



PENGARUH TANAMAN PURING TERHADAP POLUTAN NO_x, CO DAN SO₂ PADA LOKASI JALAN LURUS, TIKUNGAN DAN SIMPANG EMPAT

Nanny Kusminingrum

RINGKASAN

Penelitian ini dilaksanakan di lapangan, yaitu pada lokasi : padat lalu lintas, daerahnya tertutup (kiri-kanan jalan ada bangunan) serta di uji pada 3 type geometrik jalan (yaitu : jalan lurus, tikungan dan simpang empat).

Pelaksanaan di lapangan, dengan menempatkan pot-pot yang ditanami tanaman puring pada lokasi jalan lurus, tikungan dan simpang empat. Kemudian diuji pengaruhnya terhadap pengurangan polutan yang ada (dalam kesempatan ini terhadap polutan : NO_x, CO dan SO₂).

Hasil penelitian di lapangan (lokasi : Bandung, Bogor dan Jakarta), menunjukkan bahwa :

1. Rata - rata pengurangan polutan NO_x oleh tanaman puring, untuk geometrik jalan :
 - a. Lurus, berkisar antara : (36.48 - 55.96) %.
 - b. Tikungan, berkisar antara : (30.51 - 49.70) %.
 - c. Simpang empat, berkisar antara : (38.42 - 48.98) %.
2. Adanya tanaman puring, tidak mempengaruhi konsentrasi CO dan juga konsentrasi SO₂ pada lokasi penelitian tersebut, baik untuk jalan lurus, tikungan maupun simpang empat.

SUMMARY

This research was implemented in field area, with characteristic location as follow : high traffic, close space (have building in the left and right side) and it was tested at 3 (three) type of road geometric (namely : straight part of road, curve and four way intersection).

Pot of Puring trees put in three type of road geometric above. There are tested how to reduce NO_x, CO and SO₂.

The result of this research, are :

1. Reduction average of NO_x polutan by Puring trees :
 - a. At straight part of the road : (36.48 - 55.96) %
 - b. At curve : (30.51 - 49.70) %
 - c. At four way intersaction : (38.42 - 48.98) %
2. Puring trees, no significant different to reduce CO and SO₂ in these research location for all type of road geometric which are tested.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin meningkatnya kegiatan ekonomi sebagai hasil nyata pembangunan, maka akan diikuti oleh meningkatnya arus barang, jasa dan manusia ke seluruh penjuru Nusantara.

Transportasi darat, merupakan salah satu sub sektor dari sektor perhubungan dapat dijadikan faktor pendukung khususnya di dalam memperlancar, baik kegiatan-kegiatan ekonomi yang telah ada maupun mendorong pelaksanaan pendahuluan dari kegiatan-kegiatan yang akan tumbuh.

Menurut Budirahardjo (1992), untuk memenuhi kebutuhan sistem transportasi darat yang makin lama

dituntut dalam kapasitas dan kualitasnya untuk mengimbangi kapasitas perkembangan di bidang ekonomi, maka sistem transportasi perlu memanfaatkan perkembangan teknologi sehingga dapat memenuhi tuntutan yang dihadapi. Namun upaya-upaya dalam pemanfaatan teknologi ini, disamping dapat memenuhi sasaran yang dikehendaki, yaitu makin tercapainya pemenuhan kebutuhan transportasi darat; pada saat yang bersamaan akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan, yaitu antara lain :

- a. Dampak negatif yang timbul pada saat kegiatan konstruksi pembangunan prasarana jaringan transportasi darat, antara lain : berkurangnya lahan untuk penghijauan, yang akan mempengaruhi tata air dalam tanah.

- b. Adanya kecenderungan penurunan kualitas ambient udara sebagai akibat dari peningkatan frekuensi angkutan pada sistem transportasi darat yang dapat menimbulkan gas emisi.

Rafidjon Rax (1993) menyatakan bahwa pada umumnya sumber pencemar dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan, yaitu :

- a. Sumber titik : Zat pencemar yang berasal dari cerobong industri.
- b. Sumber kawasan : Zat pencemar yang berasal dari kawasan industri, kelompok perumahan, dsb.
- c. Sumber garis : Pencemaran yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor sepanjang garis jalan raya.

Bertambahnya sumber pencemar udara terutama disebabkan oleh pertambahan penduduk dengan segala peningkatan aktifitas sosial ekonominya yang meliputi pula perkembangan permukiman, industri dan transportasi.

Dari kendaraan bermotor yang digunakan sebagai sarana transportasi pada umumnya mengemisikan gas Nitrogen Oksida (NO), Karbon Monoksida (CO), Hidro Karbon (HC) untuk kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin dan untuk bahan bakar yang menggunakan bahan bakar solar, zat pencemar yang dominan adalah partikel/asap/jelaga, di samping Nitrogen Oksida dan Hidro Karbon (HC).

Gangguan kesehatan yang disebabkan oleh pencemaran udara dengan sendirinya mempengaruhi daya kerja seseorang. Pada gilirannya jam atau waktu kerjanya berkurang, yang mengakibatkan turunnya produksi sehingga menimbulkan kerugian ekonomi. Selanjutnya, berkurangnya waktu kerja seseorang dapat berarti pula berkurangnya penghasilan yang dapat menimbulkan masalah sosial dan ekonomi keluarga.

Menurut Asif Faiz es (1990), bahwa di negara-negara berkembang di mana dengan makin banyaknya kendaraan bermotor khususnya di kota - kota besar, maka pencemaran udara oleh Nitrogen Oksida (NOx), Hidro Karbon (HC) dan Karbon Monoksida (CO) meningkat pula. Selanjutnya menyatakan bahwa di Eropa, lalu lintas jalan raya menimbulkan 50 - 60 % emisi NOx.

Berdasarkan gambaran dampak yang ditimbulkan, maka perlu adanya suatu upaya sehingga transportasi darat dapat dikembangkan, tetapi kelestarian daya dukung lingkungan juga dapat dicapai.

Unus Suriawiria (1991) menyatakan, bahwa pohon pelindung mempunyai banyak fungsi, antara lain sebagai penyaring alami untuk bermacam jenis pencemar udara, pencemar suara dan cahaya/warna.

Sehubungan dengan hal tersebut, perlu diteliti dan dikaji jenis tumbuhan yang dapat mereduksi jenis polutan tertentu, serta sejauhmana sumbangannya tersebut untuk keselamatan, kenyamanan pemakai jalan dan

lingkungannya. Tentu saja selain pemilihan jenis tanaman yang berpotensi baik dalam mereduksi polusi udara, juga perlu adanya penentuan tata letak/pola pertanaman yang disesuaikan dengan geometrik jalan dan lingkungannya. Sehingga akan terwujud lingkungan yang nyaman (dimana tanaman sebagai paru-paru kota), indah, teratur dan aman bagi pemakai jalan (pola pertanaman ditinjau dari geografisnya).

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tanaman Puring pada geometrik jalan lurus, tikungan dan simpang empat terhadap perilaku NOx, SO2 dan CO. Sehingga dapat terwujud lingkungan jalan yang nyaman, indah, teratur dan aman bagi pemakai jalan.

II. LINGKUP KEGIATAN

2.1. Lokasi Penelitian

- Bandung.
- Bogor.
- Jakarta.

2.2. Hipotesa

Konsentrasi polutan (NOx, CO, SO2) pada lokasi tanpa tanaman Puring lebih besar daripada lokasi ada tanaman.

2.3. Metodologi

a. Metoda.

Metoda yang digunakan adalah metoda experimental melalui teknik observasi.

b. Operasionalisasi variabel.

Variabel - variabel yang dioperasionalkan dan diukur sebagai berikut :

- tinggi tanaman.
- diameter vertikal dan horizontal daun (cm).
- persen kerimbunan daun (%).
- kadar polutan NOx, CO, SOx di udara.
- temperatur (°C) dan kelembaban udara (%).
- jarak antar tanaman.

c. Teknik pemilihan lokasi, pengambilan contoh dan pengumpulan data.

1. Teknik pemilihan lokasi (penelitian lapangan).

Lokasi penelitian yang dipilih, meliputi :

- jalan yang lurus (tanpa simpangan jalan).
- jalan tikungan.
- simpang empat.

2. Teknik pengambilan contoh (penelitian lapangan).

Dengan menggunakan stratifikasi random sampling, kemudian :

Untuk pemeriksaan konsentrasi polutan :

- Pada daerah dengan tanaman dan tanpa tanaman jalan, masing-masing dilakukan penentuan titik - titik pengamatan dengan teknik random sampling.
- Bersamaan dengan pemeriksaan konsentrasi polutan, dilakukan pula pengamatan : temperatur, kelembaban, kecepatan angin.

3. Teknik pengumpulan data :

Dilakukan melalui pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengamatan dan pencatatan dengan menggunakan formulir isian yang telah dipersiapkan. Data sekunder diperoleh melalui studi literatur atau melalui informasi-informasi lain yang berkaitan dengan penelitian ini.

d. Rancangan analisis.

Untuk menjawab hipotesis, dalam penelitian ini digunakan rancangan dasar : Rancangan Acak Kelompok (RAK) atau disebut juga Randomized Block Design (RBD).

Replikasi dilakukan : 2 ulangan.

III. HASIL PENGAMATAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium (penelitian pendahuluan), menunjukkan bahwa dari jenis tanaman perlu yang diuji, tanaman Puring mempunyai kemampuan lebih tinggi dalam pengurangan NOx dibandingkan dengan jenis perdu lainnya yang diuji, yaitu rata - rata sebesar : 62 . 59 %.

Sehubungan dengan hasil penelitian pendahuluan tersebut di atas, dalam kesempatan ini tanaman puring tersebut akan diuji kemampuannya untuk lokasi jalan lurus, tikungan dan simpang empat.

3.1. Pengamatan NOx

a. Pada jalan lurus.

Lokasi untuk kota Bandung adalah jalan Jendral Sudirman, untuk kota Bogor adalah jalan Suryakencana dan lokasi di Jakarta adalah Jalan Panglima Polim.

Hasil analisa statistika (F-test), dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1.
TABEL SIDIK RAGAM KANDUNGAN POLUTAN NOx PADA JALAN LURUS

SIDIK RAGAM	DB	JK	KT	Fh	F05
Ulangan	23	0.006914	0.000301	1.66*	1.60
Perilaku	5	0.005800	0.001160	6.41*	2.29
Galat	115	0.020847	0.000181		
TOTAL	143	0.033561			

Keterangan :

DB = Derajat bebas.

JK = Jumlah Kuadrat.

KT = Kuadrat Tengah.

Fh = Nilai F dari hasil perhitungan.

F05 = Nilai F dari Tabel-F, dengan $\alpha = 95 \%$.

Dari data di atas, menunjukkan bahwa perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata ($F_h > F_{05}$) (lokasi Bandung, Bogor dan Jakarta)

Untuk mengetahui perbedaan tersebut, di bawah ini disajikan rata-rata tiap perlakuan tersebut.

Tabel 2.

RATA-RATA KANDUNGAN NOx PADA JALAN LURUS UNTUK TIAP PERLAKUAN UNTUK LOKASI BANDUNG, BOGOR, DAN JAKARTA

PERLAKUAN	RATA-RATA KANDUNGAN NOx (ppm)
a. Bandung :	
- Tanpa Tanaman	0.052 b
- Dengan Tanaman Puring	0.016 a
b. Bogor :	
- Tanpa Tanaman	0.063 bc
- Dengan Tanaman Puring	0.039 b
c. Jakarta :	
- Tanpa Tanaman	0.051 b
- Dengan Taman Puring	0.027 a

Keterangan :

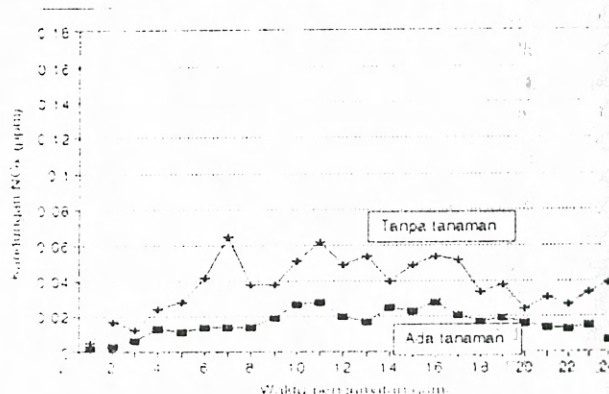
Rata-rata perlakuan yang ditandai huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Duncan 0.05.

Dari Tabel 2 di atas, menunjukkan bahwa baik di Bandung, Bogor, maupun di Jakarta ternyata pada lokasi tanpa tanaman selalu menunjukkan kandungan NOx yang lebih besar (berbeda nyata/significant).

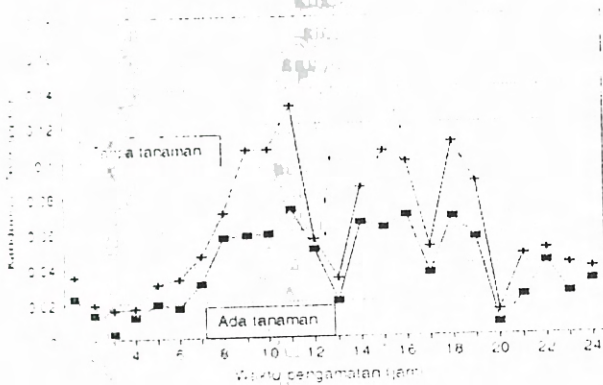
Sehingga terbukti bahwa dengan adanya tanaman puring, ternyata dapat mengurangi kandungan NOx di udara.

Perilaku NOx selama pengamatan untuk lokasi jalan lurus, dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.

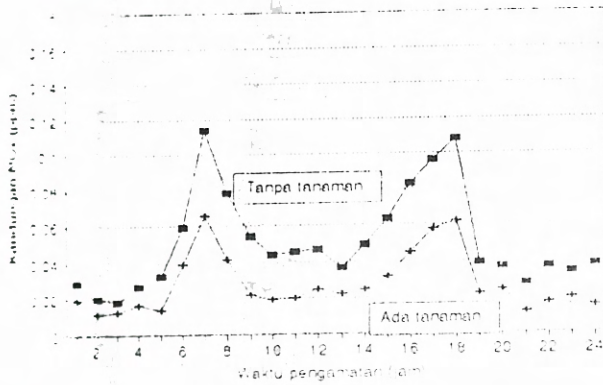
Gambar 1.
PERILAKU NOx PADA LOKASI JALAN LURUS DI JALAN JEND. SUDIRMAN - BANDUNG.



Gambar 2.
PERILAKU NO_x PADA LOKASI JALAN LURUS
DI JALAN SURYAKENCANA- BOGOR.

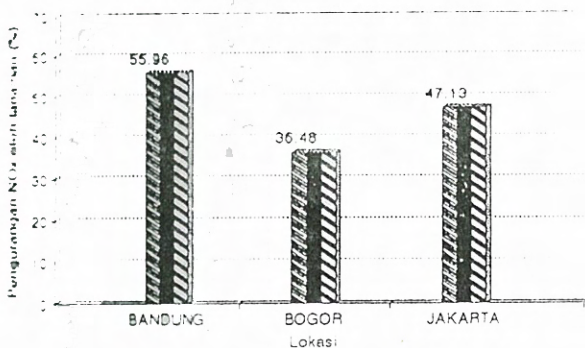


Gambar 3.
PERILAKU NO_x PADA LOKASI JALAN LURUS
DI JALAN PANGLIMA POLIM - JAKARTA.



Persen pengurangan kandungan NO_x oleh tanaman pada jalan lurus, disajikan pada Gambar 4 di bawah ini.

Gambar 4.
PERSEN PENGURANGAN NO_x OLEH
TANAMAN PURING PADA JALAN LURUS.



b. Pada tikungan.

Lokasi tikungan di kota Bandung yaitu jalan Banceuy, sedangkan di kota Bogor yaitu jalan Suryakencana. Di Jakarta sampai dengan penelitian ini dilaksanakan, belum mendapatkan lokasi yang representatif untuk lokasi tikungan, dimana selain lalu lintasnya padat, kiri-kanan

jalan terlindung bangunan bertingkat (lokasinya tertutup), juga tanpa tanaman jalan. Karena itu pada penelitian ini untuk kota Jakarta tidak dilakukan pengumpulan data pada tikungan.

Hasil analisa statistik mengenai kandungan NO_x pada lokasi tikungan, disajikan pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3.
TABEL SIDIK RAGAM KANDUNGAN NO_x
PADA TIKUNGAN

SIDIK RAGAM	DB	JK	KT	Fh	F05
Ulangan	23	0.00472	0.000205	2.23*	1.68
Perilaku	3	0.00367	0.001223	13.29*	2.75
Galat	69	0.00635	0.000092		
TOTAL	95	0.01474			

Keterangan :

DB = Derajat bebas.

JK = Jumlah Kuadrat.

KT = Kuadrat Tengah.

Fh = Nilai F dari hasil perhitungan.

F05 = Nilai F dari Tabel-F, dengan $\alpha = 95\%$.

Dari Tabel 3 yang disajikan di atas, menunjukkan bahwa perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata ($F_h > F_{05}$). Untuk mengetahui antar perlakuan tersebut, dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4.
RATA-RATA KANDUNGAN NO_x PADA
TIKUNGAN UNTUK TIAP PERLAKUAN

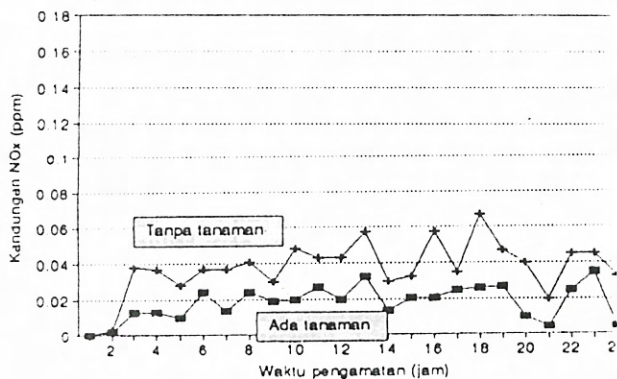
PERLAKUAN	RATA-RATA KANDUNGAN NO _x (ppm)
a. Bandung :	
- Tanpa Tanaman	0.058 a
- Dengan Tanaman Puring	0.018 c
b. Bogor :	
- Tanpa Tanaman	0.044 ab
- Dengan Tanaman Puring	0.033 b

Keterangan :

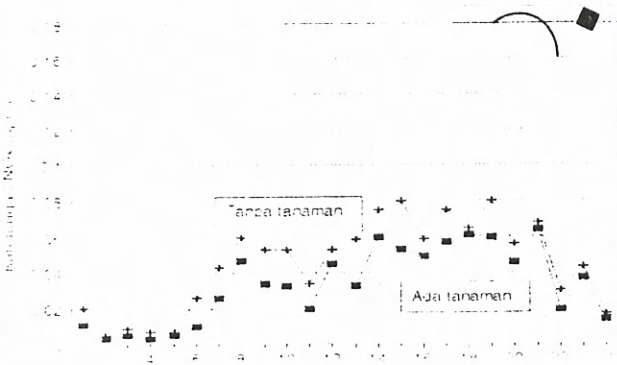
Rata-rata perlakuan yang ditandai huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Duncan 0.05.

Dari Tabel 4 di atas, menunjukkan bahwa lokasi tanpa tanaman di kota Bandung menunjukkan kandungan NO_x lebih besar (significant) dibandingkan dengan lokasi ada tanaman puring. Sedangkan di kota Bogor, ternyata pada lokasi tanpa tanaman tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (non significant) dengan lokasi ada tanaman puring dalam hal kandungan NO_x. Perilaku NO_x selama pengamatan untuk lokasi tikungan, dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.

Gambar 5.
PERILAKU NO_x PADA LOKASI JALAN TIKUNGAN
DI JALAN BANCEUY - BANDUNG

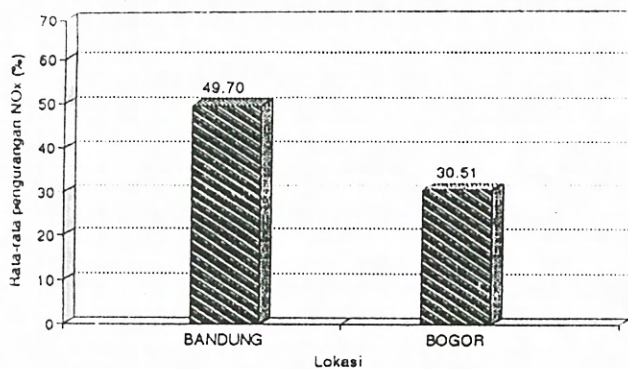


Gambar 6.
PERILAKU NO_x PADA LOKASI JALAN TIKUNGAN
DI JALAN SURYAKENCANA - BOGOR.



Persen pengurangan kandungan NO_x oleh tanaman pada tikungan disajikan pada Gambar 7 di bawah ini.

Gambar 7.
PERSEN PENGURANGAN NO_x OLEH
TANAMAN PURING PADA TIKUNGAN



c. Pada simpang empat.

Lokasi simpang empat di kota Bandung yaitu simpang empat antara jalan Sudirman - Gardujati dengan jalan Sudirman - Astana Anyar.

Lokasi simpang empat di kota Bogor, yaitu simpang empat antara jalan Suryakencana - Roda dengan jalan Suryakencana - Aut. Lokasi simpang empat di kota Jakarta yaitu simpang empat antara jalan Panglima Polim dengan Kramat Pela.

Hasil analisa statistik mengenai kandungan NO_x pada lokasi simpang empat, disajikan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5.
TABEL SIDIK RAGAM KANDUNGAN NO_x
PADA SIMPANG EMPAT

SIDIK RAGAM	DB	JK	KT	Fh	F05
Ulangan	23	0.011699	0.000509	1.33	1.60
Perilaku	5	0.006079	0.001216	3.18*	2.29
Galat	115	0.044078	0.000383		
TOTAL	143	0.061856			

Keterangan :

DB = Derajat bebas.

JK = Jumlah Kuadrat.

KT = Kuadrat Tengah.

Fh = Nilai F dari hasil perhitungan.

F05 = Nilai F dari Tabel-F, dengan $\alpha = 95\%$

Dari Tabel 5 yang disajikan di atas, untuk lokasi Bandung, Bogor dan Jakarta menunjukkan bahwa perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata ($F_h > F_{05}$).

Perbedaan dari tiap perlakuan tersebut, disajikan pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6.
RATA-RATA KANDUNGAN NO_x PADA SIMPANG
EMPAT UNTUK TIAP PERLAKUAN

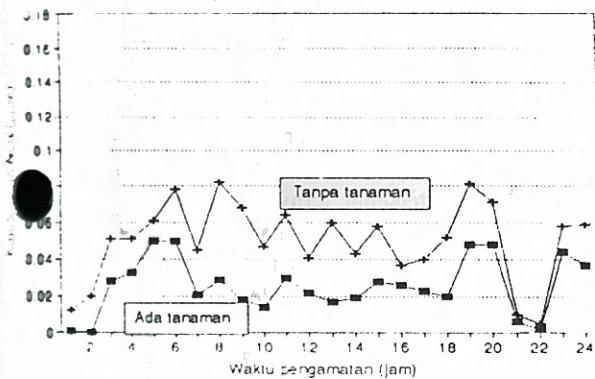
PERLAKUAN	RATA-RATA KANDUNGAN NO _x (ppm)
a. Bandung :	
- Tanpa Tanaman	0.0498 a
- Dengan Tanaman Puring	0.0256 a
b. Bogor :	
- Tanpa Tanaman	0.0519 a
- Dengan Tanaman Puring	0.0278 b
c. Jakarta :	
- Tanpa Tanaman	0.0411 b
- Dengan Tanaman Puring	0.0258 b

Keterangan :

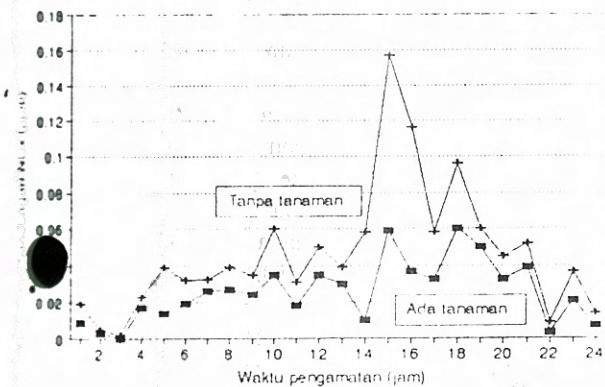
Rata-rata perlakuan yang ditandai huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Duncan 0.05.

Untuk lokasi Bogor pada simpang empat, ternyata tanaman puring mampu mengurangi konsentrasi NOx dibandingkan dengan lokasi tanpa tanaman puring. Sedangkan pada lokasi Bandung dan Jakarta, ternyata dengan adanya tanaman puring tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan lokasi tanpa tanaman. Perilaku NOx selama pengamatan untuk lokasi simpang empat, dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

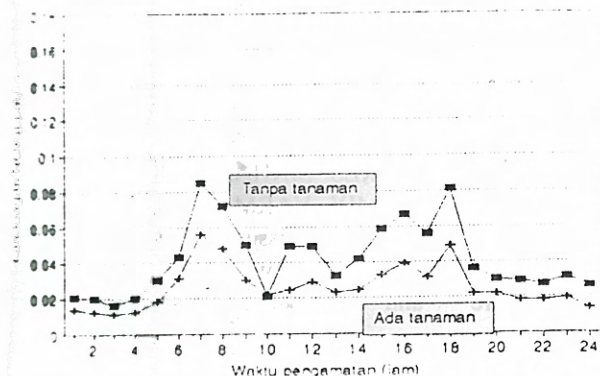
Gambar 8.
PERILAKU NOx PADA LOKASI SIMPANG EMPAT DI BANDUNG



Gambar 9.
PERILAKU NOx PADA LOKASI SIMPANG EMPAT DI BOGOR

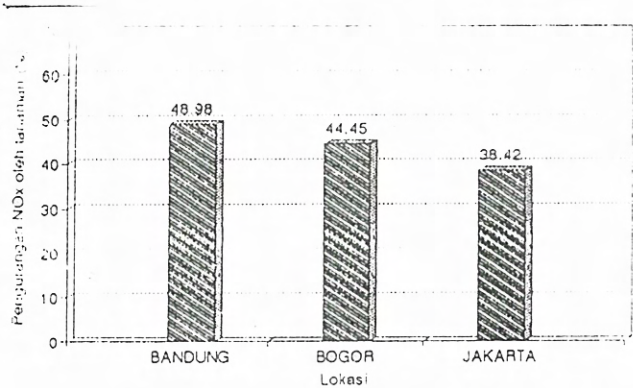


Gambar 10.
PERILAKU NOx PADA LOKASI SIMPANG EMPAT DI JAKARTA



Persen pengurangan kandungan NOx oleh tanaman pada simpang empat disajikan pada Gambar 11 di bawah ini.

Gambar 11.
PERSEN PENGURANGAN NOx OLEH TANAMAN PURING PADA SIMPANG EMPAT



3.2. Pengamatan CO.

Analisa statistik mengenai kandungan CO (Karbon Monoksida) pada jalan lurus, tikungan dan simpang empat dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7.
HASIL ANALISA F (F-test) KANDUNGAN CO PADA JALAN LURUS, TIKUNGAN DAN SIMPANG EMPAT

SUMBER RAGAM	Fh Lurus	Fh Simpang Empat	F05
a. Bandung			
Bogor			
Jakarta			
Ulangan	0.87	0.16	1.97
Perlakuan	0.35	0.25	2.58
b. Bandung		Fh Tikungan	
Bogor			
Ulangan		0.43	2.09
Perlakuan		0.36	2.89

Dari Tabel 7 di atas, menunjukkan bahwa pada jalan lurus, tikungan maupun simpang empat, perlakuan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dalam kandungan CO ($F_h < F_{05}$).

Hal ini antara lain disebabkan, karena reaksi oksidasi CO oleh O₂ udara berlangsung sangat lambat, dimana hanya sekitar 0,1 % gas CO lenyap karena peristiwa ini (Suhardjana, 1990).

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8.
RATA-RATA KANDUNGAN CO PADA LOKASI
JALAN LURUS, TIKUNGAN DAN SIMPANG
EMPAT UNTUK TIAP PERLAKUAN

a. Untuk Lokasi Jalan Lurus

PERLAKUAN	RATA-RATA KANDUNGAN NOx (ppm)
a. Bandung :	
- Tanpa Tanaman	0.8394 a
- Dengan Tanaman Puring	0.7926 a
b. Bogor :	
- Tanpa Tanaman	1.4731 b
- Dengan Tanaman Puring	1.4729 b
c. Jakarta :	
- Tanpa Tanaman	0.8418 a
- Dengan Tanaman Puring	0.8368 a

b. Untuk Lokasi Jalan Tikungan

PERLAKUAN	RATA-RATA KANDUNGAN NOx (ppm)
a. Bandung :	
- Tanpa Tanaman	0.8611 a
- Dengan Tanaman Puring	0.8672 a
b. Bogor :	
- Tanpa Tanaman	1.5337 a
- Dengan Tanaman Puring	1.5033 a
c. Jakarta :	
- Tanpa Tanaman	-
- Dengan Tanaman Puring	-

c. Untuk Lokasi Jalan Simpang Empat

PERLAKUAN	RATA-RATA KANDUNGAN NOx (ppm)
a. Bandung :	
- Tanpa Tanaman	1.5339 a
- Dengan Tanaman Puring	1.4795 a
b. Bogor :	
- Tanpa Tanaman	1.7867 a
- Dengan Tanaman Puring	1.7747 a
c. Jakarta :	
- Tanpa Tanaman	0.9044 a
- Dengan Tanaman Puring	0.8821 a

Keterangan :

Rata-rata perlakuan yang ditandai huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji Duncan 0.05.

3.3. Pengamatan SO₂.

Analisa statistik mengenai kandungan SO₂ pada jalan lurus, tikungan dan simpang empat, disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9.
HASIL ANALISA STATISTIK (t-test) KANDUNGAN
SO₂ PADA JALAN LURUS, TIKUNGAN DAN
SIMPANG EMPAT

LOKASI	GEOMETRIK	TH	T.05
Bandung	Lurus	1.19	2.20
	Tikungan	0.62	
	Simpang 4	0.42	
Bogor	Lurus	0.24	
	Tikungan	1.63	
	Simpang 4	1.24	
Jakarta	Lurus	0.05	
	Simpang 4	1.00	

Keterangan :

th = Nilai t hasil perhitungan.

t.05 = Nilai t dari tabel dengan taraf nyata 95 %.

Dari Tabel 9 di atas tersebut, ternyata bahwa :

Pada lokasi jalan lurus, tikungan maupun simpang empat, antara lokasi tanpa tanaman dan ada tanaman Puring tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (non significant).

Dengan lain perkataan :

Adanya tanaman Puring, tidak mempengaruhi kandungan SO₂ pada lokasi penelitian tersebut.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat dirangkum dari penelitian ini, adalah :

- Untuk lokasi penelitian di Bandung, Bogor dan Jakarta, baik untuk type geometrik : jalan lurus, tikungan maupun simpang 4, ternyata dengan adanya tanaman Puring maka konsentrasi NO_x lebih kecil dibandingkan dengan lokasi tanpa tanaman.
- Pengurangan polutan NO_x oleh tanaman puring pada geometrik jalan :
 - lurus, berkisar antara : (36.48 - 55.96) %
 - tikungan, berkisar antara : (30.51 - 49.70) %
 - simpang empat, berkisar antara : (38.42 - 48.98) %
- Adanya tanaman puring, tidak mempengaruhi konsentrasi CO dan juga konsentrasi SO₂ pada lokasi penelitian tersebut, baik untuk jalan lurus, tikungan maupun simpang empat.

DAFTAR PUSTAKA

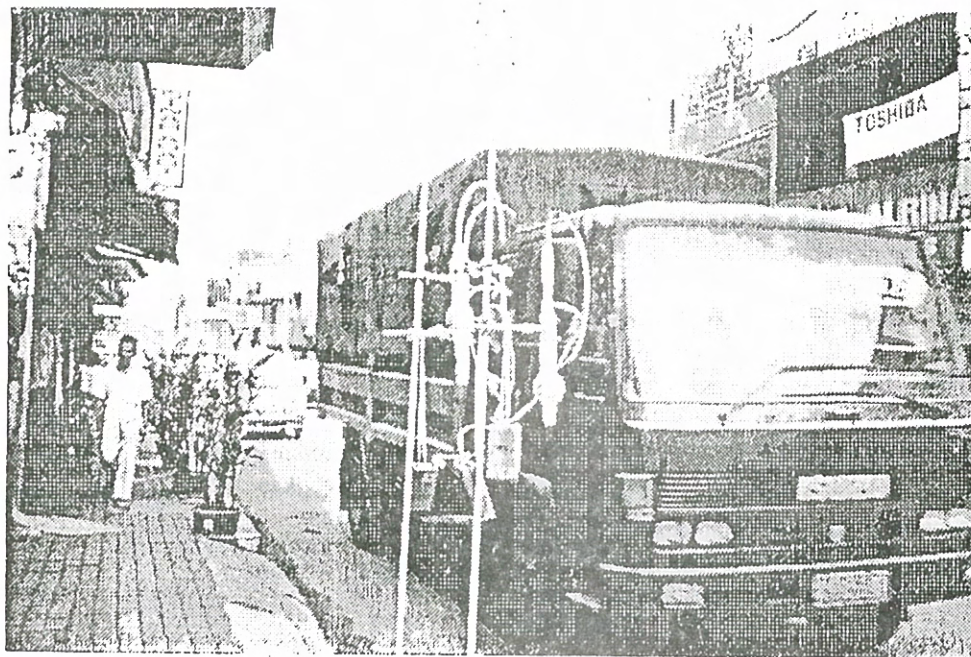
- ASIF FAIZ, KUMARES SINHA, MICHAEL WALSH and AMIY VARMA, 1990. Automotive Air Pollution. Issues and Options for Developing Countries, Working Papers. Infrastructure and Urban Development Department.

2. E. BUDIRAHARDJO, Ir. 1992. Aspek Lingkungan dari sistem Transportasi. Himpunan Ilmiah di Bidang Perkotaan dan Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkotaan dan Lingkungan-Jakarta.
3. H. RUSTAMADJI, Dampak Pencemaran Udara pada Kesehatan Masyarakat. Himpunan Karangan Ilmiah di Bidang Perkotaan dan Lingkungan. Vol. 2 Pencemaran Udara. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkotaan dan Lingkungan Jakarta.
4. MOH. SUHARDJANA, 1990. Kimia Lingkungan. Pencemaran Udara dan Air. Program Studi Analisis Kimia. Sekolah Menengah Teknologi Kimia. Depdikbud RI.
5. RAFDJON RAX, Drs. 1993. Pencemaran Kualitas Udara oleh Kegiatan Transportasi. Himpunan Karangan Ilmiah di Bidang Perkotaan dan Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkotaan dan Lingkungan- Jakarta.
6. ROBERT G.D. STEEL dan JAMES H. TORRIE, 1993. Prinsip dan Prosedur Statistika (Suatu pendekatan Biometrik). Penerbit P.T. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
7. R. SUNARYA MASRUN, 1986. Kimia Lingkungan (Atmosfir). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UNPAD. Dep. Pendidikan dan Kebudayaan
8. TOTOWARSA DAN CUCU, S.A., 1982. Teknik Perancangan Percobaan (Rancangan dan Analisis). Serial Pengenalan Dasar - dasar Statistika Terapan. No.STK 13. Fakultas Pertanian UNPAD, Bandung.
9. UNUS SURIAWIRIA, 1991. Penawar Kepengapan Akibat Polusi Berbagai Buangan. Kehadiran Hutan Mini dan Pohon Pelindung Kota. Koran Pikiran Rakyat.

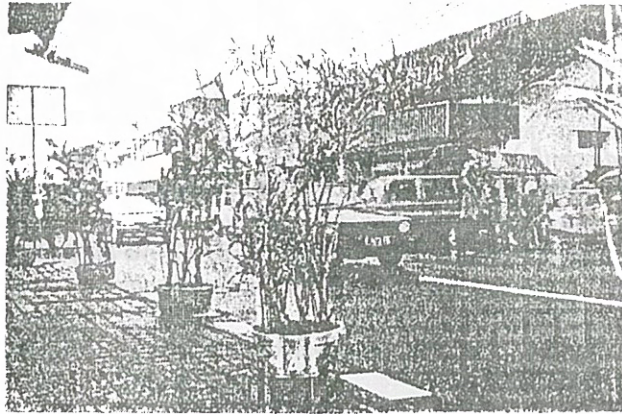
Penulis :

Ir. Nanny Kusminingrum, Peneliti Muda di Bidang Tanaman Pelengkap Jalan. Pusat Litbang Jalan.

Lampiran 1 : Pengambilan Polutan dengan Tabung Midget Impigner



Lampiran 2 : Lokasi Penelitian



Lokasi Penelitian jalan simpang empat
(Bogor).



Lokasi Penelitian jalan lurus
(Jl. Panglima Polim - Jakarta)



Lokasi penelitian jalan Tikungan
(Jl. Banceuy - Bandung)



TINGKAT KONSOLIDASI TANAH BERDASARKAN TEKANAN AIR PORI

M. Suherman

RINGKASAN

Konsolidasi merupakan proses hidrodinamik di mana air terdesak dari rongga tanah yang jenuh air. Tanah berbutir halus mempunyai permeabilitas rendah, yakni air tidak dapat keluar dari rongga pori, bila struktur butiran termanipulasi. Bila beban diberikan secara cepat dalam suatu uji pemampatan, maka tegangan pori awal sama dengan besar tahapan beban yang diberikan. Tegangan tambahan akan bermula dengan mengalirnya air pada sekitar contoh, dan tegangan air pori tambahan akan berkurang mendekati nol sesuai dengan termampatkannya ukuran butir. Praktisnya berangsur-angsur proses konsolidasi akan selesai.

Ini sangat menarik untuk para ahli geoteknik, agar dapat meramalkan lamanya waktu yang diperlukan untuk selesainya proses ini di lapangan.

ABSTRAK

Consolidation is the hydrodynamic process by which water is expelled from saturated soil voids. Fingrained soils have a low permeability that water cannot readily escape from the pore space when the grain structure is compressed.

When a load is applied rapidly in a compression test, an initial excess pore water pressure equal to the applied load is generated. This excess pressure will initiate flow of water to the sample boundaries and excess pore water pressure will decrease toward zero as the grain structure compresses. In practice it can generally be predicted that consolidation is complete.

It is of interest to geotechnical engineers to be able to predict the time required for this process to be completed in a field situation.

I. PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan pembuatan jalan di atas tanah kohesif yang bersifat lembek seperti lempung atau lanau, masalah yang sering terjadi di lapangan adalah lamanya proses konsolidasi tanah dasar di bawah timbunan, sehingga setelah pembangunan jalan itu selesai penurunan badan jalan masih terus berlangsung. Lambatnya keluar air pori dari suatu massa tanah dikarenakan sifat tanah kohesif mempunyai kelulusan air yang sangat rendah serta mempunyai ukuran butirnya sangat kecil. Sudah barang tentu dengan adanya penurunan ini akan dapat mengakibatkan kerusakan pada bagian perkerasan, malahan tidak sedikit diikuti dengan amblasan atau longsoran badan jalan.

Salah satu instrumen untuk pengukuran tingkat pencapaian konsolidasi adalah dengan menggunakan apa yang disebut "Piezometer", yaitu suatu alat yang dipakai sebagai pengukur tekanan air pori di lapangan. Dengan adanya data hasil pengukuran tekanan air pori ini, maka besarnya tingkat konsolidasi yang dicapai oleh tanah dasar di bawah timbunan dapat di analisis dari hasil pemantauan fluktuasi muka air yang ada di dalam pipa piezometer. Menentukan besarnya tingkat konsolidasi ini berhubungan erat dengan lamanya waktu pemantauan serta besarnya tegangan yang terjadi di sekitar tip piezometer.

Dari hasil analisis tekanan air pori maka akan ditentukan kondisi persentase konsolidasi sisa yang belum dicapai. Dengan diketahuinya tingkat konsolidasi sisa ini, maka dapat ditentukan besarnya tingkat konsolidasi yang telah terjadi selama pembebanan berlangsung.

II. TEORI KONSOLIDASI

Konsolidasi merupakan pengecilan volume secara perlahan dari tanah jenuh air akibat mengalirnya air pori dari suatu massa tanah. Proses ini akan berlangsung sampai eksese tekanan air pori menjadi stabil oleh penambahan tegangan total. Waktu atau lamanya konsolidasi dan jarak tempuh air pori serta faktor waktu dari derajat konsolidasi.

Lamanya waktu konsolidasi dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$t = T_v \cdot H^2 / C_v$$

di mana :

t = waktu konsolidasi (tahun)

T_v = faktor waktu

H = jarak tempuh air pori (m)

C_v = koefisien konsolidasi (m²/th)

Dari pernyataan di atas maka yang dapat dirobah adalah jarak tempuh air pori (H), sedangkan nilai Tv dan Cv adalah konstanta dari faktor waktu dan hasil laboratorium. Untuk maksud mempercepat konsolidasi maka diupayakan dengan jalan memperpendek jarak tempuh air yaitu memasang media pengalir yang disebut "vertical drain".

2.1. Ekses Tekanan Air Pori

Besarnya ekses tekan air pori terjadi akibat adanya air pori yang masuk ke dalam pipa piezometer disebabkan adanya tekanan tambahan dari beban timbunan. Untuk mendapatkan besarnya ekses tekanan air pori dapat ditentukan dengan persamaan :

$$Pr = p \cdot \gamma_w$$

di mana :

- Pr = tekanan air pori sisa (t/m²)
- p = pertambahan tinggi air pada piezometer (m)
- γ_w = berat isi air (t/m³)

Sedangkan untuk menentukan tekanan vertical tambahan beban dapat ditentukan dari persamaan:

$$\sigma_v = h \cdot \gamma_t \cdot a$$

di mana :

- σ_v = tekanan tambahan (t/m²)
- h = tinggi timbunan (m)
- γ_t = berat isi timbunan (t/m³)
- a = koefisien penyebaran tekanan

Dari kedua persamaan di atas maka dapat dihitung besarnya tingkat konsolidasi sisa (residu), yaitu perbandingan antara tekanan air pori sisa dengan tekanan vertical tambahan.

$$Ur = Pr / \sigma_v$$

Dengan hasil di atas, maka dapat ditentukan tingkat konsolidasi yang telah terjadi, yaitu:

$$U = U100 - Ur$$

di mana :

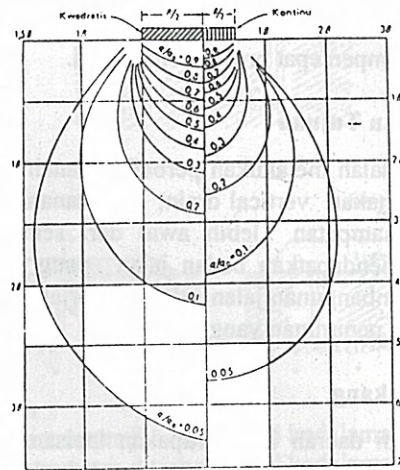
- U = tingkat konsolidasi yang telah dicapai (%)
- U100 = tingkat konsolidasi 100 %
- Ur = tingkat konsolidasi sisa (%)

2.2. Penyebaran Tegangan

Untuk menghitung besarnya tegangan vertical pada tanah dasar, perlu diketahui distribusi tegangan yang terjadi pada lapisan tanah tersebut. Penyebaran tegangan ini diakibatkan adanya beban timbunan yang terletak di atasnya sehingga menimbulkan tekanan tambahan

terhadap tanah yang berada di bawahnya. Besarnya penyebaran tegangan vertical dapat ditentukan berdasarkan teori Boussinesq seperti Gbr. 1.

Gambar 1



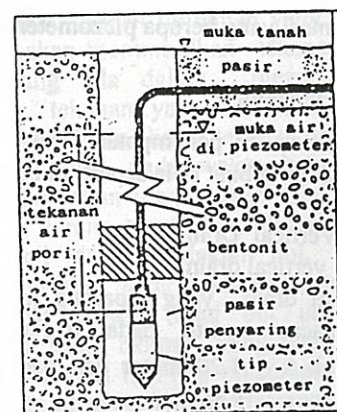
2.3. Piezometer

Piezometer merupakan alat pengukur tekanan air pori di lapangan dengan tip piezometer dimasukan mencapai kedalaman lapisan tanah yang akan diukur tekanan air porinya.

Untuk mendapatkan fluktuasi muka air pipa piezometer diperlukan data pembacaan awal setelah tip piezometer terpasang. Pengukuran ini dilakukan biasanya setiap hari, sampai diperoleh hasil tiga kali pembacaan menunjukkan angka yang relatif tetap. Selain pengukuran awal, juga dilakukan pengukuran berkala yang dilaksanakan pada interval waktu tertentu, yaitu lamanya pengukuran tergantung dari kebutuhan rencana teknis.

Piezometer yang digunakan dalam percobaan ini adalah type pneumatic, dengan cara pemasangan seperti Gbr. 2.

Gambar 2



III. PERCOBAAN TIMBUNAN

Percobaan timbunan dilakukan pada rencana jalan Padalarang - Cileunyi Bandung, yaitu pada lokasi Sta 36+800 sampai dengan Sta 37+070. Pada lokasi ini telah dipasang jute fibre drain secara tegak ke dalam tanah dasar, sebagai metode perbaikan tanah ke lempungan lembek guna mempercepat proses konsolidasi.

3.1. Maksud dan Tujuan

Percobaan ini adalah melakukan perbaikan tanah lembek dengan menggunakan vertical drain, agar tanah lembek mengalami pemampatan lebih awal dari semestinya. Tujuan untuk mendapatkan badan jalan yang mantap, yaitu setelah pembangunan jalan selesai dikerjakan, maka tidak terjadi lagi penurunan yang berarti.

3.2. Latar Belakang

Lapisan tanah di daerah ini merupakan lapisan lembek yang cukup tebal, dengan jenis tanah terdiri dari lanau lempungan mencapai kedalaman -30.00 meter. Sudah dipastikan bahwa apabila timbunan badan jalan berada di atas tanah ini, maka penurunanpun akan tak dapat dihindari dan akan terjadi karena tanah mudah mampat akibat adanya pembebanan.

Yang paling utama mendapat perhatian di sini adalah sifat tanah kohesif mempunyai kelulusan air yang rendah, sehingga sangat lambatnya pengaliran air pori dari dalam suatu massa tanah, dengan kata lain bahwa proses konsolidasi akan makan waktu yang relatif lama. Kecepatan proses konsolidasi tergantung dari besarnya beban yang diberikan dan jarak tempuh air pori di mana air akan melewatinya.

salah satu upaya yang perlu dilakukan agar air pori bisa lebih cepat keluar adalah dengan memperpendek jarak tempuh tanah yang disebut "vertical drain". Dengan adanya media ini maka air pori yang keluar akibat terjadinya konsolidasi akan lebih cepat waktunya karena jarak tempuh air lebih pendek ke arah horisontal.

Untuk menentukan tingkat konsolidasi yang telah dicapai berdasarkan lamanya waktu pembebanan, maka dipasang alat instrumentasi yang berupa piezometer.

3.3. Pola Pemasangan

Dalam percobaan ini penempatan jarak dan kedalaman dari vertical drain dibuat pola seperti di bawah ini :

1. Dengan Vertical Drain.

a. Jarak vertical drain.

Vertical drain yang dipasang mempunyai jarak dua macam, yaitu pada bagian kiri timbunan berjarak $s = 1.20$ meter dan pada bagian kanan berjarak $s = 1.80$ meter.

b. Kedalaman.

Ujung vertical drain dimasukkan mencapai kedalaman :

- Antara Sta 36 + 825 sampai dengan Sta 36 + 855 sampai kedalaman 9.00 meter.
- Antara Sta 36 + 885 sampai dengan Sta 36 + 915 sampai kedalaman 17.00 meter

c. Tinggi Timbunan

Tinggi timbunan yang diletakan di atas perbaikan tanah dasar setinggi $H_t = 4.10$ meter

2. Tanpa vertical drain

Pada lokasi ini tidak dilakukan pemasangan vertical drain, hanya yang berbeda adalah tinggi timbunan.

- Antara Sta 36 + 915 sampai dengan Sta 36 + 985 tinggi timbunan $H_t = 2.40$ meter.

3.4. Instrumentasi

Instrumentasi dipasang untuk tujuan pengambilan data mengenai perilaku tanah dasar akibat adanya pembebanan dari timbunan yang ditempatkan di atasnya.

Adanya peralatan instrumen yang dipasang pada percobaan ini meliputi Piezometer settlement plate dan pipa inclinometer. Tetapi dalam tulisan ini yang dibahas hanyalah hasil pengamatan piezometer saja. Piezometer ini ditempatkan masuk ke dalam tanah dasar yaitu pada lapisan lembek sebagai pengukur tekanan air pori akibat adanya perubahan tegangan dalam tanah dari pengaruh beban timbunan.

Banyak serta kedalaman piezometer pada setiap lokasi percobaan, yaitu pada masing-masing stasion seperti pada tabel di bawah ini.

Stasion (Sta)	Kiri (Ls)	Tengah (Cl)	Kanan (Rs)	Kedalaman (D)
36+840	2 bh	-	2 bh	7m,13m
36+900	2 bh	-	2 bh	7m,13m,21m
36+955	-	2 bh	-	7m,13m

Percobaan ini dilakukan oleh Consultant Amman & Whitney Inc. bekerjasama dengan PT. Wiratman & Ass. Pada tahun 1988.

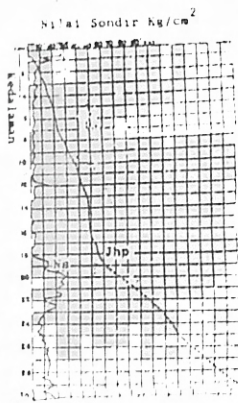
3.5. Data Tanah Dasar

Lapisan tanah yang digunakan dalam percobaan ini merupakan lapisan tanah lanau lempungan berwarna abu-abu sifat lembek sampai medium. Dari hasil pembaron telah didapat susunan lapisan tanah dari atas sampai ke bawah seperti berikut ini.

Kedalaman m MT	Jenis Tanah	Sifat	Kuat geser (cu) Kg/Cm2
0.00 - 2.00	lanau pasiran	lembek	0.20
2.00 - 8.00	lanau lempungan	lembek	0.07
8.00 - 12.00	pasir lanauan	lepas	0.20
12.00 - 18.00	lanau lempungan	lembek	0.15
18.00 - 22.00	lanau pasiran	lepas	-
22.00 - 30.00	lanau lempungan	medium	-

Dari hasil penyondiran yang dilakukan oleh Puslitbang Jalan menunjukkan lapisan tanah sampai ke kedalaman 30 meter masih merupakan lapisan lembek. Grafik sondir seperti Gambar 3.

Gambar 3



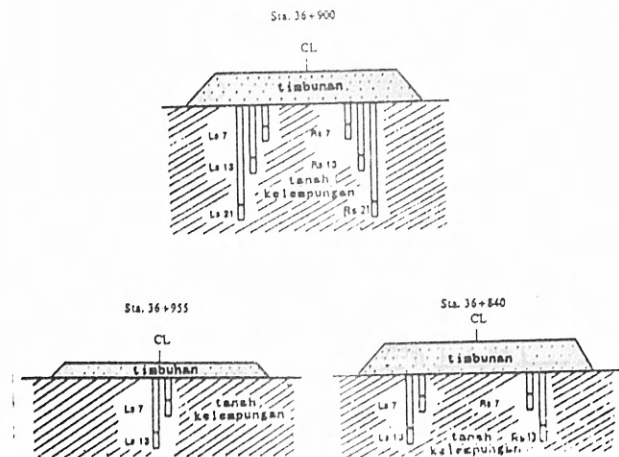
3.6. Penempatan Timbunan

Bahan timbunan terdiri dari tanah lateritis dan di padatkan agar nantinya digunakan sebagai badan jalan tol Padalarang - Cileunyi. Penimbunan dilakukan secara bertahap lapis demi lapis sehingga mencapai tinggi timbunan yang diinginkan.

Penempatan timbunan pada Sta 36+840 dan Sta 36+900 tinggi timbunan $H = 4.10$ m, sedangkan pada Sta 36+955 tinggi timbunan $H = 2.40$ m.

Adapun letak kedalaman piezometer dan tinggi timbunan, seperti Gambar 4.

Gambar 4



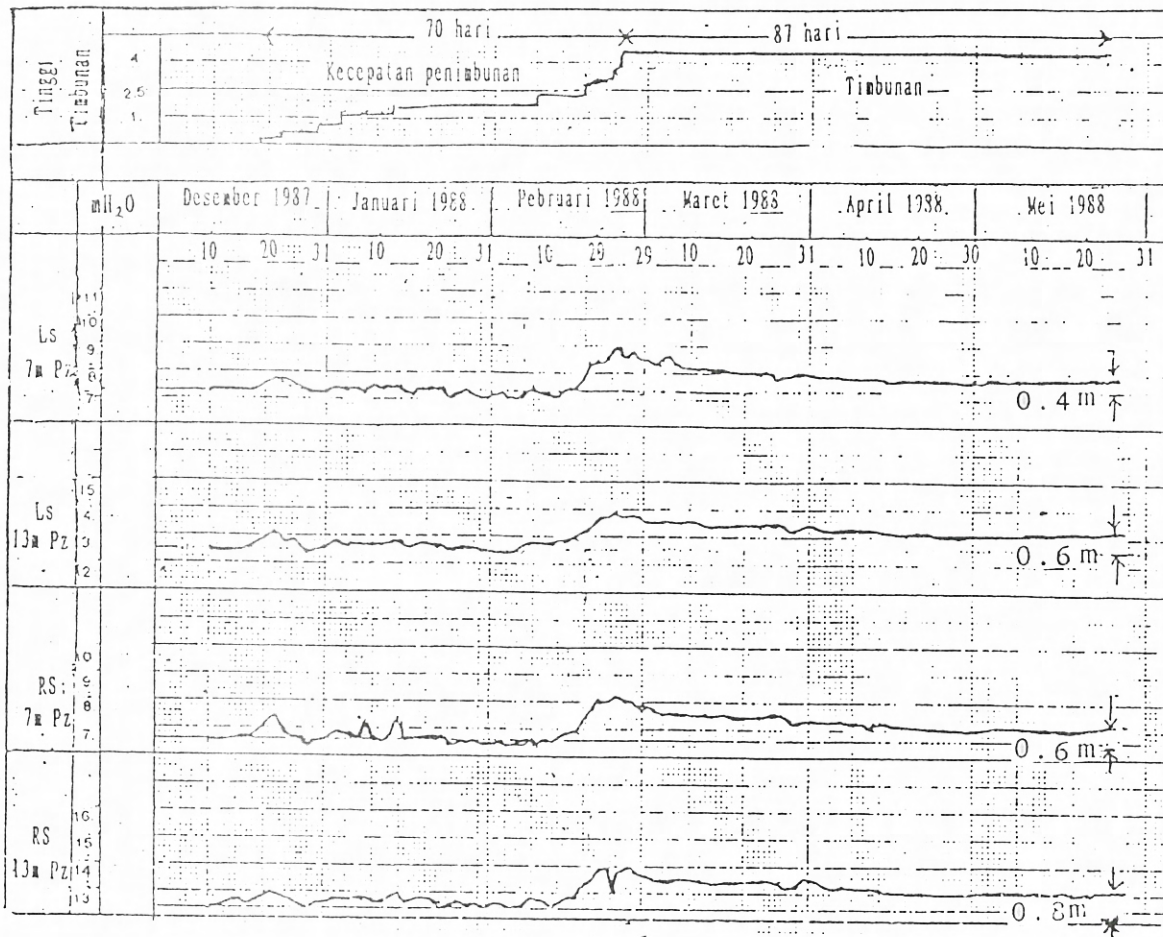
Keterangan :

- Ls7 = piezometer di sebelah kiri kedalaman 7.00 meter
- Ls13 = piezometer di sebelah kiri kedalaman 13.00 meter
- Ls21 = piezometer di sebelah kiri kedalaman 21.00 meter
- Rs7 = piezometer di sebelah kanan kedalaman 7.00 meter
- Rs13 = piezometer di sebelah kanan kedalaman 13.00 meter

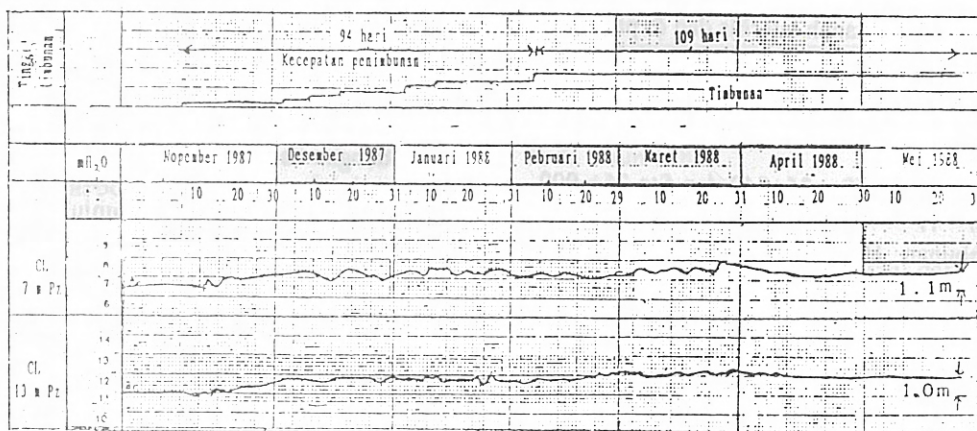
IV. PEMANTAUAN

Pemantauan piezometer dimaksudkan untuk mendapatkan data lapangan mengenai perubahan kenaikan atau penurunan muka air pori dalam tip piezometer akibat mampatnya tanah dasar karena pembebanan. Data ini akan digunakan sebagai dasar analisis dari peningkatan atau derajat konsolidasi yang telah dicapai. Pengamatan piezometer dilakukan dua kali sehari selama pelaksanaan timbunan dan selanjutnya setelah penimbunan selesai, maka pengamatan dilakukan satu kali seminggu, dan berakhir kira-kira mencapai konsolidasi 90%. Pemantauan alat piezometer yang telah terpasang merupakan bagian terpenting dalam percobaan ini karena hasil pengamatan akan menentukan langkah selanjutnya, yaitu baik untuk tahap penambahan penimbunan maupun untuk mengontrol kekuatan tanah di bawah timbunan. Beban timbunan yang diletakan di atas tanah dasar akan menimbulkan tekanan tambahan. Fluktuasi air yang ada dalam piezometer akan menggambarkan tekanan yang diterima oleh tanah sesuai dengan besaran penyebaran tekanan dari timbunan. Tekanan air pori pada waktu beban timbunan diberikan, bermula akan menunjukkan nilai yang tinggi dan lambat laun karena proses konsolidasi maka akan semakin mengecil dan mendekati nol, bila proses konsolidasi telah selesai. Pada waktu pemantauan dengan menggunakan alat baca (read out unit), alat ini ditempatkan pada suatu tempat yang telah disediakan, dimana ujung kabel dari tiap-tiap piezometer berkumpul dapat dihubungkan dengan alat baca tersebut.

GRAFIK PEMBACAAN PIEZOMETER

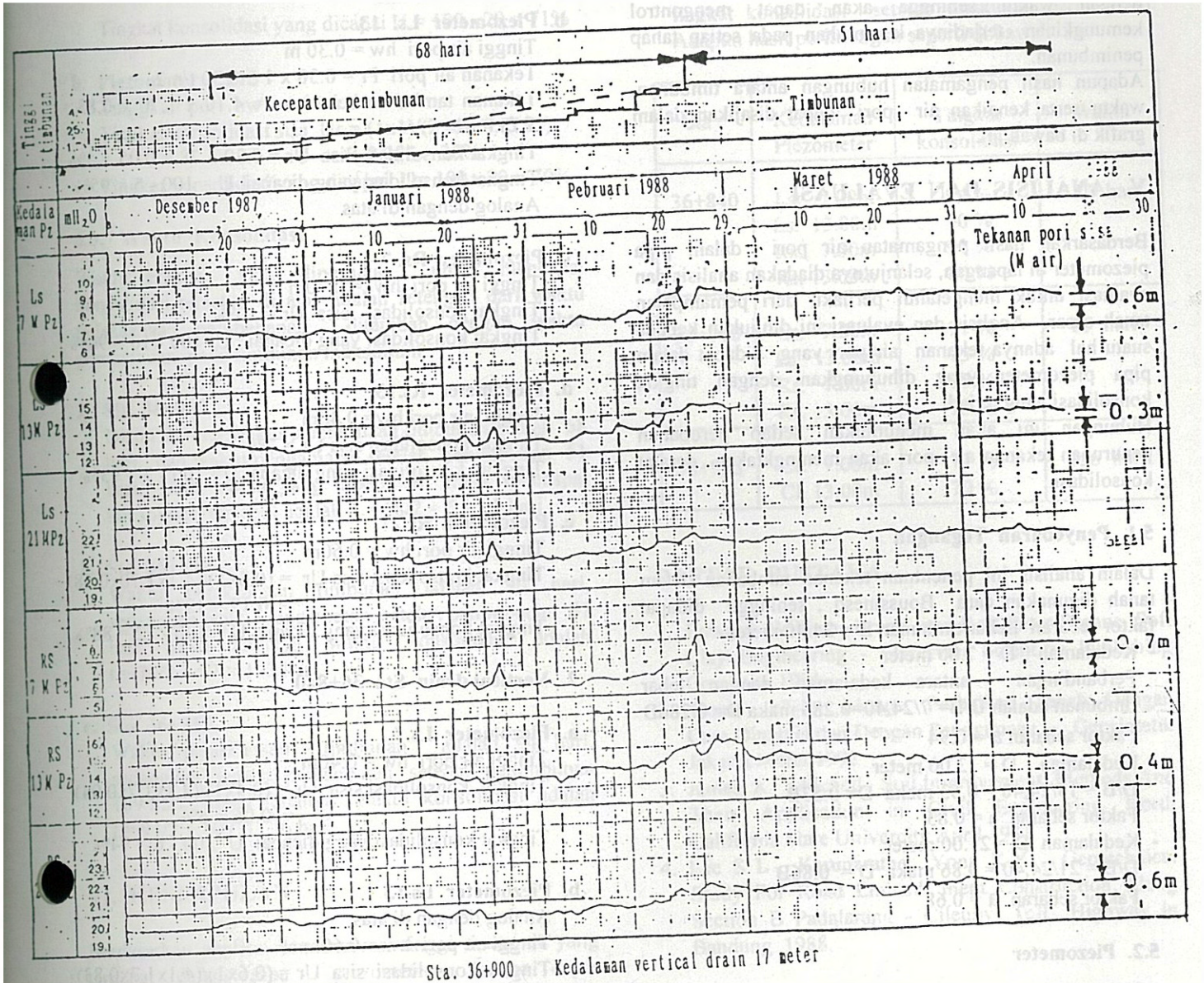


Sta. 36+840 Kedalaman vertical drain 9.00 meter



Sta. 36+955 Tanpa vertical drain

GRAFIK PEMBACAAN PIEZOMETER



Tekanan air pori yang didapat dari hasil pembacaan menunjukkan tingkat pemampatan (konsolidasi) yang dicapai seiring dengan merapatnya butiran tanah sehingga menjadi lebih padat dan terusirnya air dari dalam rongga tanah.

Setiap perubahan tekanan air pori ini yang dikorelasikan dengan waktu sehingga akan dapat mengontrol kemungkinan terjadinya keruntuhan pada setiap tahap penimbunan.

Adapun hasil pengamatan hubungan antara timbunan, waktu serta kenaikan air pori dapat disajikan dalam grafik di bawah ini.

V. ANALISIS DAN EVALUASI

Berdasarkan hasil pengamatan air pori dalam pipa piezometer di lapangan, selanjutnya diadakan analisis dan evaluasi untuk mengetahui perilaku dari pemampatan tanah dasar. Analisis dan evaluasi ini ditujukan kepada suatu hal adanya tekanan air pori yang didapat dalam pipa piezometer yang dihubungkan dengan tingkat konsolidasi yang terjadi.

Hubungan ini akan menunjukkan setiap perubahan penurunan tekanan air pori akan meningkatkan derajat konsolidasi.

5.1. Penyebaran Tegangan

Dalam analisis ini penentuan tekanan tambahan dalam tanah digunakan cara Boussinesq, sehingga didapat faktor sebaran Lebar timbunan $B = 24.40$ meter.

- Kedalaman $D = 7.00$ meter

Perbandingan antara kedalaman dengan lebar timbunan adalah $D/B = 7/24.40 = 0.286$ maka $D = 0.286B$

Faktor sebaran $a = 0.94$

- Kedalaman $D = 13.00$ meter

$D/B = 13/24.40 = 0.53$ maka $D = 0.53B$

Faktor sebaran $a = 0.83$

- Kedalaman $D = 21.00$ meter

$D/B = 21/24.40 = 0.86$ maka $D = 0.86B$

Faktor sebaran $a = 0.68$

5.2. Piezometer

1. Vertical drain pada Sta 36+900

Pada lokasi ini tinggi air pori sisa yang didapat adalah antara $hw = 0.30$ sampai 0.70 meter.

Data Timbunan :

Tinggi timbunan $H_t = 4.10$ meter

Berat isi timbunan $\gamma_t = 1.70$ t/m³

Berat isi air $\gamma_w = 1.00$ t/m³

a. Piezometer Ls 7

Tinggi air pori $hw = 0.60$ m

Tekanan air pori $Pr = hw \times \gamma_w = 0.60 \times 1 = 0.60$ t/m²

Tekanan tambahan beban $\sigma_v = H_t \times \gamma_t \times \alpha = 4.10 \times 1.70 \times 0.94 = 6.55$ t/m²

Tingkat konsolidasi sisa $U_r = Pr/\sigma_v = 0.60/6.55 = 9\%$

Tingkat konsolidasi yang dicapai $U = 100 - U_r$

$U = 100 - 9 = 91\%$

b. Piezometer Ls. 13

Tinggi air pori $hw = 0.30$ m

Tekanan air pori $Pr = 0.30 \times 1 = 0.30$ t/m²

Tekanan tambahan beban $\sigma_v = 4.10 \times 1.70 \times 0.83 = 5.78$ t/m²

Tingkat konsolidasi Sisa $U_r = 0.30/5.78 = 0.05 = 5\%$

Tingkat konsolidasi yang dicapai $U = 100 - 5 = 95\%$

Analog dengan di atas

c. Piezometer Rs. 7

Tinggi air pori $hw = 0.70$ m

Tingkat konsolidasi sisa $U_r = 10\%$

Tingkat konsolidasi yang dicapai $U = 100 - 10 = 90\%$

d. Piezometer Rs.13

Tinggi air pori $hw = 0.40$ m

Tingkat konsolidasi sisa $U_r = 7\%$

Tingkat konsolidasi yang dicapai $U = 100 - 7 = 93\%$

e. Piezometer Rs.21

Tinggi air pori $hw = 0.60$ m

Tingkat konsolidasi sisa $U_r = (0.6 \times 1)/(4.1 \times 1.70 \times 0.68) = 0.12 = 12\%$

Tingkat konsolidasi yang dicapai $U = 100 - 12 = 88\%$

2. Vertical drain Sta 36+840

a. Piezometer Ls.7

Tinggi air pori $hw = 0.40$ m

Tingkat konsolidasi sisa $U_r = (0.4 \times 1)/(4.1 \times 1.7 \times 0.94) = 0.06 = 6\%$

Tingkat konsolidasi yang dicapai $U = 100 - 6 = 94\%$

b. Piezometer Ls.13

Analog dengan di atas

Tinggi air pori $hw = 0.60$ m

Tingkat konsolidasi sisa $U_r = (0.6 \times 1)/(4.1 \times 1.7 \times 0.83) = 0.10 = 10\%$

Tingkat konsolidasi yang dicapai $U = 100 - 10 = 90\%$

Analog dengan di atas

c. Piezometer Rs.7

Tinggi air pori sisa $hw = 0.60$ m

Tingkat konsolidasi yang dicapai $U = 91\%$

d. Piezometer Rs.13

Tinggi air pori sisa $hw = 0.80$ m

Tingkat konsolidasi yang dicapai $U = 86\%$

