



Pengembangan Metode Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Pada Campuran Aspal

Edi Yusuf Adiman^{*1}, Tommy Iduwin², Arief Setiawan³

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru, Riau.

²Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi PLN, Kota Jakarta Barat, DKI Jakarta

³Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tadulako, Palu, Sulawesi Tengah.

*Email korespondensi: edi.yusuf@eng.unri.ac.id¹

Diterima; April 2021; Disetujui; Juli 2021; Dipublikasi; Juli 2021

Abstract: This research is a development of testing methods for compressive strength and elastic modulus in asphalt mixture. The test used is the Unconfined Compressive Strength (UCS) method. The test specimens shall be cylinders 3.0 inches in diameter and 6.0 inches in height. The asphalt mixture used is the AC-WC. The asphalt content was obtained based on the optimum asphalt content, which was 5.56%. The test results showed that the compressive strength of the AC-WC ranges 5.81 MPa - 6.26 MPa, and then the elastic modulus ranges 899 MPa - 1,295 MPa. For good test results, it is necessary to pay attention to the temperature test and the flatness of the specimen's surface.

Keywords: asphalt mixture, compressive strength, elastic modulus, AC-WC.

Abstrak: Penelitian ini merupakan salah satu pengembangan metode pengujian untuk mengetahui nilai kuat tekan dan modulus elastisitas pada campuran aspal. Metode pengujian yang digunakan adalah metode Unconfined Compressive Strength (UCS). Benda uji berbentuk silinder yang memiliki ukuran tinggi 6 inci dan diameter 3 inci. Campuran aspal yang digunakan adalah jenis AC-WC. Kadar aspal diperoleh berdasarkan kadar aspal optimum yaitu sebesar 5,56%. Hasil pengujian menunjukkan nilai kuat tekan campuran AC-WC diantara 5,81 MPa - 6,26 MPa. Sedangkan hasil pengujian modulus elastisitasnya diantara 899 MPa - 1.295 MPa. Untuk mendapatkan hasil pengujian yang baik perlu diperhatikan faktor temperatur dan kerataan permukaan benda uji.

Kata kunci : campuran aspal, kuat tekan, modulus elastisitas, AC-WC.

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang umum dan juga paling banyak digunakan baik di Indonesia maupun di dunia. Dinamakan perkerasan lentur karena perkerasan ini menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Aspal merupakan suatu material yang bersifat viskoelastis, artinya

viskositas (kekentalan) aspal dapat berubah seiring dengan perubahan elastisitas aspal tersebut. Perubahan kekentalan aspal ini membuat aspal dapat berubah wujud dari padat menuju cair, begitu juga sebaliknya. Perubahan wujud aspal tersebut sangat dipengaruhi oleh temperatur, oleh karenanya aspal juga memiliki sifat termoplastis.

Perkerasan lentur atau disebut juga perkerasan aspal menggunakan campuran aspal pada lapis permukaannya. Dalam merencanakan campuran aspal ada beberapa kriteria yang wajib dipenuhi untuk menghasilkan campuran aspal yang baik menurut *Asphalt Institute* maupun Bina Marga, diantaranya adalah stabilitas (*stability*), pelelehan (*flow*), rongga dalam campuran (VITM), rongga dalam agregat (VMA), dan rongga terisi aspal (VFWA). Namun demikian, selayaknya fungsi dari perkerasan jalan dari segi struktural yaitu perkerasan aspal harus memiliki kemampuan dalam menahan beban lalu-lintas yang berada di atasnya, maka seperti halnya beton, pengukuran nilai kuat tekan dan modulus elastisitas menjadi salah satu bagian yang sangat penting untuk diketahui pada campuran aspal.

Pengujian nilai kuat tekan pada campuran aspal sesungguhnya sudah diatur dalam SNI 03-6758 (2002) dan ASTM-D1074 (1996), bahkan sudah banyak penelitian yang mengaplikasikannya diantaranya Saifuddin dkk (2017), Chairuddin et al (2016) dan lain sebagainya. Standar pengujian tersebut menggunakan benda uji dengan tinggi (L) 4 inci dan diameter (d) 4 inci ($L/d = 1$). Untuk pengujian modulus elastisitas campuran aspal juga sudah banyak penelitian yang menghitungnya, diantaranya Amrin dkk (2017) dan Badaron dkk (2019). Peneliti tersebut memperoleh nilai modulus elastisitas campuran aspal dengan melihat perbandingan tegangan dan regangannya berdasarkan pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung (*Indirect Tensile Strength*) dengan menggunakan benda uji *marshall* standar. Namun pada umumnya yang familiar diketahui, penghitungan nilai modulus elastisitas berdasarkan konsep dari

pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compressive Strength*), seperti pada pengujian kuat tekan pada tanah kohesif (SNI 3638, 2012) (ASTM-D2166, 2000) dimana perbandingan tinggi dan diameter (L/d) benda uji yang digunakan diantara 2 - 2,5, dan pada pengujian kuat tekan beton (SNI 1974, 2011) (ASTM-C39, 2018) dimana perbandingan tinggi dan diameter (L/d) benda uji yang digunakan diantara 1,8 - 2,2. Sementara Dowling (2013) mengatakan bahwa pengujian kuat tekan untuk material bahan yang bersifat getas sebaiknya menggunakan benda uji dengan perbandingan tinggi dan diameternya (L/d) adalah 1,5 atau 2. Dengan demikian, maka diperlukan pengembangan metode pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas pada campuran aspal yang sesuai dengan ketentuan-ketentuan dari dimensi benda uji yang sudah dijelaskan di atas.

METODE PENELITIAN

Menentukan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran Aspal

Penentuan nilai KAO dari campuran aspal merupakan langkah awal yang harus dilakukan agar campuran aspal yang diperoleh telah memenuhi semua persyaratan yang diwajibkan dalam pengujian marshall. Adapun langkah-langkah dalam menentukan nilai KAO campuran aspal adalah :

- Melakukan pengujian agregat dan aspal sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020),
- Menentukan jenis perkerasan dan gradasi agregat yang digunakan sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020),

- Membuat benda uji marshall dan melakukan pengujian marshall berdasarkan SNI 06-2489 (1991),
- Menentukan nilai KAO dari beberapa variasi kadar aspal yang telah diuji marshall yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020).

Merancang Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Campuran Aspal

Pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas campuran aspal pada penelitian ini menggunakan metode UCS (*Unconfined Compressive Strength*). Benda uji untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas campuran aspal (BU UCS) dirancang menggunakan benda uji silinder dengan tinggi (L) 6 inci dan diameter (d) 3 inci ($L/d=2$). Pemilihan dimensi BU UCS ini berdasarkan konsep dari SNI 3638 (2012), SNI 1974 (2011), dan Dowling (2013) seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Campuran aspal BU UCS yang digunakan adalah campuran aspal berdasarkan nilai KAO yang sudah diperoleh sebelumnya. Metode pengerjaan pembuatan BU UCS dilakukan dengan metode *trial and error* (coba-coba) terhadap desain *mould* (cetakan) dan alat-alat perlengkapannya serta metode pelaksanaan pematatannya. Metode pembuatan BU USC ini dikatakan berhasil ketika diperolehnya nilai karakteristik campuran aspal BU UCS sama atau mendekati dengan nilai karakteristik campuran aspal benda uji marshall berdasarkan KAO yang sudah diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat dan Aspal

Pengujian agregat dan aspal diperlukan agar material agregat dan aspal memenuhi persyaratan sebagai bahan jalan yang standarnya diatur dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020). Adapun hasil pengujian agregat dan aspal yang digunakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1 . Hasil Pengujian Agregat

No.	Jenis Pemeriksaan	Spek.	Hasil Pengujian
Agregat Kasar			
1.	Berat jenis	Min. 2.5	2,575
2.	Penyerapan air (%)	Maks. 3.0	1,922
3.	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (natrium sulfat) (%)	Maks. 12	0,055
4.	Abrasi dengan mesin Los Angeles (100 putaran) (%)	Maks. 8	5,590
5.	Abrasi dengan mesin Los Angeles (500 putaran) (%)	Maks. 40	22,970
6.	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	Min. 95	95+
7.	Butir pecah pada agregat kasar (%)	95/90	99/98
8.	Partikel pipih dan lonjong (%)	Maks. 10	6,742
9.	Material lolos Ayakan No. 200 (%)	Maks. 1	0,787
Agregat Halus			
1.	Berat jenis	Min. 2.5	2,727
2.	Penyerapan air (%)	Maks. 3.0	0,941
3.	Nilai Setara Pasir (%)	Min. 50	78,022
4.	Agularitas dengan Uji Kadar Rongga (%)	Min. 45	49,963
5.	Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat (%)	Maks. 1	0,490
6.	Agregat Lolos Ayakan No. 200 (%)	Maks. 10	6,77
Filler			
1.	Berat jenis	Min. 2.5	2,638

Tabel 2. Hasil Pengujian Aspal Pen 60/70

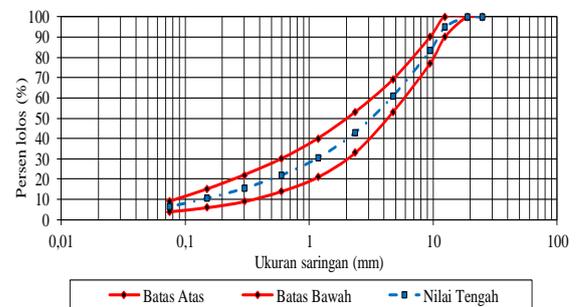
No.	Jenis Pemeriksaan	Spek.	Hasil Pengujian
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	60-70	61,6
2.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	≥ 300	500
3.	Titik Lembek (°C)	≥ 48	48,25
4.	Daktilitas pada 25°C (cm)	≥ 100	> 100
5.	Titik Nyala (°C)	≥ 232	358
6.	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	≥ 99	99,67
7.	Berat Jenis	≥ 1,0	1,068
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :			
8.	Berat yang Hilang (%)	≤ 0,8	0,033
9.	Penetrasi pada 25°C (%)	≥ 54	84,42
10.	Daktilitas pada 25°C (cm)	≥ 50	> 100

Penentuan Nilai KAO Campuran Aspal

Campuran aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis Perkerasan Laston Lapis Aus (AC-WC) dengan gradasi nilai tengah dari persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Dari gradasi nilai tengah campuran AC-WC seperti yang terlihat pada Gambar 1, diperoleh nilai kadar aspal perkiraan (Pb) sebesar 5,5%. Nilai KAO campuran aspal diperoleh berdasarkan pembuatan benda uji dari 5 variasi kadar aspal yaitu pada Pb-1%, Pb-0,5%, Pb, Pb+0,5%, dan Pb+1%. Kelima variasi kadar aspal tersebut dilakukan pengujian marshall berdasarkan SNI 06-2489 (1991). Hasil pengujian tersebut akan mendapatkan nilai karakteristik marshall yaitu stabilitas, flow, VMA, VFWA, VITM, dan MQ. Nilai-nilai karakteristik

marshall tersebut dibandingkan dengan syarat campuran AC-WC berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020), kemudian diperoleh rentang kadar aspal yang memenuhi seluruh persyaratannya. Rentang kadar aspal tersebut diambil nilai reratanya atau nilai tengahnya yang kemudian hasilnya merupakan nilai KAO itu sendiri. Penentuan nilai KAO campuran AC-WC dengan gradasi nilai tengah dari variasi kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5% dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Gradasi Agregat Campuran AC-WC

Dari gradasi nilai tengah campuran AC-WC seperti yang terlihat pada Gambar 1, diperoleh nilai kadar aspal perkiraan (Pb) sebesar 5,5%. Nilai KAO campuran aspal diperoleh berdasarkan pembuatan benda uji dari 5 variasi kadar aspal yaitu pada Pb-1%, Pb-0,5%, Pb, Pb+0,5%, dan Pb+1%. Kelima variasi kadar aspal tersebut dilakukan pengujian marshall berdasarkan SNI 06-2489 (1991). Hasil pengujian tersebut akan mendapatkan nilai karakteristik marshall yaitu stabilitas, flow, VMA, VFWA, VITM, dan MQ. Nilai-nilai karakteristik marshall tersebut dibandingkan dengan syarat campuran AC-WC berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020), kemudian diperoleh rentang kadar aspal yang memenuhi seluruh persyaratannya. Rentang kadar aspal tersebut diambil nilai reratanya atau nilai tengahnya

No.	Uraian	Formula	Hasil
3.	Density (gr/cm ³)* [c]	-	2,36
4.	W Campuran (gram) [d]	(b) x (c) x 1,03	1.774,85
5.	W Aspal (gram) [e]	[(a)/100] x (d)	98,68
6.	W Agregat (gram) [f]	(d) - (e)	1.676,17
7.	W Agregat Kasar (gram) [g]	[(j)/100] x (f)	955,42
8.	W Agregat Halus (gram) [h]	[(k)/100] x (f)	611,80
9.	W Filler (gram) [i]	[(l)/100] x (f)	108,95
Komposisi Agregat :			
10.	Agregat Kasar (%) [i]	-	57
11.	Agregat Halus (%) [j]	-	36,5
12.	Filler (%) [k]	-	6,5

Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas pada BU UCS

Kuat tekan merupakan kemampuan maksimum yang dapat diterima sebuah benda uji dalam menerima beban sebelum mengalami kehancuran (*failure*). Nilai kuat tekan (σ_{maks}) merupakan perbandingan antara nilai tekanan maksimum (P_{maks}) yang diterima benda uji dengan luas penampang benda uji (A). Sedangkan modulus elastisitas (E) merupakan ukuran kekakuan suatu bahan yang nilainya diperoleh dari rasio antara tegangan (σ) dan regangan (ϵ) di daerah kurva linier-elastik.

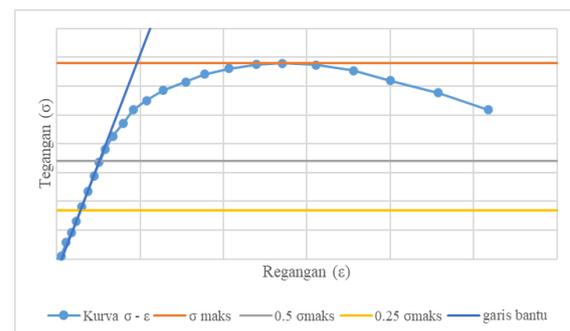
BU UCS yang diuji adalah benda uji yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) berdasarkan nilai VMA, VFWA, VITM, dan juga memenuhi target kerapatan yang diizinkan. Benda uji akan diuji menggunakan metode UCS dengan alat *marshall* yang

dimodifikasi sehingga alat tersebut mampu mengukur tegangan dan regangan yang terjadi seperti yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas BU UCS Menggunakan Alat Marshall yang Dimodifikasi

Hasil pengujian tersebut kemudian diplot dalam bentuk grafik untuk melihat hubungan antara tegangan dan regangan yang terjadi pada BU UCS selama masa pengujian. Salah satu sampel BU UCS yang telah diuji kemudian dibuat kurva hubungan tegangan dan regangannya yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Kurva Hubungan Tegangan-Regangan pada BU UCS

Dari Gambar 5 di atas dapat dilihat bahwa terdapat kemiripan antara kurva hubungan tegangan dan regangan campuran aspal dengan kurva hubungan tegangan dan regangan pada beton yang

mana kurvanya membentuk suatu lengkungan (tidak linier) sebelum mencapai tegangan maksimum. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian dari Starodubsky et al (1994) yang mengatakan bahwa hubungan tegangan-regangan pada campuran aspal memperlihatkan pola yang serupa dengan hubungan tegangan-regangan yang biasa digunakan pada beton semen. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa untuk menghitung nilai modulus elastisitas campuran aspal yang kurva tegangan-regangannya tidak linier diperlukan suatu pendekatan khusus. Pendekatan kurva linier untuk menghitung nilai modulus elastisitas pada penelitian ini menggunakan nilai $0,25 \sigma_{maks}$ dan $0,50 \sigma_{maks}$ yang mana pada daerah tersebut seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5 memiliki kurva yang relatif linier.

Dari tiga sampel pembuatan BU UCS yang telah memenuhi spesifikasi nilai VMA, VFWA, VITM, dan dilakukan pengujian dengan metode UCS memperoleh nilai kuat tekan dan modulus elastisitas seperti yang dapat dilihat pada table di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas BU UCS

No.	Benda Uji UCS	Kuat Tekan (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
1.	BU UCS Sampel 1	6,22	899
2.	BU UCS Sampel 2	5,81	1.295
3.	BU UCS Sampel 3	6,26	1.145

Dari Tabel 4 dapat lihat bahwa nilai kuat tekan dan modulus elastisitas BU UCS sampel 1 adalah 6,22 MPa dan 899 MPa, BU UCS sampel 2 adalah 5,81 MPa dan 1.295 MPa, dan BU UCS sampel 3

adalah 6,26 MPa dan 1.145 MPa. Berdasarkan data tersebut dapat dikatakan bahwa tidak terdapat hubungan yang linier antara nilai kuat tekan dan modulus elastisitas pada penelitian ini.

Hasil pengujian ini juga dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan nilai kuat tekan dan modulus elastisitas antar ketiga sampel BU UCS dengan menggunakan kadar aspal, desain perancangan dan metode pelaksanaan pembuatan benda uji yang sama. Untuk nilai kuat tekan terdapat perbedaan $\pm 0,45$ MPa, sedangkan untuk nilai modulus elastisitas terdapat perbedaan ± 245 MPa.

Perbedaan nilai kuat tekan dan modulus elastisitas serta ketidak-linier-an hubungan antara kuat tekan dan modulus elastisitas pada benda uji campuran aspal ini dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, antara lain : ketidaksamaan nilai VMA, VFWA, VITM dan *density* (meski sudah memenuhi spesifikasi) antar ketiga sampel, permasalahan kerataan permukaan benda uji yang dapat mengakibatkan pembebanan yang tidak merata, serta pengaruh temperatur saat dilakukan pengujian

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Benda uji dalam pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas menggunakan jenis AC-WC bergradasi nilai tengah dengan kadar aspal yang mengikuti kadar aspal optimum yaitu sebesar 5,56%,
2. Benda uji didesain berbentuk silinder dengan tinggi (L) 6 inci dan diameter (d) 3 inci ($L/d = 2$),
3. Hasil pengujian nilai kuat tekan yang diperoleh diantara 5,81 MPa - 6,26 MPa dan nilai modulus elastisitas yang diperoleh antara 899 MPa - 1.295 Mpa.

Saran

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum melakukan pengujian pada penelitian serupa adalah temperatur benda uji dan kerataan permukaan benda uji, karena ketidakteraturan temperatur dapat membuat benda uji lebih getas dalam kondisi dingin dan lembek dalam kondisi panas karena berbanding lurus dengan sifat termoplastis aspal. Sedangkan ketidakteraturan benda uji mengakibatkan pengujian melalui beban aksial akan jatuh didaerah pinggiran benda uji yang lebih tinggi dan mengakibatkan keruntuhan geser di daerah pinggir benda uji tersebut sehingga nilai hasil pengujian tidak menggambarkan kondisi yang seharusnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrin, M. A., Gaus, A., & Darwis, M. (2017). Studi Kuat Tarik Tidak Langsung Pada Campuran Asphalt Concrete Menggunakan Asbuton. *Jurnal Sipil Sains*, 7(14), 1–12.
- ASTM-C39. (2018). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. American Society for Testing and Materials.
- ASTM-D1074. (1996). *Standard Test Method for Compressive Strength of Asphalt Mixtures*. American Society for Testing and Materials.
- ASTM-D2166. (2000). *Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil*. American Society for Testing and Materials.
- Badaron, S. F., Gecong, A., Anies, M. K., Achmad, W. M., & Setiani, E. P. (2019). Studi Perbandingan Kuat Tarik Tidak Langsung terhadap Campuran Aspal Beton dengan menggunakan Limbah Marmer dan Abu Sekam Padi sebagai Filler. *Pena Teknik: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 4(2), 145. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v4i2.593
- Chairuddin, F., Wihardi Tjaronge, M., Ramli, M., & Patanduk, J. (2016). Compressive Strength of Permeable Asphalt Pavement Using Domato Stone (Quartzite Dolomite) and Buton Natural Asphalt (BNA) Blend. *International Journal of Engineering and Technology*, 8(3), 183–186. <https://doi.org/10.7763/ijet.2016.v8.881>
- Dirjen Bina Marga. (2020). *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (revisi 2)*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Dowling, N. E. (2013). *Mechanical Behavior of Materials: Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue (4th ed.)*. Pearson.
- S. Starodubsky, I. Blechman, M. L. (1994). Stress-strain relationship for asphalt concrete in compression. *Materials and Structures*, 27, 474–482.
- Saifuddin, I. B., Gaus, A., & Anwar, C. (2017). Studi Karakteristik Kuat Tekan Pada Campuran Asphalt Concrete. *Jurnal Sipil Sains*, 07, 25–34.
- SNI 03-6758. (2002). *Metode pengujian kuat tekan campuran beraspal*. Pustran Balitbang PU.
- SNI 06-2489. (1991). *Metode Pengujian*

*Campuran Aspal Dengan Alat Marshall
(Issue 1).* Pustran Balitbang PU.

SNI 1974. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton
dengan Benda Uji Silinder.* Badan
Standardisasi Nasional.

SNI 3638. (2012). *SNI 3638: Metode Uji Kuat
Tekan-Bebas Tanah Kohesif.* Badan
Standardisasi Nasional.