

**EVALUASI KONDISI PERKERASAN JALAN MENGGUNAKAN
METODE PCI (*PAVEMENT CONDITION INDEX*)
(STUDI KASUS JL. TEMIANG, JL. TANGGUH 5 UTARA, JL. BIRU LAUT, KEC.
KELAPA GADING, JAKARTA-UTARA)**

Tarto^{1*}, Tri Wahyu Kuningsih²

Teknik Sipil, Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, Jl. Sunter Permai, Jakarta
Utara, DKI Jakarta.

Email : Tartomukimin@gmail.com

Abstrak

Perkerasan lentur (flexible pavement) atau perkerasan aspal (asphalt pavement), umumnya terdiri dari lapis permukaan aspal yang berada diatas lapis pondasi dan lapis pondasi bawah granuler yang dihamparkan diatas tanah-dasar. Survei kerusakan perkerasan adalah kompilasi dari berbagai tipe kerusakan, tingkat keparahan kerusakan, lokasi. Dan luas penyebarannya. Metode PCI memberikan informasi kondisi perkerasan hanya pada saat survei dilakukan, tapi tidak memberikan gambaran prediksi dimasa datang. PCI ini merupakan indeks numerik yang nilainya berkisar di antara 0 sampai 100. Analisis nilai PCI dilakukan berdasarkan analisis jenis kerusakan yang terjadi pada setiap segmen ruas jalan. Selanjutnya analisis dilakukan dengan melakukan perhitungan density, deduct value, total deduct value, corrected deduct value, nilai PCI setiap segmen dan nilai rata-rata PCI. Nilai PCI rata-rata semua segmen jalan adalah 29 (poor) artinya jalan harus segera diperbaiki agar tidak mengganggu kenyamanan berkendara. Dari perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB), diperoleh total biaya proyek yang ditetapkan adalah sebesar Rp 1.043.318.900

Kata Kunci : Perkerasan Lentur, Kerusakan Perkerasan, permukaan aspal

1. PENDAHULUAN

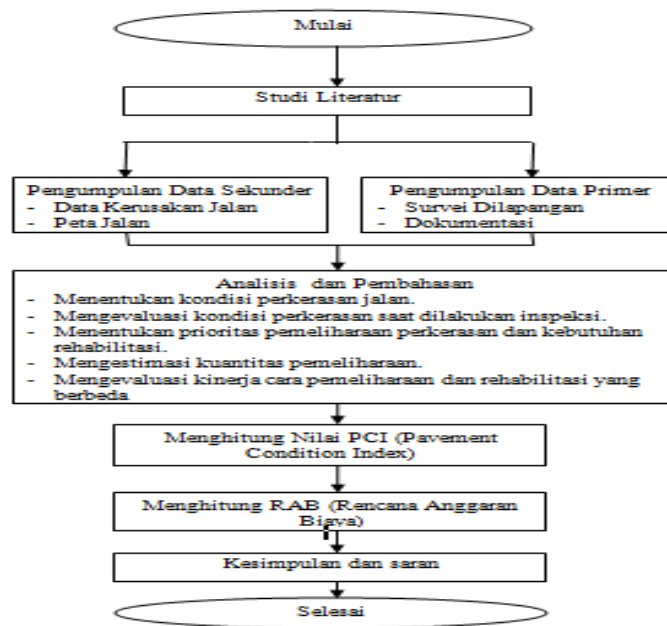
Perkerasan lentur (*flexible pavement*) atau perkerasan aspal (*asphalt pavement*), umumnya terdiri dari lapis permukaan aspal yang berada diatas lapis pondasi dan lapis pondasi bawah granuler yang dihamparkan diatas tanah-dasar. Perkerasan jalan dibangun untuk melayani lalu-lintas dan pelayanan publik, karena itu, jalan sedapat mungkin dibangun dengan standar yang tinggi, permukaan rata, tapi masih dalam batas-batas nilai ekonomis. Penelitian ini meninjau kondisi fungsional Jalan Temiang, Jalan Biru Laut Barat dan Jalan Tangguh 5 Utara, Jakarta-Utara yang dilakukan dengan melakukan penilaian secara visual terhadap kondisi kerusakan permukaan jalan. Penilaian kondisi kerusakan Jalan Temiang dilakukan dengan menggunakan metode PCI (*Pavement Condition Index*). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kerusakan jalan sehingga dapat dilakukan pemeliharaan jalan yang sesuai.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada ruas Jalan Temiang, Jalan Tangguh 5 Utara dan Jalan Biru Laut Utara di Kecamatan Kelapa Gading, Jakarta-Utara.

2.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.3 Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data digunakan untuk mengumpulkan data sesuai tata cara penelitian sehingga diperoleh data yang dibutuhkan. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik dokumentasi, dan pengukuran.

Data pada penelitian ini terdiri dari dua, yaitu data primer dan data sekunder. Data tersebut dikumpulkan dengan cara survey berupa foto dan pengukuran langsung di lapangan. Data yang diperoleh selanjutnya akan diolah sehingga dapat hasil yang diinginkan berupa menghitung nilai PCI (*Pavement Condition Index*).

Tabel 1. Data Sekunder

No.	Segmen	Panjang Jalan (m)	Lebar Jalan (m)	Luas Jalan (m ²)
1	Jalan Tangguh 5 Utara	268	4	1072
2	Jalan Biru Laut Barat	1050	6	6300
3	Jalan Temiang	140	4	560

(Sumber : Hasil Survei Dilapangan)

2.4 PCI (*Pavement Condition Index*)

PCI (*Pavement Condition Index*) adalah tingkatan dari kondisi permukaan perkerasan dan ukurannya yang ditinjau dari fungsi daya guna yang mengacu pada kondisi dan kerusakan di permukaan perkerasan yang terjadi. PCI ini merupakan indeks numerik yang nilainya berkisar di antara 0 sampai 100. Nilai 0 menunjukkan perkerasan dalam kondisi sangat rusak dan nilai 100 menunjukkan perkerasan masih sempurna. PCI ini didasarkan pada hasil survei kondisi visual yang mengidentifikasi tipe kerusakan, tingkat keparahan kerusakan dan kerapatan kerusakan.

Tabel 2. Hubungan antara nilai PCI dan Kondisi Jalan.

Nilai PCI	Kondisi
0 – 10	Gagal (failed)
11 – 25	Sangat buruk (very poor)
26 – 40	Buruk (poor)
41 – 55	Sedang (Fair)
56 – 70	Baik (good)
71 – 85	Sangat Baik (very good)
86 – 100	Sempurna (excellent)

(FAA,1982)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis jenis kerusakan jalan

Analisis nilai PCI dilakukan berdasarkan analisis jenis kerusakan yang terjadi pada setiap segmen ruas jalan. Dalam metoda *PCI* tingkat keparahan kerusakan perkerasan merupakan fungsi dari 3 faktor utama, Yaitu:

1. Tipe Kerusakan
2. Tingkat keparahan kerusakan
3. Jumlah atau kerapatan kerusakan

Selanjutnya analisis dilakukan dengan melakukan perhitungan *density*, *deduct value*, *total deduct value*, *corrected deduct value*, nilai PCI setiap segmen dan nilai rata-rata PCI.

A. Density

Density atau kadar kerusakan merupakan persentase kerusakan terhadap luasan suatu unit segmen yang diukur meter persegi atau meter panjang.

1. Density Pada Jalan Tangguh 5 Utara

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{5}{200} \times 100 = 2,5 \text{ (STA 0+050)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{4}{200} \times 100 = 2 \text{ (STA 0+100)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{1,5}{200} \times 100 = 0,75 \text{ (STA 0+100)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{0,4}{200} \times 100 = 0,2 \text{ (STA 0+150)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{3}{200} \times 100 = 1,5 \text{ (STA 0+200)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{1}{200} \times 100 = 0,5 \text{ (STA 200)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{2}{52} \times 100 = 3,8 \text{ (STA 0+213)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{70}{275} \times 100 = 25,4 \text{ (STA 0+55)}$$

2. Density Pada Jalan Biru Laut Barat

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{6}{300} \times 100 = 2 \text{ (STA 0+050)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{4}{300} \times 100 = 1,33 \text{ (STA 0+050)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{2,1}{300} \times 100 = 0,70 \text{ (STA 0+250)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{2}{300} \times 100 = 0,67 \text{ (STA 0+500)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{5}{300} \times 100 = 1,67 \text{ (STA 0+550)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{4}{300} \times 100 = 1,33 \text{ (STA 0+800)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{2,4}{300} \times 100 = 0,80 \text{ (STA 0+900)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{1,6}{300} \times 100 = 0,53 \text{ (STA 0+900)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{1}{396} \times 100 = 0,25 \text{ (STA 0+966)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{8}{144} \times 100 = 5,50 \text{ (STA 0+024)}$$

3. Density Pada Jalan Temiang

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{40}{200} \times 100 = 20 \text{ (STA 0+050)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{40}{200} \times 100 = 20 \text{ (STA 0+100)}$$

$$\text{Density (\%)} = \frac{A_d}{A_s} \times 100 = \frac{16}{160} \times 100 = 10 \text{ (STA 0+140)}$$

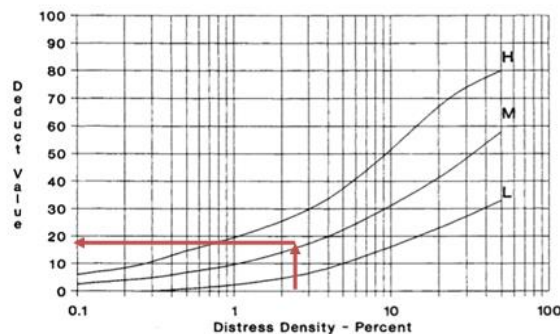
dengan

Ad : luas total dari satu jenis perkerasan untuk setiap tingkat keparahan kerusakan (m²)

As : luas total unit segmen (m²)

B. Deduct Value (DV)

Deduct value atau nilai pengurangan diperoleh dari kurva hubungan antara density dan deduct value. Penjabaran perhitungan dilakukan untuk jenis kerusakan penambalan (patching) di Jalan Tangguh 5 Utara



Gambar 2. Hubungan antara nilai DV dan Density pada jalan Tangguh 5 Utara, Untuk jenis kerusakan penambalan (Patching)

Tabel 3. Nilai DV dan Density pada jalan Tangguh 5 Utara

No	Segmen	Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Density	Deduct Value
1	STA 0+050	Penambalan (Patching)	Sedang (M)	2,5	18
2	STA 0+100	Penambalan (Patching)	Sedang (M)	2	15
		RetakTepi (Edge Cracking)	Rendah (L)	0,75	5
3	STA 0+150	Pelapukan dan pelepasan butir (Weathering and Raveling)	Rendah (L)	0,2	2
4	STA 0+200	Penambalan (Patching)	Sedang (M)	1,5	5
		Retak Tepi (Edge Cracking)	Rendah (L)	0,5	2
5	STA 0+213	Penambalan (Patching)	Sedang (M)	3,8	19
6	STA 0+55	Pelapukan dan pelepasan butir (Weathering and Raveling)	Buruk (H)	25,4	60

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4. Nilai DV dan Density pada jalan Biru Laut Barat

No	Segmen	Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Density	Deduct Value
1	STA 0+050	Alur (<i>Rutting</i>)	Sedang (M)	2	28
		Retak Tepi (<i>Edge Cracking</i>)	Sedang (M)	1,30	10
2	STA 0+250	Retak Tepi (<i>Edge Cracking</i>)	Rendah (L)	0,70	3
3	STA 0+500	Retak Tepi (<i>Edge Cracking</i>)	Rendah (L)	0,67	2
4	STA 0+550	Retak Blok (<i>Block Cracking</i>)	Sedang (M)	1,67	5
5	STA 0+800	Pengelupasan (<i>Delamination</i>)	Sedang (M)	1,33	10
6	STA 0+900	Pengelupasan (<i>Delamination</i>)	Rendah (L)	0,80	5
		Penambalan (<i>Patching</i>)	Rendah (L)	0,53	1
7	STA 0+966	Lubang (<i>Patholes</i>)	Rendah (L)	0,25	33
8	STA 0+24	Penambalan (<i>Patching</i>)	Sedang (M)	5,50	22

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 5. Nilai DV dan Density pada jalan Temiang

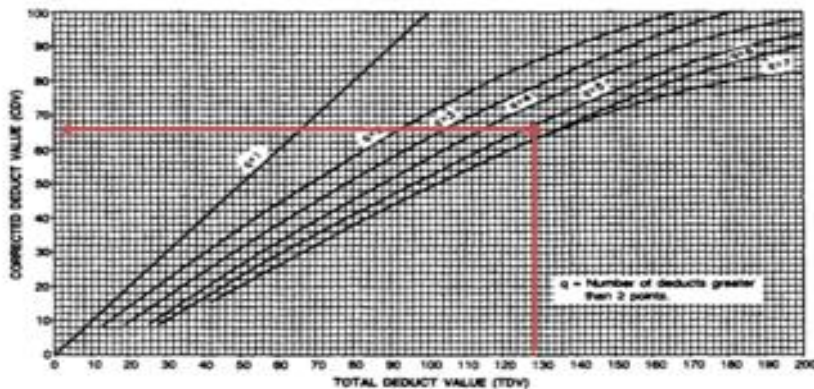
No	Segmen	Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Density	Deduct Value
1	STA 0+050	Aus dan berlubang	Buruk (H)	20	55
2	STA 0+100	Aus dan berlubang	Buruk (H)	20	55
3	STA 0+140	Aus dan berlubang	Buruk (H)	10	43

(Sumber : Hasil Perhitungan)

C. *Corrected Deduct Value (CDV)*

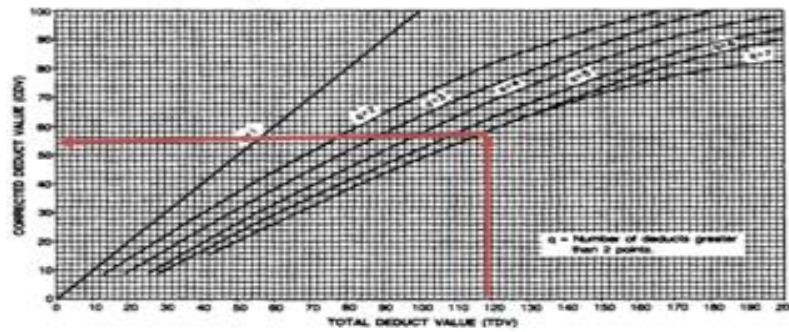
Nilai pengurangan terkoreksi atau CDV diperoleh dari kurva hubungan antara nilai pengurangan total (TDV) dan nilai CDV dengan pemilihan lengkung kurva sesuai dengan jumlah nilai individual deduct value yang mempunyai nilai lebih besar dari 2 (dua).

1. Perhitungan CDV pada jalan Tangguh 5 Utara.



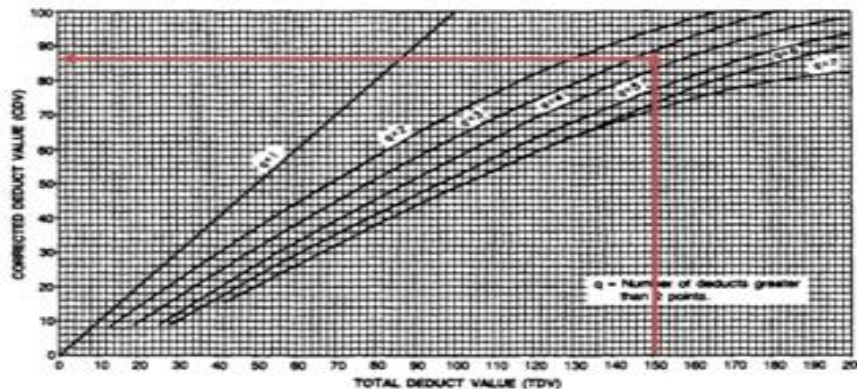
Gambar 3. Hubungan antara nilai *Total Deduct Value (TDV)* dan *Corected Deduct Value (CDV)* Jalan Tangguh 5 Utara

2. Perhitungan CDV pada jalan Biru Laut Barat



Gambar 4. Hubungan antara nilai *Total Deduct Value* (TDV) dan *Corrected Deduct Value* (CDV) Jalan Biru Laut Barat

3. Perhitungan CDV pada jalan Temiang



Gambar 5. Hubungan antara nilai *Total Deduct Value* (TDV) dan *Corrected Deduct Value* (CDV) Jalan Temiang

Tabel 6. Nilai CDV untuk setiap segmen jalan

No.	Segmen	Q	Total Deduct Value	Corrected Deduct Value
1	Jalan Tangguh 5 Utara	5	129	65
2	Jalan Biru Laut Barat	7	119	55
3	Jalan Temiang	3	150	85

(Sumber : Hasil Perhitungan)

D. Analisa Nilai PCI

1. Nilai PCI pada segmen Jalan Tangguh 5 Utara

$$PCI_{(1)} = 100 - CDV = 100 - 65 = 35$$

2. Nilai PCI pada segmen Jalan Biru Laut Barat

$$PCI_{(2)} = 100 - CDV = 100 - 55 = 45$$

3. Nilai PCI pada segmen Jalan Temiang

$$PCI_{(3)} = 100 - CDV = 100 - 85 = 15$$

E. Nilai Rata-rata PCI

No	Segmen	Nilai PCI
1	Jalan Tangguh 5 Utara	35
2	Jalan Biru Laut Barat	45
3	Jalan Temiang	15
Jumlah		95

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$PCI = \frac{\sum PCI_s}{N} = \frac{95}{3} = 31,67$$

dengan $\sum PCI_s$ = jumlah rating PCI seluruh segmen

Diterima 07/04/2020, Direvisi 07/05/2020, Disetujui untuk publikasi 09/05/2020.

Diterbitkan oleh Program Studi Teknik Sipil, UTA'45 Jakarta, ISSN: 2502-8456 (media online)

N = banyaknya segmen.

3.2 RENCANA ANGGARAN BIAYA

Tabel 7. Daftar Harga Satuan Upah, Bahan dan Alat

No.	URAIAN	HARGA PER JAM (Rp.)	HARGA PERHARI (Rp.)
1.	Pekerja	19.789,79	138.077,00
2.	Tukang	19.789,79	138.077,00
3.	Mandor	26.494,36	185.023,00
4.	Operator	26.494,36	185.023,00
5.	Pembantu Operator	22.746,64	158.789,00
6.	Sopir / Driver	26.494,00	110.000,00
7.	Pembantu Sopir / Driver	12.205,36	85.000,00
8.	Mekanik	17.205,36	120.000,00
9.	Pembantu Mekanik	14.348,21	100.000,00
10.	Kepala Tukang	17.919,64	125.000,00

NO	URAIAN	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)
1	Sirtu	M3	125.000,00
2	Aspal	Kg	9.200,00
3	Agregat Pecah Kasar	M3	164.298,00
4	Lolos screen2 ukuran (0 - 5)	M3	203.596,45
5	Lolos screen2 ukuran (9.5 - 19,0)	M3	177.397,64
6	Semen / Pc (Kg)	Kg	1.050,00
7	Solar Industri	Liter	13.400,00
8	Minyak Pelumas	Liter	65.000,00
9	Korosene	Liter	1.650,00

NO	URAIAN	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)
1	Wheel Loader	Jam	495.184,32
2	AMP	Jam	8.414.574,31
3	Genset	Jam	631.181,02
4	Dump Truck	Jam	663.511,02
5	Aspal Finisher	Jam	335.945,03
6	Tandem Roller	Jam	314.347,02
7	P Tyre Roller	Jam	374157,52
8	Alat Bantu	Ls	0,00

Tabel 8. Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Laston Aus (AC-WC)

NO.	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A. TENAGA					
1.	Pekerja	Jam	0,2008	19.787,79	3.973,45
2.	Mandor	Jam	0,0201	26.494,36	532,02
JUMLAH HARGA TENAGA					4.505,47
B. BAHAN					
1.	Lolos screen2 ukuran (9.5 - 19,0)	M3	0,2978	177.397,64	52.837,01
2.	Lolos screen2 ukuran (0 - 5)	M3	0,3523	203.596,45	71.730,79
3.	Semen	Kg	9,8700	1.050,93	10.372,63
4.	Aspal	Kg	62,8300	9.200,00	578.036,00
JUMLAH HARGA BAHAN					712.976,43
C. PERALATAN					
1.	Wheel Loader	Jam	0,0096	495.184,32	4.739,60
2.	AMP	Jam	0,0201	8.414.574,31	168.967,36
3.	Genset	Jam	0,0201	631.181,02	12.674,32
4.	Dump Truck	Jam	0,3698	663.511,02	245.360,85
5.	Asp. Finisher	Jam	0,0137	335.945,03	4.615,41
6.	Tandem Roller	Jam	0,0135	314.347,02	4.251,21
7.	P Tyre Roller	Jam	0,0058	374.157,52	2.171,03
8.	Alat Bantu	Ls	1,0000	0,00	0,00
JUMLAH HARGA PERALATAN					442.779,76
D. JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					1.160.261,66
E. OVERHEAD & PROFIT 15,0 % x D					174.039,25
F. HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					1.334.300,91

Tabel 9. Rencana Anggaran Biaya

NAMA PEKERJAAN		PEMBANGUNAN PENINGKATAN JALAN			
BAHAN		ASPAL (AC-WC)			
LOKASI		KECAMATAN KELAPA GADING, JAKARTA-UTARA			
NO	NAMA JALAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
I JALAN TEMIANG					
	DESKRIPSI JALAN				
	Panjang (m) : 140,00	Ton	50,40	1.334.300,91	67.248.765,77
	Lebar (m) : 4,00				
	Tebal (m) : 0,04				
	Total (m3) : 22,40				
	Berat Jenis (Ton/m3) : 2,25				
II JALAN BIRU LAUT BARAT					
	DESKRIPSI JALAN				
	Panjang (m) : 1.050,00	Ton	567,00	1.334.300,91	756.548.614,88
	Lebar (m) : 4,00				
	Tebal (m) : 0,04				
	Total (m3) : 168,00				
	Berat Jenis (Ton/m3) : 2,25				
III JALAN TANGGUH 5 UTARA					
	DESKRIPSI JALAN				
	Panjang (m) : 268,00	Ton	96,48	1.334.300,91	128.733.351,61
	Lebar (m) : 4,00				
	Tebal (m) : 0,04				
	Total (m3) : 42,88				
	Berat Jenis (Ton/m3) : 2,25				
TOTAL					962.530.732
PPN 10%					96.253.073
GRAND TOTAL					1.047.783.805
DIBULATKAN					1.047.783.800

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil dari Evaluasi kondisi perkerasan di Jl. Tangguh 5 Utara, Kecamatan Kelapa Gading dengan Luas jalan sebesar 1072 m² diperoleh nilai *Pacemnt Condition Index* (PCI) sebesar 35 (*Poor*) artinya jalan tersebut dengan kerusakan Buruk.
2. Hasil dari Evaluasi kondisi perkerasan di Jl. Biru Laut Barat, Kecamatan Kelapa Gading dengan Luas jalan sebesar 6300 m² diperoleh nilai *Pacemnt Condition Index* (PCI) sebesar 45 (*Poor*). Artinya jalan tersebut masih dalam kerusakan Buruk.
3. Hasil dari Evaluasi kondisi perkerasan di Jl. Temiang, Kecamatan Kelapa Gading dengan Luas jalan sebesar 560 m² diperoleh nilai *Pacemnt Condition Index* (PCI) sebesar 15 (*Failed*) artinya jalan tersebut dengan kerusakan Gagal.
4. Nilai PCI rata-rata semua segmen jalan adalah 31,67 (*poor*) artinya jalan harus segera diperbaiki agar tidak mengganggu kenyamanan berkendara.
5. Dari perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB), diperoleh total biaya proyek yang ditetapkan adalah sebesar Rp 1.047.783.800

a. Saran

Saran dari kesimpulan skripsi ini diantaranya sebagai berikut :

1. Kerusakan yang terjadi di ruas jalan tersebut harus segera dilakukan penanganan segera mungkin, agar kerusakan tidak bertambah parah.

2. Survei kerusakan jalan harus dilakukan secara berkala untuk mengetahui tingkat kelayakan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asphalt Institute, MS-17, *Asphalt Overlay For Highway and Street Rehabilitation*, Asphalt Institute (Manual Series no.17), Second Edition, Kentucky, USA.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2005, *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan – Perkerasan Berbutir dan Beron Semen – Divisi V*, Puslitbang Prasarana Transportasi, Badan Penelitian dan pengembangan, Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Maraga, 1995, *Manual Pemeliharaan Rutin Untuk Jalan Nasional dan Jalan provinsi*, No. 001/T/BT/1995, *Metode Survei*, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bima Marga
- Direktorat Jenderal Bina Maraga, 1995, *Manual Pemeliharaan Rutin Untuk Jalan Nasional dan Jalan provinsi*, No. 002/T/BT/1995, *Metode Perbaikan Standar*, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bima Marga
- Direktorat Jenderal Bina Maraga, 1995, *Petunjuk Pelaksanaan Pemeliharaan Jalan Kabupaten*, Petunjuk Teknis No. 024/BT/1995, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bima Marga
- FHWA (Federal Highway Administration), 2006, *Geotechnical Aspects Of Pavements, Reference Manual/Participant Workbook, Publication No.FHWA NHI_05-037*, U.S. Depart. Of Transportation Federal Highway Administration.
- Hardiyatmo, H.C., 2003, *Pemeliharaan Jalan Raya*, Edisi Pertama, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2015, *Pemeliharaan Jalan Raya*, Edisi Kedua, GadjahMada University Press, Yogyakarta.
- Suryawan, A., 2005, *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement) – Perencanaan Metode AASHTO 1993*, Spesifikasi, Parameter Desain, Contoh Perhitungan, Beta Offset, Yogyakarta.
- Yoder, E.J. and Witczack, M.W., 1975, *Principles of Design*, 2-Edition, John Willey & Son, inc. New York.