

PROYEK AKHIR

**TINJAUAN KEKUATAN CAMPURAN BENDA UJI ASPAL
HASIL PENUMBUKAN MANUAL DAN DIGITAL**

*Proyek Akhir Ini Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelara Ahli Madya Teknik Program Studi Teknik Sipil Bangunan Gedung
FT UNP Padang*



Oleh:

**ARIFQI ZULHARDIANSYAH
NIM. 15062010/2015**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL BANGUNAN GEDUNG
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN PROYEK AKHIR

**TINJAUAN KEKUATAN CAMPURAN BENDA UJI ASPAL HASIL
PENUNBUKAN MANUAL DAN DIGITAL**

NAMA : ARIFQI ZULHARDIANSYAH

TM/NIM : 2015/15062010

PROGRAM STUDI : D-3 TEKNIK SIPIL DAN BANGUNAN

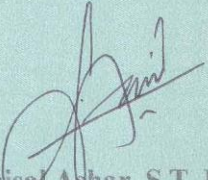
JURUSAN : TEKNIK SIPIL

FAKULTAS : TEKNIK

Padang, 31 Mei 2018

Disetujui Oleh:

**Ketua Program Studi
D-3 Teknik Sipil Bangunan Gedung,**


Faisal Ashar, S.T. M.T. Ph.D
NIP. 19750103 200312 1 001

Dosen Pembimbing


Oktaviani, ST., MT
NIP. 19721004 199702 2 001

Ketua Jurusan Teknik Sipil


Dr. Rijal Abdullah, M.T
NIP. 19610328 198609 1 001

HALAMAN PENGESAHAN PROYEK AKHIR

**TINJAUAN KEKUATAN CAMPURAN BENDA UJI ASPAL HASIL
PENUMBUKAN MANUAL DAN DIGITAL**

NAMA : ARIFQI ZULHARDIANSYAH

TM/NIM : 2015/15062010

PROGRAM STUDI : TEKNIK SIPIL BANGUNAN GEDUNG

JURUSAN : TEKNIK SIPIL

FAKULTAS : TEKNIK

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan dinyatakan lulus sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dewan Penguji:

Ketua : Oktaviani, S.T, M.T

.....

Anggota : Fitra Rifwan, S.Pd, MT

.....

Anggota : Nadra Mutiara Sari, Spd.M.Eng

.....

Ditetapkan di : Padang, 9 Mei 2018



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN
PERGURUAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) 7059996, FT: (0751) 7055644, 445118 Fax .7055644



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ARIFQI ZULHARDIANSYAH
NIM/TM : 15062010 / 2015
Program Studi : TEKNIK SIPIL BANGUNAN GEDUNG
Jurusan : Teknik Sipil
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan judul Tinjauan Kekuatan Campuran Benda Uji Aspal Hasil Penumbusaa Manual dan Digital

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara. Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Sipil

(Dr. Rijal Abdullah.M.T)
NIP. 19610328 198609 1 001

Saya yang menyatakan,



ARIFQI ZULHARDIANSYAH

BIODATA



Data Diri:

Nama Lengkap : Arifqi Zulhardiansyah
Tempat/Tanggal Lahir : Batusangkar, 2 Mei 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Anak Ke : 3 (tiga)
Jumlah Saudara : 3 (empat)
Alama tTetap : Jorong Balai Gadang Nagari Sungayang,
Kecamatan Sungayang, Kabupaten Tanah
Datar
SD : SD Negeri 03 Sungayang, Kabupaten Tanah
Datar
SLTP : SMP Negeri 1 Sungayang, Kabupaten Tanah
Datar
SLTA : SMA Negeri 1 Sumatera Barat, Kota Padang
Panjang
PerguruanTinggi : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Padang, Mei 2018

Arifqi Zulhardiansyah
2015/15062010

RINGKASAN

Dalam proses pembuatan perkerasan jalan di lapangan, dilakukan pemadatan menggunakan alat berat yang bertujuan agar jalan yang digunakan memiliki kepadatan yang bagus dan sesuai dengan umur rencana. Pemadatan tersebut juga dilakukan di laboratorium terhadap campuran benda uji aspal yang akan diterapkan di lapangan, dengan menggunakan salah satu alat dari dua jenis alat tumbuk yaitu alat tumbuk manual dan digital. Berdasarkan perbedaan alat tersebut, maka diambil judul proyek akhir dengan judul '**Tinjauan Kekuatan Campuran Benda Uji Aspal Hasil Penumbukan Manual dan Digital**'. Ini bertujuan untuk melihat nilai stabilitas, flow dan *Marshall Qouetient* (MQ) yang dihasilkan oleh masing-masing alat tumbukan dengan menggunakan metode pengujian Marshall. Data yang dibutuhkan dalam pengujian ini yaitu data primer yang berasal dari pengujian yang akan dilakukan dan data sekunder dari pengujian sebelumnya. Hasil yang didapatkan dari pengujian ini yaitu nilai stabilitas, flow dan *Marshall Qouetient* (MQ) tertinggi dihasilkan oleh alat tumbuk digital. Perbandingan nilai yang dihasilkan oleh alat tumbuk digital yaitu stabilitas 20,6%, flow 14,4% dan *Marshall Qouetient* (MQ) 7,3%. Hasil tersebut dikarenakan alat tumbuk digital memiliki kecepatan tumbuk yang konstan dan tidak akan memiliki kesalahan dalam jumlah perhitungan tumbukan dengan syarat alat tumbuk harus terkalibrasi.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji serta syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya. Shalawat dan salam penulis hadiahkan pada pucuk pimpinan umat Islam sedunia yakni, Nabi besar Muhammad SAW beserta para sahabatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini dengan baik dengan judul: **‘Tinjauan Kekuatan Campuran Benda Uji Aspal Hasil Penumbukan Manual dan Digital’**.

Dalam menyelesaikan proyek akhir ini, penulis melewati beberapa tahapan yang melibatkan berbagai pihak sebagai pemberi motivasi dalam menyelesaikan proyek akhir ini. Penuh rasa kasih sayang, penulis mengucapkan terimakasih yang tidak terhingga kepada kedua orang tua tercinta yang tidak pernah lelah, tidak pernah bosan memberikan *support* baik secara moril maupun materil dalam menyelesaikan proyek akhir ini serta keluarga yang selalu memberikan motivasi untuk tidak putus asa dan terus maju.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Oktaviani, ST.MT selaku pembimbing proyek akhir dan pembimbing akademik yang telah membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini.
2. Bapak Fitra Rifwan, S.Pd.M.T dan Ibu Nadra Mutiara Sari, S.Pd.,M.Eng selaku penguji pada sidang proyek akhir.
3. Bapak Dr. Rijal Abdullah, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Faisal Ashar, ST. MT. Ph.D selaku Ketua Program Studi D-3 Teknik Sipil Bangunan Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

5. Bapak/Ibu dosen beserta staf Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang memberikan bekal ilmu sehingga dapat menyelesaikan proyek akhir ini.
6. Rekan-rekan satu angkatan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang telah memberikan motivasi dan doanya kepada penulis untuk menyelesaikan proyek akhir ini.
7. Teknisi Yosentya Octavianty dan rekan-rekan angkatan 2016 khususnya Program Studi Teknik Sipil dan Teknik Sipil Bangunan Gedung yang memberikan waktu dan tenaganya dalam membantu penyelesaian proyek akhir ini.

Hanya do'a yang dapat penulis ucapkan kepada Allah SWT, semoga segala bantuan yang diberikan mendapat balasan dari-Nya. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Proyek Akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran untuk penyempurnaan proyek akhir ini.

Padang, 8 Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | |
| HALAMAN PENGESAHAN | |
| SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT | |
| BIODATA | |
| RINGKASAN | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR GRAFIK | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN | x |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Identifikasi Masalah..... | 3 |
| C. Batasan Masalah | 4 |
| D. Rumusan Masalah..... | 4 |
| E. Tujuan | 4 |
| F. Manfaat..... | 4 |
| BAB II LANDASAN TEORI | 5 |
| A. Perkerasan Jalan..... | 5 |
| B. Jenis Perkerasan Jalan | 5 |
| 1. Perkerasan Lentur | 6 |
| 2. Perkerasan Kaku | 7 |
| 3. Perkerasan Komposit | 8 |
| C. Bahan Perkerasan Lentur..... | 9 |
| 1. Aspal | 9 |
| 2. Agregat..... | 9 |
| 3. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)..... | 10 |
| D. Campuran Perkerasan Lentur | 11 |

| | |
|---|-----------|
| E. Alat Untuk Pekerjaan Perkerasan Lentur | 13 |
| 1. Alat Pemasad Di Lapangan | 13 |
| 2. Alat Penghampar (<i>Spreader</i>)..... | 15 |
| 3. Alat Pemasad Campuran di Laboratorium | 16 |
| F. Pengujian Marshall | 18 |
| 1. Stabilitas..... | 18 |
| 2. Flow | 18 |
| 3. MQ (<i>Marshall Qoutient</i>)..... | 18 |
| BAB III METODOLOGI | 23 |
| A. Data | 23 |
| 1. Data Primer | 23 |
| 2. Data Sekunder | 23 |
| B. Tempat Pengujian | 23 |
| C. Proses Pengujian | 23 |
| 1. Persiapan Bahan dan Alat | 23 |
| 2. Pembuatan Benda Uji | 24 |
| 3. Pengujian Marshall | 25 |
| D. Pengolahan Data..... | 26 |
| 1. Volume Benda Uji (V)..... | 26 |
| 2. Stabilitas..... | 27 |
| 3. Flow | 27 |
| 4. MQ (<i>Marshall Qoutient</i>)..... | 27 |
| E. Proses Pelaksanaan Proyek Akhir | 27 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 28 |
| A. Data | 28 |
| B. Pengolahan Data..... | 28 |
| 1. Alat Tumbuk Manual | 28 |
| 2. Alat Tumbuk Digital | 30 |
| C. Hasil | 33 |
| D. Pembahasan..... | 35 |

| | |
|-----------------------------|----|
| BAB V PENUTUP | 37 |
| A. Kesimpulan | 37 |
| B. Saran..... | 37 |
| DAFTAR PUSTAKA | 38 |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 1. Lapisan Perkerasan Jalan | 7 |
| Gambar 2. Struktur Perkerasan Kaku..... | 8 |
| Gambar 3. Contoh Struktur Perkerasan Komposit..... | 8 |
| Gambar 4. <i>Tandem Roller</i> | 14 |
| Gambar 5. <i>Pneumatic Tyre Roller</i> | 15 |
| Gambar 6. <i>Asphalt Paver</i> | 16 |
| Gambar 7. Alat Tumbukan Digital..... | 17 |
| Gambar 8. Alat Tumbukan Manual | 18 |
| Gambar 9. Kepala Penekan | 20 |
| Gambar 10. Alat Marshall..... | 21 |
| Gambar 11. Diagram Alir Proses Pelaksanaan Proyek Akhir..... | 27 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 1. Peningkatan Jumlah Kendaraan dari Tahun 2014 sampai 2016 | 1 |
| Tabel 2. Gradasi Bahan Pengisi | 11 |
| Tabel 3. Persyaratan Lapisan Aspal Beton | 12 |
| Tabel 4. Persen Minimum Rongga Dalam Agregat | 13 |
| Tabel 5. Angka Korelasi Beban (Stabilitas)..... | 22 |
| Tabel 6. Nilai Pengujian Marshall dengan Alat Tumbuk Manual | 29 |
| Tabel 7. Nilai Pengujian Marshall dengan Alat Tumbuk Digital | 31 |
| Tabel 8. Rekapitulasi Pengujian Marshall | 33 |
| Tabel 9. Persen Perbandingan Nilai Hasil Penumbukan Manual dan Digital..... | 36 |

DAFTAR GRAFIK

| Grafik | Halaman |
|---|---------|
| Grafik 1. Kadar Aspal Terhadap Nilai Stabilitas Hasil Penumbukan Manual.... | 29 |
| Grafik 2. Kadar Aspal Terhadap Nilai Fow Hasil Penumbukan Manual | 30 |
| Grafik 3. Kadar Aspal Terhadap Nilai MQ Hasil Penumbukan Manual | 30 |
| Grafik 4. Kadar Aspal Terhadap Nilai Stabilitas Hasil Penumbukan Digital..... | 31 |
| Grafik 5. Kadar Aspal Terhadap Nilai Fow Hasil Penumbukan Digital..... | 32 |
| Grafik 6. Kadar Aspal Terhadap Nilai MQ Hasil Penumbukan Digital | 32 |
| Grafik 7. Kadar Aspal Terhadap Stabilitas Alat Tumbuk Manual dan Digital... | 33 |
| Grafik 8. Kadar Aspal Terhadap Fow Alat Tumbuk Manual dan Digital | 34 |
| Grafik 9. Kadar Aspal Terhadap MQ Alat Tumbuk Manual dan Digital | 34 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Data Hasil Pengukuran dan Pengujian | 39 |
| Lampiran 2. Tabel Pengolahan Data Hasil Penumbukan Manual | 40 |
| Lampiran 3. Tabel Pengolahan Data Hasil Penumbukan Digital | 41 |
| Lampiran 4. Dokumentasi Pembuatan dan Pengujian | 42 |
| Lampiran 5. Surat Tugas Pembimbing | 49 |
| Lampiran 6. Lembaran Konsultasi | 50 |

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada kehidupan sekarang ini, kebutuhan terhadap kendaraan bermotor selalu meningkat, baik itu kendaraan roda dua maupun lebih. Kondisi ini disebabkan oleh laju perpindahan aktivitas dari satu tempat ke tempat lain meningkat dari tahun ketahun. Data yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah kendaraan bermotor di Indonesia dari tahun 2014, 2015, dan 2016 selalu meningkat yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Peningkatan Jumlah Kendaraan dari Tahun 2014 sampai 2016

| Jenis Kendaraan | Tahun | | |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 2014 (Kendaraan) | 2015 (Kendaraan) | 2016 (Kendaraan) |
| Mobil Penumpang | 12.599.038 | 13.480.973 | 14.580.666 |
| Bis | 2.398.846 | 2.420.917 | 2.486.896 |
| Mobil Barang | 6.235.136 | 6.611.028 | 7.063.433 |
| Sepeda Motor | 92.976.240 | 98.881.267 | 105.150.082 |
| Jumlah | 114.209.260 | 121.394.185 | 129.281.079 |

Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS)

Perkembangan jumlah kendaraan tersebut tidak disertai oleh perkembangan pembangunan jalan. Data dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) tahun 2016 mengungkapkan bahwa, dari 537.838 km jalan di Indonesia, 326.629 km berupa aspal, 211.209 km tidak beraspal. Dilihat dari data yang ada, maka Indonesia masih banyak membutuhkan jalan dalam keadaan baik untuk menunjang laju pertumbuhan jumlah kendaraan.

Ketika berbicara mengenai konstruksi jalan tentu harus mengetahui jenis perkerasan yang digunakan untuk membuat jalan tersebut. Perkerasan jalan yang digunakan yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku, dan perkerasan komposit.

Perkerasan lentur adalah perkerasan jalan yang menggunakan aspal sebagai pengikat agregatnya. Perkerasan ini diterapkan untuk jalan yang dilalui oleh kendaraan dengan berat kendaraan tersebut mulai dari ringan hingga sedang. Keunggulan dari penggunaan perkerasan ini yaitu pengendara merasa nyaman waktu melaju di atasnya, waktu pengerjaannya cepat, biaya yang dibutuhkan relatif lebih murah, dan pemakaiannya bisa langsung setelah dihamparkan dan dipadatkan.

Sedangkan perkerasan kaku adalah perkerasan jalan yang menggunakan semen sebagai pengikat agregatnya. Perkerasan kaku ini diterapkan pada jalan yang akan dilalui oleh kendaraan yang mempunyai beban sangat berat. Pemakaian dari lapisan kaku memiliki keunggulan diantaranya tahan lama, tahan air dan genangan, dan perawatan mudah.

Setiap perkerasan yang digunakan di lapangan, mendapatkan proses pemadatan pada setiap lapisannya kecuali pada perkerasan kaku yang lapis atasnya tidak dipadatkan memakai alat. Proses pemadatan dilakukan mulai dari tanah dasar, lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan.

Pemadatan yang dilakukan pada setiap lapisan perkerasan di lapangan menggunakan alat berat. Alat berat yang digunakan untuk pemadatan tersebut yaitu *Tandem Roller*, *Pneumatic Tyre Roller*, dan *Asphalt Finisher*. Pemadatan yang tidak baik sewaktu pengerjaan pembuatan jalan, akan menyebabkan jalan tersebut rusak sebelum umur rencananya. Kerusakan yang terjadi pada jalan adalah retak, deformasi dan berlubang.

Sebelum aspal dan agregat tersebut dihamparkan di lapangan, harus dilakukan proses pengujian di laboratorium, mulai dari pengujian kekuatan agregat, analisis saringan agregat, kualitas aspal sampai membuat campuran benda uji aspal dan melakukan uji Marshall. Pembuatan campuran benda uji aspal ini untuk menentukan desain campuran perkerasan jalan ketika akan diterapkan di lapangan. Desain campuran tersebut bisa diterapkan setelah dilakukan pengujian Marshall dengan mendapatkan nilai stabilitas dan flow.

Berdasarkan SNI 06-2489-1991 ada dua cara dalam pemadatan benda uji aspal yaitu menggunakan alat penumbuk digital (mesin) dan alat

penumbuk manual yang sepenuhnya dikerjakan oleh manusia. Penumbukan ini bertujuan untuk memadatkan campuran benda uji sebelum dilakukan pengujian Marshall.

Penumbukan dengan alat digital maupun manual akan menghasilkan perbedaan kepadatan terhadap benda uji aspal. Kepadatan ini menentukan kekuatan dari campuran aspal. Ketika kepadatan yang dihasilkan dari penumbukan berkualitas, maka kerapatan dari campuran aspal akan semakin baik juga dan memiliki kestabilan yang tinggi serta mengurangi tendensi alur-alur bekas roda akibat kendaraan yang berjalan di atasnya (Sukirman:2003). Kemudian untuk mengetahui kekuatan dari setiap campuran benda uji aspal dilihat dari nilai stabilitas dan flow. Berdasarkan SNI 06-2489-1991, stabilitas merupakan kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadinya flow dengan memakai satuan kilogram, sedangkan pengertian flow sendiri adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban yang diterimanya dengan memakai satuan milimeter.

Bersumber dari perbedaan alat penumbuk yang digunakan untuk memadatkan campuran benda uji aspal, penulis tertarik untuk meninjau perbedaan alat penumbuk tersebut dalam hal melihat nilai stabilitas dan flow yang didapatkan oleh setiap alat penumbuk. Dalam hal ini, akan dibahas proyek akhir dengan judul '**Tinjauan Kekuatan Campuran Benda Uji Aspal Hasil Penumbukan Manual dan Digital**'.

B. Identifikasi Masalah

Bersumber dari penjabaran dari latar belakang di atas, penulis mengidentifikasi masalah yaitu:

1. Pertumbuhan jumlah kendaraan tidak seiring dengan perkembangan pembangunan jalan.
2. Pemadatan yang tidak baik akan menyebabkan kerusakan pada badan jalan, sehingga dapat memperpendek umur rencana jalan.
3. Penggunaan alat penumbuk yang berbeda akan menyebabkan perbedaan kepadatan sehingga berpengaruh pada nilai hasil pengujian Marshall.

C. Batasan Masalah

Dalam penulisan proyek akhir ini penulis mengambil batasan masalah yang akan dibahas yaitu perbedaan penggunaan alat penumbuk untuk pemadatan benda uji aspal sebagai lapis permukaan yang berpengaruh pada nilai hasil pengujian Marshall.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang telah dibuat, rumusan masalahnya yaitu bagaimanakah pengaruh jenis alat penumbuk terhadap nilai hasil pengujian Marshall?

E. Tujuan

Tujuan dari penulisan proyek akhir ini dilakukan yaitu untuk mendapatkan nilai stabilitas, flow, dan *Marshall Qoutient* (MQ) dari hasil pengujian Marshall pada campuran benda uji aspal yang dihasilkan oleh alat penumbuk manual dan digital.

F. Manfaat

Hasil dari penulisan proyek akhir, bermanfaat untuk:

1. Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang tentang pengaruh penggunaan alat penumbuk yang berbeda dalam pengujian benda uji aspal dalam proses belajar mengajar dan pengetahuan untuk memasuki dunia kerja di bidang kontruksi setelah lulus.
2. Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang sebagai bahan masukan dalam menyediakan alat penumbuk tersebut dalam keadaan terkalibrasi untuk keperluan proses pembelajaran, sehingga diperoleh konsep yang benar.