

# KOMPATIBILITAS SUSUT DAN LENTUR BETON *OVER SLABBING* DENGAN BAHAN TAMBAH *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN PERKUATAN PERKERASAN KAKU

Oleh :

Uu Saepudin, ST., MT.

## Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui material *over slabbing* yang kompatibel terhadap perkerasan kaku (*rigid pavement*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian di rancang dengan empat perlakuan, tiap perlakuan diulang tiga kali. Hasil penelitian material *over slabbing* untuk perkuatan perkerasan kaku menghasilkan nilai kumulatif tegangan *shrinkage* beton *over slabbing* sebesar 1,446 MPa, 1,207 MPa dan 1,817 MPa. Nilai tegangan *shrinkage* ini lebih kecil dari nilai tegangan lentur terendah sebesar 1,87 Mpa. Pengujian beton *over slabbing* menghasilkan nilai kuat lentur sebesar 3,33 MPa, 3,78 Mpa, 2,98 Mpa dan 2,18 MPa, ternyata nilai kuat lentur beton *over slabbing* lebih besar dari nilai kuat lentur beton *over slab* dengan nilai kuat lentur sebesar 2,80 MPa, 3,02 Mpa, 2,44 Mpa dan 1,87 Mpa, maka dengan demikian material *over slabbing* kompatibel terhadap perkerasan kaku (*rigid pavement*).

*Kata Kunci : Over Slabbing, Fly Ash, Rigid Pavement*

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu penggunaan beton pada bangunan teknik sipil yaitu perkerasan jalan beton atau yang biasa disebut perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang terdiri dari plat beton semen *portland* dan lapis pondasi di atas tanah dasar. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki *modulus elastisitas* yang tinggi, akan mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas, sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari slab beton sendiri. Faktor yang paling diperhatikan dalam perancangan perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah kekuatan beton itu sendiri, sedangkan kekuatan tanah dasar atau pondasi hanya berpengaruh kecil terhadap kapasitas struktural perkerasannya.

Permasalahan kerusakan jalan yang terjadi dilapangan selama ini menunjukkan kinerja jalan yang ada saat ini tidak seperti yang diharapkan. Permasalahan tersebut diantaranya, ketidaknyamanan berkendara karena struktur perkerasan jalan mengalami kerusakan. Jalan dengan struktur perkerasan kaku mengalami kerusakan akibat dari beban lalu lintas atau beban kendaraan yang melebihi kapasitas yang disyaratkan. Struktur perkerasan menjadi lemah atau berkurang kemampuannya untuk menerima beban yang disyaratkan, untuk itu perlu dilakukan suatu penelitian untuk perkuatan struktur perkerasan kaku. Salah satu model perkuatan perkerasan kaku yaitu dengan *over slabbing*.

Bahan tambah mineral pembantu saat ini banyak ditambahkan kedalam campuran beton dengan tujuan untuk mengurangi pemakaian semen, mengurangi *bleeding* atau menambah kekecekan pada beton. Salah satu bahan tambah yang dapat dimanfaatkan untuk campuran beton diantaranya abu terbang (*fly ash*). Abu terbang (*fly Ash*) yang merupakan limbah yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga tidak menutup kemungkinan akan menimbulkan masalah lingkungan karena *fly ash* merupakan limbah industri, oleh karena itu perlu upaya pemanfaatan *fly ash* yang dalam penelitian ini dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada beton, yaitu untuk mengurangi jumlah pemakaian semen pada adukan beton tanpa mengurangi mutu beton (kuat tekan beton) dan untuk menambah kekedapan beton terhadap air. Sehingga diperlukan suatu penelitian tentang penambahan *fly ash* pada campuran beton sebagai bahan *over slabbing* untuk perkuatan perkerasan kaku.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian terhadap material *over slabbing*, sehingga akan diperoleh desain material *over slabbing* yang kompatibel terhadap perkerasan kaku. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui material *over slabbing* yang kompatibel terhadap perkerasan kaku (*rigid pavement*).

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian di rancang dengan empat perlakuan, tiap perlakuan diulang tiga kali. Perlakuan yang diujicobakan yaitu beton dengan mutu K 200 sebagai perkerasan kaku dan K 200 dengan variasi penambahan *fly ash* 0%, 10%, 20% dan 30% sebagai material *over slabbing*.

## 3. HASIL PENGUJIAN KOMPATIBILITAS

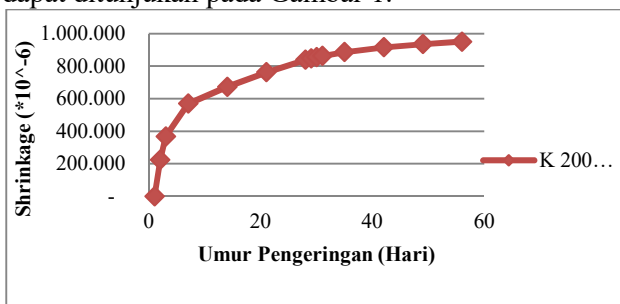
### 3.1 Uji Kompatibilitas Susut

Untuk pengujian kompatibilitas susut digunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran (6,67x10x40) cm untuk beton slabnya kemudian di *over slabbing* dengan ukuran (3,33x10x40) cm. Pengujian *shrinkage* pada benda uji beton slab dimulai saat benda uji berumur 1,2,3,7,14,21,28, 35, 42, 49 dan 56 hari. Pengujian *shrinkage* untuk beton over slab di mulai pada saat umur beton slab 28 hari pengujiannya dilakukan pada umur beton 1,2,3,7,14,21 dan 28 hari. Nilai *shrinkage* didapat dari perhitungan antara selisih perubahan panjang dibagi panjang mula-mula. Data pengujian *shrinkage* beton slab dan beton over slab seperti ditunjukkan dalam Tabel 1. dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Shrinkage* Beton Slab

Hari ke	$\epsilon_{sh}$ K 200	Hari ke	$\epsilon_{sh}$ K 200
1	0,000	29	848,796
2	223,889	30	856,574
3	368,889	31	863,519
7	570,093	35	886,481
14	672,963	42	916,296
21	762,963	49	936,204
28	839,907	56	950,833

Berdasarkan Tabel 1. hasil pengujian *shrinkage* beton slab, diperoleh grafik hubungan antara umur pengeringan dengan *shrinkage* beton slab yang dapat ditunjukkan pada Gambar 1.

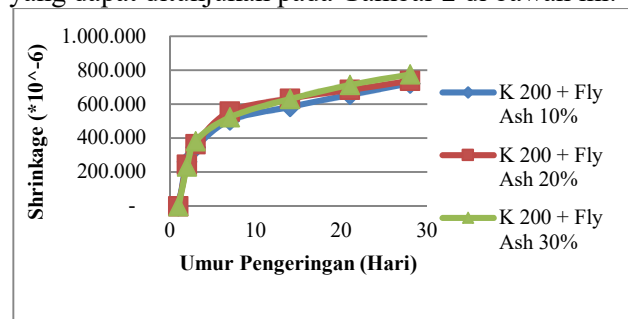


Gambar 1. Grafik Hubungan antara Umur Pengeringan dengan *Shrinkage* Beton Slab

Tabel 2. Hasil Pengujian *Shrinkage* Beton Over Slab

Hari ke	$\epsilon_{sh}$ K 200 + Fly Ash 10%	$\epsilon_{sh}$ K 200 + Fly Ash 20%	$\epsilon_{sh}$ K 200 + Fly Ash 30%
1	0,000	0,000	0,000
2	261,389	244,722	233,056
3	346,111	365,833	383,056
7	505,556	557,778	524,722
14	584,167	635,000	631,944
21	656,111	686,389	714,722
28	723,056	739,722	777,222

Berdasarkan Tabel 2 hasil pengujian *shrinkage* beton over slab, diperoleh grafik hubungan antara umur pengeringan dengan *shrinkage* beton over slab yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Umur Pengeringan dengan *Shrinkage* Beton Over Slab

### 3.2 Uji Kompatibilitas Lentur

Pengujian kompatibilitas lentur dilakukan pada saat benda uji berbentuk balok dengan dimensi beton slab (10x15x60) cm kemudian setelah berumur 28 hari, beton slab di *over slab* dengan dimensi (5x15x60) cm dan selanjutnya setelah berumur 28 hari dilakukan uji lentur dengan menggunakan alat uji kuat lentur untuk mendapatkan kuat lentur maksimum yaitu beban pada saat beton patah ketika menerima beban tersebut. Dari data pengujian kuat lentur beton pada benda uji balok dengan ukuran 15 x 15 x 60 cm dapat diperoleh kuat lentur maksimum beton. Sebagai contoh perhitungan kuat lentur diambil data dari benda uji beton *over slabbing* dengan variasi *fly ash* 0% sebagai berikut :

$$Fr (MoR) = \frac{P \times l}{(b \times d^2)}$$

$$P_{max} = 25 \text{ kN} = 25000 \text{ N}$$

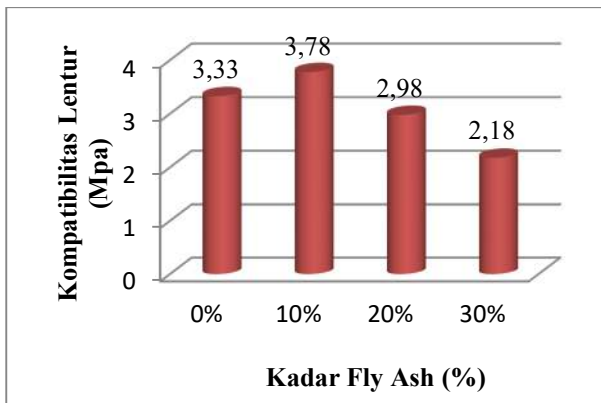
$$b = 150 \text{ mm} , d = 150 \text{ mm} , l = 450 \text{ mm}$$

$$MoR = \frac{25000 \times 450}{(150 \times 150^2)} = 3,33 \text{ Mpa}$$

Tabel 3. Hasil Pengujian Kompatibilitas Lentur

No	Mutu Beton /Kadar Fly ash	b / d	l	P	MoR	MoR Rata-rata
		( mm )	( m )	( N )	( MPa )	( MPa )
1	K 200 / 0%	150	450	25000	3,33	3,33
2		150	450	26000	3,57	
3		150	450	25000	3,02	
1	K 200 / 10%	150	450	28000	3,73	3,78
2		150	450	28000	3,73	
3		150	450	29000	3,87	
1	K 200 / 20%	150	450	22000	2,93	2,98
2		150	450	23000	3,07	
3		150	450	22000	2,93	
1	K 200 / 30%	150	450	17000	2,27	2,18
2		150	450	16000	2,13	
3		150	450	16000	2,13	

Berdasarkan Tabel 3. diperoleh grafik yang menggambarkan hasil pengujian kompatibilitas lentur beton seperti ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Kompatibilitas Lentur

#### 4. PEMBAHASAN

##### 4.1 Kompatibilitas Susut

Berdasarkan Gambar 1. dan Gambar 2. dapat dilihat bahwa setelah mengalami pengeringan dalam jangka waktu yang relatif lama, maka susut pada beton akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya umur beton. Nilai *shrinkage* akhir yang tidak akan bertambah lagi disebut dengan *shrinkage* ultimit. Prediksi ACI 209 R-92 tersebut di atas menghasilkan nilai *shrinkage* ultimit yang disajikan dalam Tabel 4. Di bawah ini.

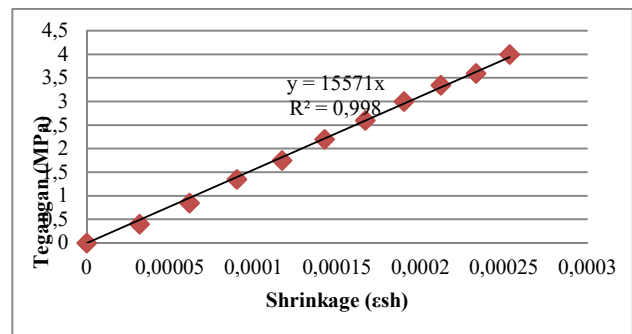
Tabel 4. Nilai Shrinkage Ultimit Metode ACI 209R-92

No	Mutu Beton	Shrinkage Ultimit (Metode ACI 209R-92)
1	K 200	2224
2	K 200 + Fly Ash 10%	1930
3	K 200 + Fly Ash 20%	2026
4	K 200 + Fly Ash 30%	2078

Untuk menentukan kompatibilitas *shrinkage over slabbing*, maka harus dicari tegangan *shrinkage*. Tegangan *shrinkage* dihitung dengan rumus :

$$\sigma_{(t)} = \tau \mu E_{(t)} \epsilon_{sh(t)}$$

Untuk mencari nilai  $\tau \mu E$ , dengan menggunakan grafik hubungan antara waktu dengan tegangan *shrinkage* dan grafik hubungan antara waktu pengeringan dengan *shrinkage* ( Penelitian S.A. Kristiawan ) maka dicari fungsi persamaan dari grafik hubungan tegangan dengan *shrinkage* seperti ditunjukkan dalam Gambar 4. di bawah ini.



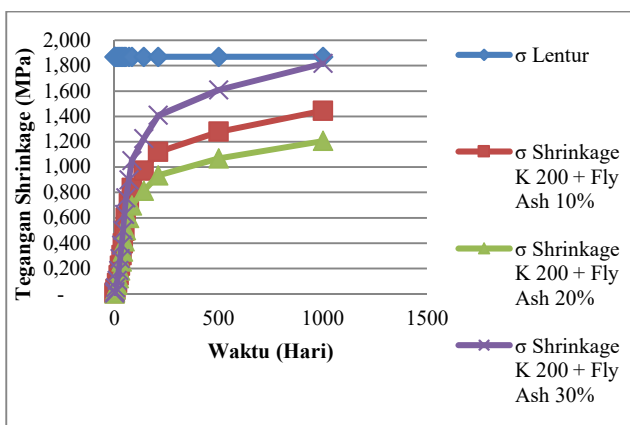
Gambar 4. Grafik Hubungan antara Shrinkage dengan Tegangan

Berdasarkan grafik di atas menghasilkan persamaan  $y = 15571 x$ , dengan persamaan tersebut akan menghasilkan nilai tegangan *shrinkage* seperti ditunjukkan dalam Tabel 5. Di bawah ini.

Tabel 5. Hasil perhitungan Tegangan Shrinkage

$\Delta t$	$\sigma_{Sh K 200 + Fly Ash 10\%}$	Kumulatif	$\sigma_{Sh K 200 + Fly Ash 20\%}$	Kumulatif	$\sigma_{Sh K 200 + Fly Ash 30\%}$	Kumulatif
1	0.005	0.005	0.004	0.004	0.006	0.006
2	0.009	0.014	0.008	0.012	0.012	0.018
6	0.025	0.039	0.021	0.033	0.031	0.049
13	0.046	0.085	0.039	0.071	0.058	0.107
20	0.062	0.148	0.052	0.123	0.078	0.186
27	0.075	0.222	0.062	0.186	0.094	0.279
34	0.084	0.307	0.070	0.256	0.106	0.385
41	0.092	0.399	0.077	0.333	0.116	0.502
48	0.099	0.498	0.083	0.416	0.124	0.626
55	0.105	0.603	0.087	0.503	0.132	0.758
69	0.114	0.716	0.095	0.598	0.143	0.900
83	0.120	0.837	0.101	0.699	0.151	1.052
140	0.137	0.974	0.114	0.813	0.172	1.224
210	0.147	1.121	0.123	0.936	0.184	1.408
500	0.160	1.281	0.134	1.069	0.201	1.610
1000	0.165	1.446	0.138	1.207	0.208	1.817

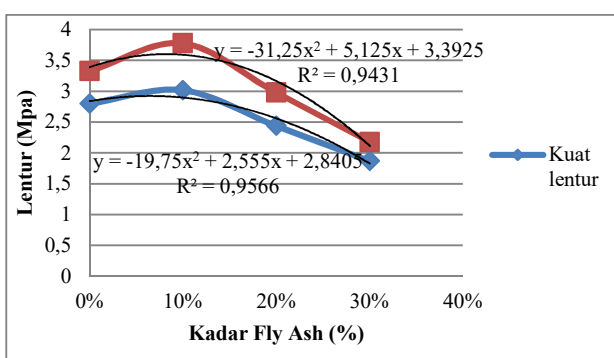
Berdasarkan Tabel 5. hasil perhitungan tegangan *shrinkage*, diperoleh nilai kumulatif tegangan *shrinkage* untuk K 200 + Fly Ash 10% sebesar 1,446 MPa, K 200 + Fly Ash 20% sebesar 1,207 MPa dan K 200 + Fly Ash 30% sebesar 1,817 MPa. Nilai tegangan *shrinkage* ini lebih kecil atau tidak melebihi batas nilai tegangan lentur terendah sebesar 1,87 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak akan terjadi retak karena susut, maka dengan demikian bahan *over slabbing* kompatibel berdasarkan hasil pengujian susut (*shrinkage*). Untuk lebih jelasnya perbandingan nilai tegangan lentur dan tegangan *shrinkage* seperti ditunjukkan pada Gambar 5. di bawah ini.



Gambar 5. Grafik Hubungan Waktu dengan Tegangan *Shrinkage*

#### 4.2 Kompatibilitas Lentur

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan antara kadar fly ash dengan kuat lentur dan kompatibilitas lentur seperti terlihat pada Gambar 6. di bawah ini.



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Kadar *Fly Ash* dengan Lentur Beton

Berdasarkan Gambar 6. di atas, penggunaan variasi kadar *fly ash* berpengaruh terhadap kuat lentur beton. Kuat lentur beton semakin meningkat pada penambahan kadar *fly ash* 10% dan pada penambahan kadar *fly ash* 20% serta pada penambahan kadar *fly ash* 30% terjadi penurunan kuat lentur, bahkan nilai kuat lenturnya lebih rendah

dari nilai kuat lentur beton normal. Menurut pendapat Suryawan (2005) kuat lentur (*flexural strength*) tidak boleh kurang dari 45 kg/cm<sup>2</sup> (menurut SNI 1991 sebesar 3,78 MPa) pada umur 28 hari dan kuat lentur beton minimum pada umur 7 hari disyaratkan 80% dari kuat lentur (*flexural strength*) minimum. Kuat lentur tertinggi terjadi pada beton over slab dengan variasi kadar *fly ash* 10% sebesar 3,02 MPa dan kuat lentur terendah terjadi pada beton over slab dengan kadar *fly ash* 30% sebesar 1,87 MPa, hal ini tidak memenuhi syarat kuat lentur yang disyaratkan pada umur 28 hari menurut SNI 1991 sebesar 3,78 MPa.

Berdasarkan hasil pengujian beton *over slabbing* mutu beton K 200 dengan variasi kadar *fly ash* 0%, 10%, 20% dan 30% menghasilkan nilai kuat lentur sebesar 3,33 MPa, 3,78 Mpa, 2,98 Mpa dan 2,18 MPa, ternyata nilai kuat lentur beton *over slabbing* lebih besar dari nilai kuat lentur beton *over slab* dengan variasi kadar *fly ash* 0%, 10%, 20% dan 30%, menghasilkan nilai kuat lentur sebesar 2,80 MPa, 3,02 Mpa, 2,44 Mpa dan 1,87 MPa. Dengan demikian material *over slabbing* kompatibel berdasarkan hasil pengujian kuat lentur.

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa material *over slabbing* untuk perkuatan perkerasan kaku menghasilkan nilai kumulatif tegangan *shrinkage* beton *over slabbing* sebesar 1,446 MPa, 1,207 MPa dan 1,817 MPa. Nilai tegangan *shrinkage* ini lebih kecil dari nilai tegangan lentur terendah sebesar 1,87 Mpa. Pengujian beton *over slabbing* menghasilkan nilai kuat lentur sebesar 3,33 MPa, 3,78 Mpa, 2,98 Mpa dan 2,18 MPa, ternyata nilai kuat lentur beton *over slabbing* lebih besar dari nilai kuat lentur beton *over slab* dengan nilai kuat lentur sebesar 2,80 MPa, 3,02 Mpa, 2,44 Mpa dan 1,87 Mpa, maka dengan demikian material *over slabbing* kompatibel terhadap perkerasan kaku (*rigid pavement*) berdasarkan hasil pengujian kompatibilitas susut dan kompatibilitas lentur.

#### 6. REFERENSI

- [1] Ahmad Antono, 1998, "Bahan Konstruksi Teknik Sipil I", Bahan Perkuliahan Jurusan Teknik Sipil UGM Yogyakarta
- [2] AASHTO, 1993, "American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for Design of Pavement Structures".
- [3] ACI 318, 2005, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary". American Concrete Institute.
- [4] ACI Committee 325. 2006. "Concrete Overlays for Pavement Rehabilitation". Publication

- ACI 325.13R-06. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute.
- [5] ACPA. 1990a. "Guidelines for Bonded Concrete Overlays". Technical Bulletin TB-007P. Skokie, IL: American Concrete Pavement Association.
- [6] AASHTO. 1993. "Guide for Design of Pavement Structures". Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- [7] AASHTO. 1998. "Supplement to the AASHTO Guide for Design of Pavement Structures". Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- [8] Anonim, 1997, "Struktur Beton", Badan Penerbit Universitas Semarang
- [9] Anonim, 1971, "Peraturan Beton Bertulang Indonesia", Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jendral Ciptakarya Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- [10] Anonim, 1982, "Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI 1982)", Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Bandung.
- [11] Brown, MD. Smith, CA. Seller, JG. Folliard, KJ & Breen, JE."Use of Alternatives Materials to Reduce Shrinkage Cracking in Bridge Decks" ACI Material Journal, Vol 104, 2007 pp 629-637
- [12] Cable, J.K., F.S. Fanous, H. Ceylan, D. Wood, D. Frentress, T. Tabbert, S.-Y. Oh, and K. Gopalakrishnan. 2005. "Design and Construction Procedures for Concrete Overlay and Widening of Existing Pavements". IHRB Project TR-511. Ames, IA: Iowa State University.
- [13] Chu Kia Wang, Charles G Salmon, Binsar Hariandja, 1990," *Desain Beton Bertulang*", Jilid I Erlangga edisi ke 4, Jakarta
- [14] Cusson, D. and Mailvaganam, N. (1996), "Durability of Repair Materials", Concrete International, 18(3), pp 34-38
- [15] Dipohusodo Istimawan, 1996,"*Struktur Beton Bertulang*", Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- [16] Delatte, N., S. Chen, J. Davidson, A. Sehdev, N. Amer, and M. Endfinger. 2001. "Design and Quality Control of Concrete Overlays". UTCA Report 01220. Tuscaloosa, AL: University Transportation Center for Alabama.
- [17] Hendarsin, (2000), "Perencanaan Teknik Jalan Raya" PoliTeknik Negeri Bandung
- [18] Hall, KD. & Banihatti, N.," *Structural Design of Portland Cement Concrete Overlay for Pavement*", Reseach Report MBTC – 1052, Dept of Civil Engineering, University of Arkansas, 2005.
- [18] Kristiawan, SA. Mahmudah, AMH. & Sunarmasto," *Cracking Resistance of Concrete Overlay as Predicted from the Development of Shrinkage Stress*", In Proceeding of 3<sup>rd</sup> International Conference on Concrete Repair, 2009, Padua, Italia.
- [19] Kosednar, J., and Mailvaganam, N.P. (2005)," *Selection and use of Polymer-Based Materials in the Repair of Concrete Structures*", Journal of performance of Constructed Facilities, 19(3), 229-233
- [20] Sukirman, Silvia, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- [21] Tjokrodimulyo Kardiyono, 1996,"*Teknologi Beton*", NAFIRI Yogyakarta.

#### RIWAYAT PENULIS

Uu Saepudin, ST., MT.

Lahir di Majalengka, 20 Januari 1973

S1 Teknik Sipil Universitas Galuh Ciamis

S2 Teknik Sipil UNS Surakarta

Dosen Tetap Yayasan Pendidikan Galuh Ciamis pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Galuh Ciamis