

**PERENCANAAN PERKERASAN KAKU JALAN KABUPATEN/KOTA
(Studi kasus : Jalan Akses Komplek Puri Pamulang)
Kota Tangerang Selatan**

Oleh :

Arif Mudianto, Heny Purwanti, dan Fitri Yunitasari

Abstrak

Dalam merencanakan jalan yang menyangkut kehidupan orang banyak harus diperhatikan syarat-syarat dan peraturan-peraturan yang berlaku, agar perencanaan jalan raya dapat memberikan dampak perjalanan yang memadai bagi pemakai jalan, dalam arti dapat terpenuhinya azas kenyamanan, keamanan dan kelancaran.

Satu hal yang menjadi perhatian bahwa kondisi sarana dan prasarana jalan Komplek Puri Pamulang Mas Kota Tangerang Selatan yang ada sekarang tidak memadai karena jalan terlalu sempit sedangkan jalan tersebut merupakan akses jalan alternatif dari Pamulang yang sering dilalui untuk sampai ke Bumi Serpong Damai, untuk mengatasi hal tersebut maka Pemerintah Kota Tangerang Selatan merencanakan pembangunan ruas jalan Puri Pamulang Mas dengan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*).

Dari hasil perhitungan didapat tebal pelat 15 cm dengan total *fatigue* 22,6723 % , tebal pelat 18 cm dengan total *fatigue* 313,2906 % dan tebal pelat 20 cm dengan total *fatigue* 14,0981 %. Terlihat bahwa tebal pelat 15 cm dan 20 cm masuk kedalam kriteria perencanaan karena total *fatigue* kurang dari 100 % dan tebal pelat 18 cm tidak masuk kriteria perencanaan karena total *fatigue* lebih dari 100%. Tetapi, agar lebih aman maka diambil tebal pelat 20 cm. Tulangan melintang yang dipakai ukuran diameter 12 mm dengan jarak 125 mm dan tulangan dowel ukuran diameter 25 mm, panjang 450 mm dan jarak 250 mm.

Kata Kunci : *Rigid Pavement, total fatigue, tulangan melintang, tulangan dowel*

1. PENDAHULUAN

Dalam merencanakan jalan yang menyangkut kehidupan orang banyak harus diperhatikan syarat-syarat dan peraturan-peraturan yang berlaku, agar perencanaan jalan raya dapat memberikan dampak perjalanan yang memadai bagi pemakai jalan, dalam arti dapat terpenuhinya azas kenyamanan, keamanan dan kelancaran. Dalam transportasi modern, transportasi merupakan bagian integral dari fungsi dan aktifitas masyarakat, dimana ada hubungan yang sangat erat dengan gaya hidup.

Masalah yang sering dihadapi dalam transportasi angkutan darat adalah banyaknya sarana transportasi mulai dari becak, sepeda motor, mobil sampai dengan truk besar yang mempunyai berat berton-ton.

Perkerasan kaku dipilih karena kondisi daerah Tangerang yang merupakan daerah industri sehingga banyak kendaraan berat yang melewati jalan tersebut dan daerah tersebut sering terjadi banjir bila hujan turun maka diperlukan perkerasan jalan yang kuat untuk mempermudah kegiatan yang ada di daerah tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Departemen Pekerjaan Umum Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen) pada tahun 2003 perhitungan perencanaan tebal pelat beton adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung jumlah kendaraan niaga harian (JKNH) pada tahun pembukaan perencanaan proyek.
- b. Menghitung jumlah kendaraan niaga (JKN) selama umur rencana (n tahun) dengan persamaan:

- $JKN = 365 \times JKNH \times R$
- c. Menghitung jumlah sumbu kendaraan niaga harian (JSKNH), kemudian menghitung jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana dengan rumus :
- $JSKN = 365 \times JSKNH \times R$
- d. Menghitung persentase masing-masing beban sumbu dan jumlah repetisi yang akan terjadi selama umur rencana dengan rumus:
- $$\text{Persentase beban sumbu} = \frac{\text{jumlah sumbu yang ditinjau}}{JSKNH}$$
- e. Sebagai besarnya beban sumbu rencana dihitung dengan cara mengalikan beban sumbu yang ditinjau dengan Faktor Keamanan (FK) yang ditunjukkan pada tabel yang ada di buku.
- f. Menentukan perbandingan antara tegangan yang terjadi pada tabel perbandingan tegangan dan jumlah repetisi yang diijinkan.
- g. Berdasarkan perbandingan tegangan tersebut, kemudian dari tabel perbandingan tegangan dan jumlah repetisi yang diijinkan dapat diketahui jumlah pengulangan (repetisi) tegangan yang diijinkan.
- h. Dengan besaran-besaran beban sumbu, k dan tebal plat yang sudah diketahui (ditaksir), besarnya tegangan yang terjadi bisa didapat dari nomogram yang ada pada gambar yang ada di buku.
- i. Mengitung persentase lelah (*fatigue*) untuk setiap konfigurasi beban sumbu dapat dihitung dengan cara:
- $$\text{persentase } fatigue = \frac{\text{repetisi beban yang akan terjadi}}{\text{repetisi beban yang diijinkan}}$$
- j. Total *fatigue* dihitung dengan cara menjumlahkan besarnya persentase *fatigue* dari seluruh konfigurasi beban sumbu.
- k. Langkah-langkah yang sama (a sampai j) diulang untuk tebal plat beton lainnya yang dipilih/ditaksir.
- l. Tebal plat beton yang dipilih/ditaksir dinyatakan sudah benar/cocok apabila total *fatigue* yang didapat besarnya lebih kecil atau sama dengan 100%.

Perencanaan perhitungan luas tulangan melintang yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$As = \frac{1200 (F.L.h)}{fs}$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada perencanaan perkerasan kaku jalan yang ada di Puri Pamulang adalah perhitungan perencanaan lalu lintas jalan raya/rekayasa lalu lintas yang terjadi pada jalan tersebut yaitu:

- a. Data perencanaan desain penampang jalan:
- Kecepatan rencana : 60 km/jam
 - Kelas jalan : jalan kelas IIA
 - Klasifikasi jalan : Kolekroe sekunder
 - Lebar perkerasan : 7 m
 - Lebar jalur : 3,5 m
 - Umur rencana : 20 tahun
 - Masa konstruksi : 1 tahun
 - Baja : U 25
 - Beton : K-350
- b. Perhitungan volume lalu lintas harian rata-rata

Jenis kendaraan	Jumlah kendaraan tahun 2014 (kendaraan) 2 arah
Sepeda motor	1915
Mobil penumpang	1152
Angkutan perkotaan	433
Bus	102
Truk 2 as	23
Truk 3 as	17
Total LHR	3642

- c. Perhitungan voluem jam perencanaan pada umur rencana

Jenis kendaraan	Jumlah kendaraan tahun 2014 (kendaraan) 2 arah	Faktor C	VJP Tahun 2014	VJP Tahun 2034
Sepeda motor	1915	0,5	958	479
Mobil penumpang	1152	0,5	576	288
Angkutan perkotaan	433	0,5	217	109
Bus	102	0,5	51	26
Truk 2 as	23	0,5	12	6
Truk 3as	17	0,5	9	5
Total LHR	3642		1823	913

- d. Perhitungan jumlah lintas/hari menurut sumbu

Jenis kendaraan	Konfigurasi sumbu	Beban sumbu (ton)	Jumlah lintas/hari
Mobil penumpang	STRT/STRT	1/1	576 + 576 = 1152
Angkutan perkotaan	STRT/STRT	1/1	217 + 217 = 434
Bus	STRT/STRT	3/5	51 + 51 = 102
Truk 2 as	STRT/STRT	2/4	12 + 12 = 24
Truk 3as	STRG/STRG	6/14	9 + 9 = 18

- e. Perhitungan perencanaan kapasitas jalan (MKJI, 1977)
- $$C = C_0 \times F_{CW} \times F_{Csp} \times F_{Csf} \times F_{Ccs} = 2900 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,97 \times 1,04 = 2926 \text{ smp/jam}$$

f. Perhitungan analisa derajat kejenuhan

Tahun	Total arus	Kapasitas	Derajat kejenuhan	Kecepatan Aktual (km/jam)	Perjang Segment (km)	Waktu Pergalanan (menit)	Tingkat Pelayanan Jalan
2014	1823	2024	0,896	60	2,050	2,050	C
2034	913		0,3120	60	2,050	2,050	B

- g. Penentuan Tingkat Pelayanan Jalan
 Pada tahun 2014 sebelum perencanaan termasuk ke tingkat pelayanan C yang artinya memiliki arus lalu lintas stabil dan kecepatan mulai dipengaruhi oleh volume lalu lintas sehingga tidak dapat dipilih lagi oleh pengemudi sedangkan pada akhir umur rencana memiliki tingkat pelayanan B yang artinya memiliki arus lalu lintas stabil dan kecepatan mulai dipengaruhi oleh volume lalu lintas tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.

4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

a. Data Kendaraan

Waktu	Jenis kendaraan					
	LV		HV			MC
	Mobil penumpang	Angkutan perkotaan	Bus	Truk 2 As	Truk 3 As	Sepeda motor
Tahun 2014	576	217	51	12	9	958
Tahun 2034	288	109	26	6	5	479

- b. Data yang akan pada perhitungan tebal pelat beton adalah sebagai berikut :
- Umur rencana : 20 tahun
 - Tebal pondasi atas (dengan batu pecah) : 15 cm
 - Faktor gesekan pondasi : 1,5 (batu pecah)
 - Kuat lentur tarik beton (MR beton) : 40 kg/cm²
 - Pertumbuhan lalu lintas : 6% per tahun
 - Peranan jalan : kolektor
 - Koefisien distribusi jalur: 0,7 (2 jalur 2 arah)

c. Perhitungan Jumlah Kendaraan Niaga (JKN) selama umum rencana 20 tahun

Jenis Kendaraan	Konfigurasi dan Beban	VJP tahun 2034	Jumlah Sumbu
Mobil Penumpang	(1+1) ton = 2 ton	576	-
Angkutan Perkotaan	(1+1) ton = 2 ton	217	-
Bus	(3+5) ton = 8 ton	51	102
Truk 2as	(2+4) ton = 6 ton	12	24
Truk 3as	(8+14) ton = 20 ton	9	18

Setelah mendapatkan jumlah sumbu kendaraan yang akan ditinjau selanjutnya adalah menghitung Jumlah Kendaraan Niaga yang dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{JKN} &= 365 \times \text{JKNH} \times R \\ \text{JKNH} &= \text{jumlah bus} + \text{jumlah truk 2as} + \text{jumlah truk 3as} \\ &= 51 + 12 + 9 \\ &= 73 \text{ kendaraan.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor pertumbuhan } R &= \frac{(1+r)^n - 1}{r} \\ &= \frac{(1+0,06)^{20} - 1}{0,06} \\ &= 36,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga diperoleh JKN} &= 365 \times \text{JKNH} \times R \\ &= 365 \times 73 \times 36,79 \\ &= 980.152 \text{ kendaraan.} \end{aligned}$$

- d. Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga Harian (JSKNH) dan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama umur rencana 20 tahun.

$$\begin{aligned} \text{JSKN} &= 365 \times \text{JSKNH} \times R \\ \text{JSKNH} &= \text{sumbu bus} + \text{sumbu truk 2as} + \text{sumbu truk 3as} \\ &= 102 + 24 + 18 \\ &= 146 \text{ sumbu kendaraan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga diperoleh JSKN} &= 365 \times \text{JSKNH} \times R \\ &= 365 \times 146 \times 36,79 \\ &= 1.960.304 \text{ sumbu kendaraan} \end{aligned}$$

- e. Perhitungan persentase masing-masing beban sumbu dan jumlah repetisi yang akan terjadi selama umur rencana (20 tahun).

Konfigurasi Sumbu	VJP	Beban sumbu (ton)	% konfigurasi sumbu (*)
STRT (truk 2 as)	12	2	$\frac{12}{146} = 8,22\%$
STRT (bus)	51	3	$\frac{51}{146} = 35,62\%$
STRT (truk 2 as)	12	4	$\frac{12}{146} = 8,22\%$
STRT (bus)	51	5	$\frac{51}{146} = 35,62\%$
STRT (truk 3 as)	9	6	$\frac{9}{146} = 6,16\%$
STRG (truk 3 as)	9	14	$\frac{9}{146} = 6,16\%$

Keterangan : *) Konfigurasi = $\frac{V}{H}$

Repetisi kumulatif tiap-tiap sumbu:

Konfigurasi sumbu	Beban sumbu (ton)	Repetisi kumulatif tiap-tiap sumbu (**)
STRT (truk 2 as)	2	112784,62
STRT (bus)	3	488733,36
STRT (truk 2 as)	4	112784,62
STRT (bus)	5	488733,36
STRT (truk 3 as)	6	84588,47
STRG (truk 3 as)	14	84588,47

$$\text{***) Jumlah repetisi} = \text{JSKN} \times \% \text{ konfigurasi sumbu} \times \text{Koef. distribusi jalur yang ada pada buku}$$

petunjuk perencanaan perkerasan kaku.

f. Perhitungan tebal pelat beton dengan asumsi tebal pelat 15cm, 18cm, 20cm.

➤ Perhitungan tebal pelat beton (Asumsi tebal pelat 15 cm , MR 40 kg/cm²)

Kategori Benda	Beban Garis (Pa = 1.5)	Beban merata (Pa = 1.5)	Reaksi beban	Tegangan yang terjadi (kg/cm ²)	Perbandingan tegangan	Amplitudo beban yang diberikan oleh kelas 2.5	% fatigue
STRT (tak 2.5)	2	2 x 1.5 = 3	11,2155 x 10 ³	0	0	0	0
STRG (tak 2.5)	3	3 x 1.5 = 4.5	49,8741 x 10 ³	0	0	0	0
STRT (tak 2.5)	4	4 x 1.5 = 6	11,2155 x 10 ³	16.8	0.48	0	0
STRG (tak 2.5)	5	5 x 1.5 = 7.5	49,8741 x 10 ³	22	0.55	21000	8.5743
STRT (tak 2.5)	6	6 x 1.5 = 9	11,2155 x 10 ³	28.8	0.86	0	0
STRG (tak 2.5)	14	14 x 1.5 = 21	49,8741 x 10 ³	39.6	0.97	0	0
Total fatigue							22.6723

Dengan tebal plat 15 cm, terlihat bahwa total *fatigue* yang terjadi 22,6723 % < 100 %. Maka tebal plat 15cm sudah cukup dan dapat digunakan.

*) Gambar ke Nomogram tegangan yang terjadi untuk STRT dan STRG.

***) Perbandingan tegangan =

$$\frac{g}{g} \frac{y}{g}$$

****) % *fatigue* =

$$\frac{h}{y} \frac{g}{g}$$

➤ Perhitungan tebal pelat beton (Asumsi tebal pelat 18 cm , MR 40 kg/cm²)

Kategori Benda	Beban Garis (Pa = 1.5)	Beban merata (Pa = 1.5)	Reaksi beban	Tegangan yang terjadi (kg/cm ²)	Perbandingan tegangan	Amplitudo beban yang diberikan oleh kelas 2.5	% fatigue
STRT (tak 2.5)	2	2 x 1.5 = 3	11,2155 x 10 ³	0	0	0	0
STRG (tak 2.5)	3	3 x 1.5 = 4.5	49,8741 x 10 ³	0	0	0	0
STRT (tak 2.5)	4	4 x 1.5 = 6	11,2155 x 10 ³	16.8	0.48	0	0
STRG (tak 2.5)	5	5 x 1.5 = 7.5	49,8741 x 10 ³	22	0.55	0	0
STRT (tak 2.5)	6	6 x 1.5 = 9	11,2155 x 10 ³	28.8	0.86	0	0
STRG (tak 2.5)	14	14 x 1.5 = 21	49,8741 x 10 ³	39.6	0.97	210	313.2906
Total fatigue							313.2906

Dengan tebal plat 18 cm, terlihat bahwa total *fatigue* yang terjadi 313,2906 % > 100 %. Maka tebal plat 18 cm tidak dapat digunakan karena total *fatigue* lebih dari 100%.

*) Gambar ke Nomogram tegangan yang terjadi untuk STRT dan STRG.

***) Perbandingan tegangan =

$$\frac{g}{g} \frac{y}{g}$$

****) % *fatigue* =

$$\frac{h}{y} \frac{g}{g}$$

➤ Perhitungan tebal pelat beton (Asumsi tebal pelat 20 cm , MR 40 kg/cm²)

Kategori Benda	Beban Garis (Pa = 1.5)	Beban merata (Pa = 1.5)	Reaksi beban	Tegangan yang terjadi (kg/cm ²)	Perbandingan tegangan	Amplitudo beban yang diberikan oleh kelas 2.5	% fatigue
STRT (tak 2.5)	2	2 x 1.5 = 3	11,2155 x 10 ³	0	0	0	0
STRG (tak 2.5)	3	3 x 1.5 = 4.5	49,8741 x 10 ³	0	0	0	0
STRT (tak 2.5)	4	4 x 1.5 = 6	11,2155 x 10 ³	16.8	0.48	0	0
STRG (tak 2.5)	5	5 x 1.5 = 7.5	49,8741 x 10 ³	22	0.55	0	0
STRT (tak 2.5)	6	6 x 1.5 = 9	11,2155 x 10 ³	28.8	0.86	0	0
STRG (tak 2.5)	14	14 x 1.5 = 21	49,8741 x 10 ³	39.6	0.97	0	0
Total fatigue							14.0981

Dengan tebal plat 20 cm, terlihat bahwa total *fatigue* yang terjadi 14,0981 % < 100 %. Maka tebal plat 20 cm cukup dan dapat digunakan.

*) Gambar ke Nomogram tegangan yang terjadi untuk STRT dan STRG.

***) Perbandingan tegangan =

$$\frac{g}{g} \frac{y}{g}$$

****) % *fatigue* =

$$\frac{h}{y} \frac{g}{g}$$

Berdasarkan hasil perhitungan persentase *fatigue* yang mendekati 100 % adalah tebal pelat 150 mm (15 cm) tetapi agar lebih aman tebal pelat yang digunakan adalah tebal pelat 200 mm (20 cm).

g. Perhitungan Perencanaan Tulangan.

Data perencanaan tulangan yang akan dipakai untuk merencanakan tulangan pada pekerjaan perkerasan kaku Puri Pamulang adalah sebagai berikut:

- ❖ Koefisien gesekan pelat dengan pondasi (F)= 1,5 (batu pecah)
- ❖ Jarak antar sambungan (L)=5m
- ❖ Tebal pelat (h) =200mm=0,2 m
- ❖ Berat isi beton = 2400 kg/cm²

$$A_s = \frac{1200 (F.L.h)}{f_s}$$

$$= \frac{1200 (1,5 \times 5 \times 0,2)}{2400}$$

$$= 0,75 \text{ cm}^2/\text{m}' = 75 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

Asumsi diameter tulangan dipakai diameter 12 mm.

$$A_s = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 12^2$$

$$= 113,04 \text{ mm}^2$$

Karena berdasarkan peraturan penulangan berjarak 300 ± 50 mm untuk arah melintang maka digunakan diameter 12 dengan jarak 125 mm dan untuk

diameter 25 mm, panjang 450 mm dan jarak 250 mm.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perhitungan yang dilakukan mengenai Perencanaan Perkerasan Kaku Jalan Kabupaten/Kota (studi kasus: jalan Puri Pamulang Mas) Kota Tangerang Selatan adalah :

1. Hasil perhitungan tingkat pelayanan jalan berdasarkan derajat kejenuhan yang didapat jalan Puri pamulang pada akhir umur rencana pada tahun 2034 didapat derajat kejenuhan sebesar 0,312 maka tingkat pelayanan jalan pada akhir umur rencana termasuk tipe B. Artinya, jalan Puri Pamulang Mas – Bumi Serpong Damai (BSD) memiliki arus lalu lintas tetap stabil tetapi kecepatan mulai dipengaruhi oleh volume lalu lintas tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.
2. Perencanaan untuk tebal lapisan perkerasan jalan beton untuk tebal 15 cm didapat dengan total *fatigue* sebesar 22,6723 %. Tebal 18 cm didapat total *fatigue* 313,2906 % dan tebal 20 cm didapat *fatigue* sebesar 14,0981 %. Hasil yang mendekati 100 % adalah tebal 15 cm tetapi diambil tebal pelat 20 cm agar lebih aman.
3. Penulangan arah melintang diperoleh sebesar $D_{12} - 125$ mm dan tulangan dowel digunakan ukuran 25 mm, panjang 450 mm dan jarak 250 mm.

Adapun saran yang dapat diberikan dalam Perencanaan Perkerasan Kaku Jalan Kabupaten/Kota antara lain :

1. Dalam perencanaan jalan perkerasan kaku harus diperhatikan berat maksimum kendaraan yang melewati jalan tersebut agar nantinya mendapatkan hasil tebal perkerasan yang cukup dan memadai.
2. Perlu adanya peninjauan untuk mengetahui mungkin saja ada perkerasan yang sudah rusak.
3. Untuk lokasi jalan akses Puri pamulang hendaknya dipasang rambu-rambu lalu lintas karena banyak orang yang menyebrang di sembarang tempat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum, *Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen)*, Badan Penelitian dan Pengembangan Jalan, Jakarta, 2003
2. Departemen Pekerjaan Umum, *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta, 1997
3. Direktorat Jenderal Bina Marga, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Bina Jalan Kota (BINKOT), Jakarta, Februari 1997
4. Suryawan, Ari, *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement) Metode AASHTO 1993*, Seri Buku Teknik Sipil Praktis, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta, 2013
5. <http://civildocument.blogspot.com/2014/11/jenis-jenis-sambungan-pada-perkerasan.html>
6. <https://leosentosa0.files.wordpress.com/2010/03/12-penulangan-rigid-pavement>
7. <https://pu.go.id/uploads/services/infopublik20120703105751.pdf>
8. <https://www.pu.go.id/uploads/services/ervice20130717123103.pdf>
9. http://perkerasanjalan-fidha.blogspot.com/http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_mai n/sni/detail_rekap_sni_ics/1/93/X9/1
10. http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_mai n/sni/detail_rekap_sni_ics/1/93/X9/1
11. http://sudarman28.blogspot.com/2011/02/perancangan-perkerasanalan_23.html
12. <http://taufikmartha.blogspot.com/2011/06/modul-perkerasan-jalan.html>
13. http://www.academia.edu/6718906/0_PERKERASAN_KAKU
14. https://www.google.com/?gws_rd=ssl#q=fungsi+perkerasan+jalan&start=20
15. https://www.google.com/?gws_rd=ssl#q=penentuan+kelas+jalan
16. https://www.google.com/?gws_rd=ssl#q=penggolongan+jalan
17. https://www.google.com/?gws_rd=ssl#q=perencanaan+perkerasan+jalan+baru&start=10
18. https://www.google.com/?gws_rd=ssl#q=sni+jalan+raya
19. <http://zanius.blogspot.com/2012/03/perkerasan-jalan.html>

RIWAYAT PENULIS

1. ***Ir. Arif Mudianto, MT.*** Staf Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pakuan – Bogor
2. ***Heny Purwanti, ST., MT.*** Staf Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan – Bogor.
3. ***Fitri Yunitasari, ST.*** Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan – Bogor.