



**MODEL SEBARAN KADMIUM DARI SUMBER SUNGAI
KANAL BANJIR BARAT MELALUI MEDIA AIR TANAH
DI LAHAN PERMUKIMAN KELURAHAN PETOMPON
KECAMATAN GAJAH MUNGKUR KOTA SEMARANG**

**Oleh :
HERNOWO DANUSAPUTRO
NIM 30000213510010**

**Program Doktor Ilmu Lingkungan
Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro
Semarang
2020**



**MODEL SEBARAN KADMIUM DARI SUMBER SUNGAI
KANAL BANJIR BARAT MELALUI MEDIA AIR TANAH
DI LAHAN PERMUKIMAN KELURAHAN PETOMPON
KECAMATAN GAJAH MUNGKUR KOTA SEMARANG**

Oleh :
HERNOWO DANUSAPUTRO
NIM 30000213510010

SEKOLAH PASCASARJANA

**Program Doktor Ilmu Lingkungan
Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro
Semarang
2020**

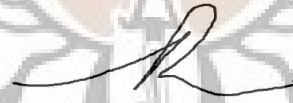
HALAMAN PENGESAHAN

MODEL SEBARAN KADMIUM DARI SUMBER SUNGAI KANAL BANJIR BARAT MELALUI MEDIA AIR TANAH DI LAHAN PERMUKIMAN KELURAHAN PETOMPON KECAMATAN GAJAH MUNGKUR KOTA SEMARANG

HERNOWO DANUSAPUTRO
30000213510010

Telah diuji dan dinyatakan lulus ujian pada tanggal 24 Juni 2020
oleh Tim Penguji Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan
Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro
Telah disetujui oleh

Promotor



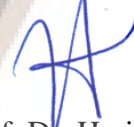
Prof. Dr. Ir. Suripin, M.Eng
NIP. 196004271987031001

Ko Promotor 1



Dr. Dwi P. Sasongko, M.Si
NIP. 195809051987031002

Ko Promotor 2



Prof. Dr. Heri Sutanto, M.Si
NIP. 197502151998021001

SEKOLAH PASCASARJANA

Sekolah Pasca Sarjana
Universitas Diponegoro
Dekan,

Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum.
NIP. 196701011991031005

Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan
Universitas Diponegoro
Ketua,

Dr. Dra. Hartuti Purnaweni, MPA
NIP. 196112021988032009

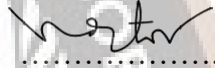
**MODEL SEBARAN KADMIUM DARI SUMBER SUNGAI KANAL BANJIR
BARAT MELALUI MEDIA AIR TANAH DI LAHAN PERMUKIMAN
KELURAHAN PETOMPON KECAMATAN GAJAH MUNGKUR KOTA
SEMARANG**

Oleh :
HERNOWO DANUSAPUTRO
30000213510010

Telah disetujui oleh :

Pimpinan Sidang :

Prof. Dr. Hadiyanto, S.T., M.T



.....

Sekretaris Sidang :

Dr. Sudarno, M. Ing



.....

Penguji :

Prof. Dr. Suripin, M.Eng



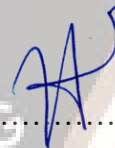
.....

Dr. Dwi Purwantoro Sasongko, M.Si



.....

Prof. Heri Sutanto, M,Si



.....

Dr. Suparni Setyowati Rahayu, M.



.....

Dr. Rahmat Gernowo, M.Si.



.....

SEKOLAH PASCASARJANA

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : : Hernowo Danusaputro

NIM : : NIM 30000213510010

Mahasiswa : : Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan
Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro

Dengan ini menyatakan bahwa :

- 1) Disertasi yang berjudul **“Model Sebaran Kadmium Dari Sumber Sungai Kanal Banjir Barat Melalui Media Air Tanah Di Lahan Permukiman Kelurahan Petompon Kecamatan Gajah Mungkur Kota Semarang”**, adalah karya ilmiah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Doktor) di perguruan tinggi manapun.
- 2) Disertasi ini adalah murni ide, rumusan dan hasil penelitian saya serta dilakukan tanpa bantuan orang lain, kecuali Tim Promotor dan narasumber.
- 3) Disertasi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan judul aslinya serta dicantumkan dalam daftar pustaka.
- 4) Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ditemukan terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang saya peroleh dan sanksi lain sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Diponegoro.

Semarang, Juni 2020

Yang Membuat Pernyataan,



Hernowo Danusaputro

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan disertasi yang berjudul “MODEL SEBARAN KADMIUM DARI SUMBER SUNGAI KANAL BANJIR BARAT MELALUI MEDIA AIR TANAH DI LAHAN PERMUKIMAN KELURAHAN PETOMPON KECAMATAN GAJAH MUNGKUR KOTA SEMARANG” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor Ilmu Lingkungan di Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Prof. Dr. Yos Johan Utama, S.H, M.Hum, selaku Rektor Universitas Diponegoro yang telah memberi kesempatan untuk melanjutkan studi di Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro
2. Dr. R.B. Sularto, M.Hum, selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro, yang telah mengizinkan kami untuk menempuh studi di Program Doktor Ilmu Lingkungan.
3. Dr. Dra.Hartuti Purnaweni, MPA, selaku Ketua Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, yang telah memberikan fasilitas, ilmu, saran serta motivasi dalam menyelesaikan disertasi ini.
4. Prof. Dr. Ir. Suripin, M.Eng, selaku Promotor yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta saran dan motivasi dalam menyelesaikan disertasi ini.
5. Dr. Dwi P. Sasongko, M.Si, selaku Co-Promotor 1, yang telah memberi masukan ilmu, saran dan arahan serta memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan disertasi ini.
6. Prof. Dr. Heri Sutanto, M.Si, selaku Co-Promotor 2, yang telah banyak mengorbankan waktu dan memberikan dukungan moril maupun finansial serta menumbuhkan motivasi dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan disertasi ini.
7. Prof. Dr. Ir. Hadiyanto, S.T., M.Sc, selaku Penguji sekaligus Ketua Sidang, yang telah menelaah serta banyak memberikan masukan dan arahan kepada penulis untuk menyempurnakan naskah disertasi ini.

8. Dr. Ing. Sudarno, S.T., M.Sc, selaku Penguji dan Sekretaris Penguji, yang telah banyak memberi masukan serta arahan demi sempurnanya penulisan disertasi ini.
9. Dr. Suparni Setyowati Rahayu, M.Si, selaku Penguji Eksternal yang telah menelaah dan memberikan masukan agar disertasi ini dapat lebih baik dan bermanfaat.
10. Dr. Rahmat Gernowo, M.Si selaku penguji Internal, yang telah menelaah dan memberikan saran serta masukan sehingga disertasi ini menjadi tulisan yang lebih baik.
11. Prof. Dr. Mustafid, M.Eng., Prof. Dr. Ir. Supriharjono, M.S, dan Prof. Dr. Moh Nur DEA, yang telah mensponsori penulis untuk melanjutkan studi di Progran Studi Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro
12. Sahabat seperjuangan di KBK Geofisika dan Departemen Fisika Universitas Diponegoro, yang telah banyak membantu dan mendorong penulis untuk menyelesaikan studi.
13. Rekan sejawat di PPLH Universitas Diponegoro, yang telah membantu dan memberi semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studi.
14. Isteriku ,Lily Muliawati, dan anak-anakku tercinta, Herlina Anindita Anggraeni, Rizqi Firdausi, Frieda Isyana Putri dan Rizal Amanulloh,serta menantuku Noven Putra Setya budi dan cucuku tersayang Khaleed Abrisam Putra yang dengan sabar dan membantu serta memberikan semangat dan doa kepada suami, ayah dan yahkung untuk menyelesaikan disertasi ini.
15. Saudara-saudaraku yang selalu memberikan semangat serta dukungan moril maupun finansial hingga menumbuhkan motivasi bagi penulis untuk menyelesaikan disertasi ini.
16. Sahabatku Ir. Bachtiar Subandrio, yang selalu memantau dan memberi semangat serta memberikan dukungan moral dan finansial kepada penulis agar selalu konsisten dan komitmen untuk menyelesaikan studi ini..

Semoga disertasi ini dapat memberi manfaat bagi seluruh pembaca dan menjadi sumbangsih pemikiran dalam pengembangan pembangunan daerah.

Semarang, Juni 2020
Hernowo Danusaputro

ABSTRAK

MODEL SEBARAN KADMIUM DARI SUMBER SUNGAI KANAL BANJIR BARAT MELALUI MEDIA AIR TANAH DI LAHAN PERMUKIMAN KELURAHAN PETOMPON KECAMATAN GAJAH MUNGKUR KOTA SEMARANG

Oleh

Hernowo Danusaputro

Sungai Kanal Banjir Barat yang terletak di jantung kota Semarang telah tercemar oleh logam berat, salah satunya Kadmium akibat pembuangan limbah cair oleh industri yang berdiri dan beroperasi di sepanjang sungai ini. Permukiman di Kelurahan Petompon, ada yang terletak di bantaran sungai tersebut. Pemanfaatan air sumur dan penggunaan lahan untuk kehidupan dan aktivitas sehari-hari bagi masyarakat yang tinggal di bantaran tersebut terancam akan pencemaran oleh kadmium yang terbawa polutan yang merembes ke lahan permukiman tersebut. Untuk mengetahui seberapa jauh rembesan kadmium tersebut dan prediksi konsentrasinya pada lokasi tersebut perlu dibuat model sebaran dari kadmium tersebut.

Untuk mengetahui berapa konsentrasi kadmium yang ada di sungai dan air sumur, maka dilakukan uji AAS pada air sungai dan air sumur yang ada di kawasan tersebut, sedang untuk mengetahui terjadinya rembesan pada lahan tersebut, dilakukan pengukuran hidrologi dan permeabilitas tanah. Untuk mengetahui struktur permukaan bawah dilakukan pengukuran geolistrik konfigurasi dipole-dipole yang kemudian di interpretasikan dengan model 2D dengan program RES2DInv. Nilai resistivitas logam berat berada pada nilai $1 \geq \rho \geq 10 \Omega\text{m}$. Untuk memastikan adanya kadmium dilakukan dengan mengambil sampel tanah untuk di uji dengan EDX. Program modflow dipergunakan untuk membuat model 3D keberadaan logam berat dan sebaran kearah horizontal. Model sebaran dalam bentuk matematis diperoleh dengan program MS Excel.

Hasil Uji AAS pada air sunga diperoleh konsentrasi cadmium rata-rata 0,005 mg/L sedangkan hasil AAS pada air sumur diperoleh konsentrasi cadmium rata-rata sebesar 0,001 mg/L. Daril pengukuran hidrologi diperoleh hasil bahwa muka air sumur lebih rendah dari muka air sungai sehingga terjadi rembesan. Model 3D untuk logam berat dapat dibuat dan berada pada kedalaman 1,71m hingga 6,58m .dan mempunyai nilai resistivitas 4,32 – 10,7 Ωm . merupakan batuan lempung yang mempunyai nilai permeabilitas $5.57 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$. Dari uji EDX diketahui bahwa ada kandungan kadmium pada lahan tersebut. Model matematis dapat diturunkan merupakan persamaan polinomial fungsi jarak dan fungsi waktu yang dapat memprediksi sebaran kadmium kearah horizontal dan laju pengendapan pada suatu titik ukur pada lokasi tersebut.

ABSTRACT

CADMIUM DISTRIBUTION MODEL FROM KANAL BANJIR BARAT RIVER THROUGH LAND WATER MEDIA IN THE SETTLEMENT OF PETOMPON VILLAGE, GAJAH MUNGKUR DISTRICT, SEMARANG CITY

By
Hernowo Danusaputro

The Kanal Banjir Barat river which is located in the center of Semarang has been polluted by heavy metals, one of which is Cadmium due to the disposal of liquid waste by industries that stand and operate along this river. There are settlements in Petompon Village, some of which are located on the riverbank. Utilization of well water and land use for daily life and activities for people who live on the banks are threatened by pollution by cadmium carried by pollutants that seep into the settlement land. To find out how far the cadmium seepage is and predict the concentration at that location, it is necessary to make a distribution model of the cadmium.

To find out what cadmium concentrations are in rivers and well water, an AAS test was carried out on river water and well water in the area, while to determine the seepage of the land, hydrological and soil permeability measurements were carried out. To find out the structure of the lower surface geoelectric dipole-dipole configuration was then measured and then interpreted with a 2D model with the RES2DInv program. The resistivity value of heavy metals is at the value of $1 \geq \rho \geq 10 \Omega\text{m}$. To ensure the presence of cadmium is done by taking soil samples to be tested with EDX. The modflow program is used to create 3D models of heavy metal and horizontal distribution. The distribution model in mathematical form was obtained by MS Excel program.

AAS test results in sungai water obtained an average cadmium concentration of 0.005 mg / L while the AAS results in well water obtained an average cadmium concentration of 0.001 mg / L. From the hydrological measurements, the results show that the well water level is lower than the river water level, causing seepage. 3D models for heavy metals can be made and are at a depth of 1.71m to 6.58m. They have resistivity values of 4.32 - 10.7 Ωm . They are clay rocks that have permeability values of $5.57 \times 10^{-6} \text{ cm / s}$. From the EDX test it was found that there was cadmium content in the land. The mathematical model can be derived is a polynomial equation of distance and time functions that can predict the distribution of cadmium in a horizontal direction and the rate of precipitation at a measuring point at that location.

DAFTAR ISI

	halaman
Halaman Judul	i
Halaman Persetujuan	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Tabel.....	v
Daftar Gambar	vi
Bab I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	7
C. Orisinalitas.....	9
D. Tujuan Penelitian.....	18
E. Manfaat Penelitian.....	18
Bab II. TINJAUAN PUSTAKA.....	20
A. Kondisi Daerah Penelitian.....	20
B. Efek Kadmium terhadap organisme, manusia dan lingkungan.....	23
C. Terjadinya Pencemaran Tanah.....	26
D. Metoda Georesistivitas.....	35
E. Uji Kimia sampel tanah dan sampel air.....	37
F. Model Sebaran.....	40
Bab III. KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEP	42
A. Kerangka Teori	43
B. Kerangka Konsep	44
Bab IV. METODE PENELITIAN.....	46
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	46
B. Desain Penelitian.....	47
C. Populasi dan Sampel.....	48
D. Variabel Penelitian.....	48
E. Teknik Pengumpulan Data.....	50
F. Kerangka Alur Penelitian.....	51

G. Materi Penelitian.	52
H. Teknik Pengambilan dan Pengujian Sampel.	52
I. Pengolahan dan Analisis Data.	55
Bab V. HASIL DAN PEMBAHASAN.	56
A. Hasil. Pengolahan Data.	56
B. Hasil Uji EDX.	64
C. Analisis Data.	70
Bab VI. KESIMPULAN DAN SARAN.	82
A. Kesimpulan.	82
B. Saran.	82
Referensi	
Lampiran - Lampiran	



SEKOLAH PASCASARJANA

DAFTAR TABEL

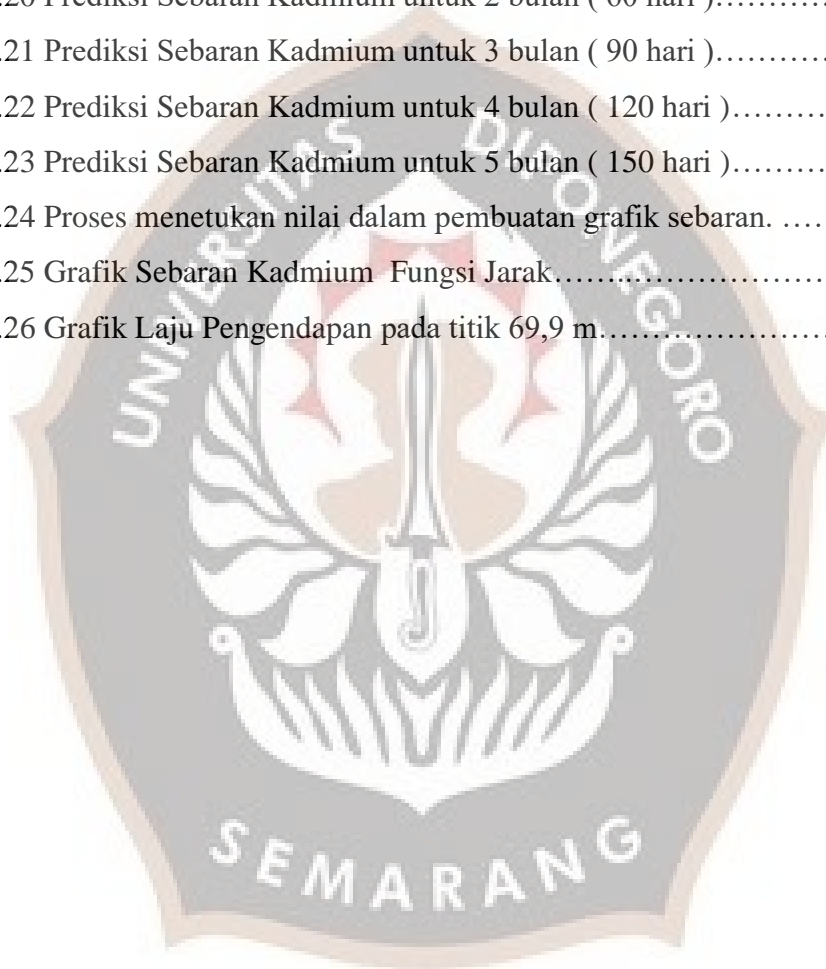
	halaman
Tabel 1	Daftar Penelusuran Hasil Penelitian serta Jurnal Jurnal Internasional dan Nasional Terkait Tema Penelitian. 9
Tabel 2	Kisaran Logam Berat Sebagai Pencemar Dalam Tanah dan Tanaman..... 28
Tabel 3	Definisi operasional dan pengukuran variabel penelitian 49
Tabel 4	Konsentrasi Cd..... 56
Tabel 5	Data Pengukuran Hidrologi..... 58
Tabel 6	Hasil Uji EDX pada lokasi Petompon..... 69
Tabel 7	Data Batas Atas dan Batas Bawah untuk Lintasan GL1..... 71
Tabel 8	Data Batas Atas dan Batas Bawah untuk Lintasan GL2..... 71
Tabel 9	Data Batas Atas dan Batas Bawah untuk Lintasan GL3..... 72
Tabel 10	Data Grafik 78
Tabel 11	Konsentrasi Kadmium pada titik 69,9m hingga 5 bulan 80

SEKOLAH PASCASARJANA

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1.1 Bagian bagian dari sungai dan daratan disekitarnya.....	2
Gambar 2.1 Lokasi Penelitian dan Perusahaan Pencemar.....	20
Gambar 2.2 Peta Geologi Kota Semarang.....	21
Gambar 2.3 Ilustrasi terjadinya rembesan akibat perbedaan ketinggian Muka air sungai dengan Muka air tanah (sumur).....	31
Gambar 2.4 Skema konfigurasi dipole dipole.....	36
Gambar 2.5 Permodelan resistivitas 2 dimensi dengan program res2Dinv....	37
Gambar 2.6 Skema EDX.....	39
Gambar 2.7 Spektrum hasil uji EDX.....	39
Gambar 3.1 Desain Kerangka Teori	43
Gambar 3.2 Desain Kerangka Konsep Penelitian	45
Gambar 4.1 Denah Lokasi Pengukuran.....	46
Gambar 4.2 Kerangka Alur Penelitian	51
Gambar 5.1 Peta Lokasi Pengukuran	57
Gambar 5.2 Lintasan Pengukuran metode resistivitas dipole dipole.....	59
Gambar 5.3 Penampang resistivitas lintasan GL 1	60
Gambar 5.4 Penampang resistivitas lintasan GL 2	61
Gambar 5.5 Penampang resistivitas lintasan GL 3.....	62
Gambar 5.6 Spektrum paparan logam berat pada kedalaman 1 m	64
Gambar 5.7 Ukuran pori dari sampel tanah pada kedalaman 1 m.....	65
Gambar 5.8 Spektrum paparan logam berat pada kedalaman 2 m.....	66
Gambar 5.9 Ukuran pori dari sampel tanah pada kedalaman 2 m.....	66
Gambar 5.10 Spektrum paparan logam berta pada kedalaman 3 m.....	67
Gambar 5.11 Ukuran pori dari sampel tanah pada kedalaman 3 m.....	67
Gambar 5.12 Spektrum paparan logam berat pada kedalaman 4 m	68
Gambar 5.13 Ukuran pori dari sampel tanah pada kedalaman 4 m.....	68

Gambar 5.14 Grafik hasil prosentase komposisi logam berat dan kedalaman ..	69
Gambar 5.15 Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah pada lintasan GL 1.	70
Gambar 5.16 Koordinst titik-titik Boundary Area.	73
Gambar 5.17 Tampilan data boundary di Excel.	73
Gambar 5.18. Model 3D lapisan logam berat.	74
Gambar 5.19. Prediksi Sebaran Kadmium untuk 1 bulan (30 hari).....	75
Gambar 5.20 Prediksi Sebaran Kadmium untuk 2 bulan (60 hari).....	75
Gambar 5.21 Prediksi Sebaran Kadmium untuk 3 bulan (90 hari).....	76
Gambar 5.22 Prediksi Sebaran Kadmium untuk 4 bulan (120 hari).....	76
Gambar 5.23 Prediksi Sebaran Kadmium untuk 5 bulan (150 hari).....	77
Gambar 5.24 Proses menentukan nilai dalam pembuatan grafik sebaran.	77
Gambar 5.25 Grafik Sebaran Kadmium Fungsi Jarak.....	79
Gambar 5.26 Grafik Laju Pengendapan pada titik 69,9 m.....	80



SEKOLAH PASCASARJANA