada 25 °C, dan 3,194–10,256 MPa pada 30 °C, sedangkan pembacaan Nomogram Van der Poel menghasilkan 30,67–49,66 MPa, 14,32–26,74 MPa, dan 6,07–13,07 MPa pada temperatur yang sama. Kedua metode memberikan kecenderungan dan kesimpulan yang konsisten dengan nilai hasil BitProps v2 yang cenderung sedikit lebih tinggi. Karena nilai kekakuan meningkat secara monoton dan tidak memiliki nilai puncak, kadar ideal ditetapkan melalui penyaringan berjenjang menggunakan empat kriteria, yaitu penetrasi minimum 40 dmm, titik lembek minimum 54 °C untuk aspal modifikasi, validitas persamaan Ullidtz dan Nomogram Van der Poel (PI antara -1 dan +1, kekakuan ≥ 5 MPa), serta margin keandalan terhadap toleransi pengendalian mutu. Dari sembilan variasi yang ditinjau, hanya kadar 9% yang memenuhi seluruh kriteria tersebut dengan nilai penetrasi 43,000 dmm, titik lembek 55 °C, indeks penetrasi -0,372, dan kekakuan 41,26 MPa atau meningkat 55,96% terhadap aspal murni, sehingga kadar 9% ditetapkan sebagai kadar ideal penambahan serutan ban dalam penelitian ini.

Kata kunci : *crumb rubber*, indeks penetrasi, titik lembek, Nomogram Van der Poel, kadar ideal

ABSTRACT

The increasing volume of waste tires and the demand for road pavements with greater resistance to permanent deformation have encouraged the utilization of crumb rubber as an asphalt additive. This study aims to investigate the effect of crumb rubber addition on the physical properties and stiffness of 60/70 penetration grade asphalt and to determine the optimum addition content. The asphalt was modified using the wet process at a temperature of 170 °C with a mixing time of 45 minutes, using nine crumb rubber contents: 0%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, and 15%. The testing of unmodified asphalt included penetration, softening point, ductility, flash point and fire point, specific gravity, and weight loss. The modified asphalt was tested for penetration (SNI 2456-2011) and softening point (SNI 2434-2011). The penetration index was calculated using the Pfeiffer and Van Doormaal equation. The loading time was set at 0.0151 seconds based on the Brown and Brunton equation for a pavement thickness of 10 cm and a design speed of 60 km/h. Stiffness was analyzed using two methods: the Ullidtz mathematical approach and the Van der Poel Nomograph, with the assistance of BitProps v2 software, at temperatures of 20 °C, 25 °C, and 30 °C and loading times of 0.0151 seconds, 1 second, 60 seconds, and 3,600 seconds. The results showed that the addition of crumb rubber reduced the penetration value from 64.000 dmm to 37.000 dmm, representing a decrease of 42.19%, increased the softening point from 49 °C to 57 °C, representing an increase of 16.33%, and improved the penetration index from -0.868 to -0.278. These changes indicate that the asphalt became harder and less sensitive to temperature variations. Stiffness increased with increasing crumb rubber content and decreased with increasing temperature and loading time. At a loading time of 0.0151 seconds, the Ullidtz mathematical approach produced stiffness values of 26.456–49.566 MPa at 20 °C, 10.270–23.984 MPa at 25 °C, and 3.194–10.256 MPa at 30 °C. Meanwhile, the Van der Poel Nomograph produced values of 30.67–49.66 MPa, 14.32–26.74 MPa, and 6.07–13.07 MPa at the corresponding temperatures. Both methods exhibited consistent trends and conclusions with the BitProps v2 results, which tended to be slightly higher. Since stiffness increased monotonically without reaching a peak value, the optimum content was determined through a hierarchical screening process using four criteria: a minimum penetration of 40 dmm, a minimum softening point of 54 °C for modified asphalt, validity of the Ullidtz equation and Van der Poel Nomograph (PI between -1 and +1, stiffness ≥ 5 MPa*), and a reliability margin against quality control tolerances. Of the nine variations evaluated, only the 9% crumb rubber content satisfied all the criteria, with a penetration value of 43.000 dmm, a softening point of 55 °C, a penetration index of -0.372, and a stiffness of 41.26 MPa, representing a 55.96% increase compared with unmodified asphalt. Therefore, a crumb rubber content of 9% was determined to be the optimum addition content in this study.*

Keywords: crumb rubber, penetration index, softening point, Van der Poel Nomograph, optimum content