

**SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK MENGETAHUI
PENGARUH KONSUMSI AIR TANAH TERHADAP
PENURUNAN MUKA TANAH PADA MASA PANDEMI
COVID-19 DI DKI JAKARTA**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



**UNIVERSITAS
BAKRIE**

MARIA CINTYA NOVA

1172005007


**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA 2021**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Maria Cintya Nova

NIM : 1172005007

Tanda Tangan : 

Tanggal : 24 Agustus 2021

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Maria Cintya Nova

NIM : 1172005007

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer

Judul Skripsi : SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK MENGETAHUI
PENGARUH KONSUMSI AIR TANAH TERHADAP
PENURUNAN MUKA TANAH PADA MASA PANDEMI
COVID-19 DI DKI JAKARTA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Diki Surya Irawan, S.T, M.Si ()

Penguji : Deffi Ayu Puspito Sari, S.TP., M.Agr.Sc., Ph.D., IPM

()

Penguji : Aqil Azizi, S.Pi, M.Appl.Sc., Ph.D (

)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal :24 Agustus 2021

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Bakrie. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Kedua orang tua, Bapak Marwito dan Ibu Suciati, yang tidak pernah putus dalam mendoakan dan memberikan bantuan dukungan material dan moral sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan di Universitas Bakrie;
- 2) Universitas Bakrie yang telah membiayai dan mendukung penelitian ini dengan nomor kontrak 261/SPK/LPP-UB/IX/2020;
- 3) Bapak Diki Surya Irawan, S.T, M.Si selaku dosen pembimbing sekaligus ketua tim penelitian hibah internal Universitas Bakrie yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini;
- 4) Bapak Aqil Azizi, S.Pi, M.Appl.Sc., Ph.D selaku Kepala Program Studi Teknik Lingkungan, dosen pembimbing akademik, sekaligus penguji pada saat sidang tugas akhir ini yang telah memberikan motivasi dan masukan dari awal perkuliahan hingga sekarang;
- 5) Ibu Deffi Ayu Puspito Sari, S.TP, M.Agr.Sc., Ph.D, IPM selaku penguji pada sidang tugas akhir ini yang telah memberikan masukan yang sangat berarti bagi penulis;
- 6) Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Bakrie yang selalu memberikan ilmu yang bermanfaat dan membangun pola pikir penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini;
- 7) Kedua adik penulis, Krisna dan Yessa, yang selalu mampu memberikan semangat dan motivasi, serta seluruh keluarga besar penulis yang juga selalu mendoakan serta mendukung sepenuh hati;

- 8) Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2017 yang telah berjuang bersama dari saat masa orientasi mahasiswa hingga proses mengerjakan tugas akhir, terima kasih atas kekeluargaan dan kenangannya;
- 9) Sahabat-sahabat semasa SMA yang walaupun jauh namun tetap memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan pendidikan dengan baik; dan
- 10) Serta semua pihak yang telah membantu proses penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sampaikan satu per satu, mereka yang sengaja ataupun tidak sengaja ikut berperan dalam proses penyelesaian pendidikan ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu di masa mendatang.

Jakarta,



Maria Cintya Nova

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maria Cintya Nova
NIM : 1172005007
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Tugas Akhir : Pemodelan dan Simulasi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Fee Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK MENGETAHUI PENGARUH KONSUMSI AIR TANAH TERHADAP PENURUNAN MUKA TANAH PADA MASA PANDEMI COVID-19 DI DKI JAKARTA

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 24 Agustus 2021

Yang menyatakan



(Maria Cintya Nova)

SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK MENGETAHUI PENGARUH KONSUMSI AIR TANAH TERHADAP PENURUNAN MUKA TANAH PADA MASA PANDEMI COVID-19 DI DKI JAKARTA

Maria Cintya Nova

ABSTRAK

Pengambilan air tanah yang berlebihan diyakini sebagai salah satu faktor utama terjadinya penurunan muka tanah yang dapat berpotensi menyebabkan banjir rob karena posisi permukaan tanah yang lebih rendah dari permukaan air. Pandemi Covid-19 yang telah terjadi di Indonesia sejak bulan Maret 2020 menyebabkan perubahan pola konsumsi air bersih yang berasal dari air perpipaan dan air tanah. Ketentuan *work from home* (wfh) yang dilaksanakan oleh sebagian besar kantor dan industri di Jakarta membuat banyak gedung tidak beroperasi. Dengan menurunnya angka okupansi gedung karena kebijakan wfh, akan ada kemungkinan konsumsi air tanah dari gedung bertingkat yang mengambil air tanah dari *aquifer* dalam dapat berkurang. Penelitian ini berbentuk pemodelan dan simulasi yang digunakan untuk membangun suatu tingkatan pengertian (*level of understanding*) atas sebuah sistem secara keseluruhan maupun keterkaitan dan interaksi antar variabel pembentuknya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsumsi air tanah berkenaan dengan pandemi Covid-19 terhadap penurunan muka tanah di DKI Jakarta menggunakan metode simulasi sistem dinamik. Penelitian ini dimulai dengan identifikasi sistem penurunan muka tanah, selanjutnya dibuat model konsep *causal loop diagram* (CLD). Langkah selanjutnya adalah membuat *stock and flow diagram* dengan bantuan *software* Vensim 8.2.1. *Stock and flow diagram* yang dibuat berdasarkan pada *causal loop diagram*. Selanjutnya dilakukan verifikasi dan simulasi model. Setelah hasil simulasi dan analisis hasil dilakukan, selanjutnya dilakukan validasi model untuk memastikan bahwa model yang dibuat telah sesuai dengan sistem nyata. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengembangan skenario model. Skenario yang dibuat adalah skenario kebijakan *work from home* (wfh). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya kebijakan *work from home* dapat mengurangi konsumsi air tanah sebesar 64,7%. Selain itu, penurunan konsumsi air tanah pada masa pandemi Covid-19 membuat penurunan muka tanah di DKI Jakarta semakin melambat serta laju penurunan muka tanah di DKI Jakarta menurun dari 3,7 cm/tahun menjadi 1 cm/tahun.

Kata kunci : sistem dinamik, penurunan muka tanah, air tanah, covid-19, *work from home*

**SYSTEM DYNAMIC SIMULATION TO DETERMINE THE EFFECT OF
WATER CONSUMPTION ON LAND SUBSIDENCE DURING COVID-19
PANDEMIC IN DKI JAKARTA**

Maria Cintya Nova

ABSTRACT

Excessive groundwater extraction is believed to be one of the main factors for land subsidence which may be caused by tidal flooding due to the position of the surface which is lower than sea level. Covid-19 pandemic that has occurred in Indonesia since March 2020 has caused changes in water consumption patterns which derives from piped water and groundwater. There are many offices and industries that implement work from home makes many buildings have a declining occupancy rate. With the decrease in the occupancy rate of the wfh policy, there will be a possibility that groundwater consumption from high-rise buildings that draw groundwater from deep aquifers can be reduced. This research is in the form of modeling and simulation that is used to build a level of understanding on a whole system as well as the interrelationships and interactions between its constituent variables. The purpose of this research was to determine the effect of groundwater consumption during Covid-19 pandemic on land subsidence in DKI Jakarta using the dynamic system simulation method. This research began with made a land subsidence system concept, then made a causal loop diagram (CLD). The next step was create a stock and flow diagram used Vensim 8.2.1 software. Stock and flow diagrams are based on causal loop diagrams. Verification and simulation of the model is the next step that needs to be done. After the simulation and analysis of the results have been carried out, the model were validated to ensure that the model that has been made is in accordance with the real system. The next step was develop a scenario model. The scenario which created was a work from home (wfh) policy scenario. The results showed that the work from home policy reduces groundwater consumption by 64.7%. In addition, the reduction in groundwater consumption during the Covid-19 pandemic caused land subsidence in DKI Jakarta slows down and the rate of land subsidence in DKI Jakarta decreased from 3.7 cm/year to 1 cm/year.

Keyword : dynamic system, land subsidence, groundwater, covid-19, work from home

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| UNGKAPAN TERIMA KASIH | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI..... | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Perumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3. Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4. Manfaat Penelitian..... | 3 |
| BAB II LANDASAN TEORI | 4 |
| 2.1. Pengertian Air..... | 4 |
| 2.1.1. Pengertian Air Bersih dan Air Minum | 4 |
| 2.1.2. Sumber Air | 5 |
| 2.1.3. Kondisi Air Tanah DKI Jakarta | 7 |
| 2.1.4. Konsumsi Air Bersih Pada Masa Pandemi Covid-19 | 8 |
| 2.2. Pengertian Tanah | 9 |
| 2.2.1. Penurunan Muka Tanah | 9 |
| 2.2.2. Faktor- Faktor yang Mempengaruhi Penurunan Muka Tanah..... | 10 |
| 2.2.3. Kondisi Muka Tanah DKI Jakarta | 10 |
| 2.3. Sistem Dinamik | 12 |
| 2.4.1. Pengertian Sistem Dinamik..... | 12 |
| 2.4.2. Pemodelan Sistem | 13 |
| 2.4.3. Perangkat Lunak Pemodelan Sistem Dinamik..... | 14 |
| 2.4.4. <i>Causal Loop Diagram</i> | 15 |
| 2.4.5. <i>Stock Flow Diagram</i> | 16 |
| 2.4. Penelitian Terdahulu..... | 17 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 20 |

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 3.1. | Diagram Alir Penelitian..... | 20 |
| 3.2. | Tahapan Pelaksanaan..... | 20 |
| 3.2.1. | Studi Literatur | 20 |
| 3.2.2. | Pengumpulan Data | 21 |
| 3.2.3. | Perumusan dan Pendefinisian Sistem..... | 21 |
| 3.2.4. | Pembuatan <i>Causal Loop Diagram</i> | 21 |
| 3.2.5. | Pembuatan <i>Stock Flow Diagram</i> | 22 |
| 3.2.6. | Verifikasi dan Validasi Sistem..... | 22 |
| 3.2.7. | Analisis Hasil | 22 |
| 3.2.8. | Skenario Model | 22 |
| 3.2.9. | Pembuatan Laporan Tugas Akhir..... | 23 |
| BAB IV | HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 24 |
| 4. 1. | Identifikasi Sistem..... | 24 |
| 4. 2. | Pengumpulan Data..... | 26 |
| 4. 3. | Pembuatan Model Sistem Dinamik..... | 27 |
| 4.3.1. | <i>Causal Loop Diagram</i> | 27 |
| 4.3.2. | <i>Stock and Flow Diagram</i> | 30 |
| 4. 4. | Simulasi | 33 |
| 4.4.1. | Verifikasi Model | 33 |
| 4.4.2. | Simulasi Model Dasar | 34 |
| 4.4.3. | Validasi Model..... | 36 |
| 4. 5. | Pengembangan Skenario | 37 |
| BAB V | KESIMPULAN DAN SARAN | 41 |
| 5.1. | Kesimpulan..... | 41 |
| 5.2. | Saran..... | 41 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 42 |
| | LAMPIRAN..... | 45 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1. Pembagian DAS sungai yang mengalir ke kawasan Jakarta..... | 7 |
| Gambar 2.2. Peta penurunan muka tanah DKI Jakarta Tahun 2016..... | 11 |
| Gambar 2.3. Elemen-elemen Diagram Alir pada Versim | 14 |
| Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian | 20 |
| Gambar 4. 1. <i>Causal Loop Diagram</i> Penurunan Muka Tanah | 28 |
| Gambar 4. 2. <i>Stock and Flow Diagram</i> | 30 |
| Gambar 4. 3. Verifikasi <i>Dialog Box</i> | 34 |
| Gambar 4. 4. <i>Model Setting</i> | 34 |
| Gambar 4. 5. Hasil Simulasi Variabel Nilai Penurunan Muka Tanah | 35 |
| Gambar 4. 6. Hasil Simulasi Air Tanah Keluar Dengan Skenario Kebijakan <i>Work From Home (WFH)</i> | 38 |
| Gambar 4. 7. Hasil Simulasi Muka Tanah Dengan Skenario Kebijakan <i>Work From Home (WFH)</i> | 39 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1. Perubahan Pola Pemakaian Air Masyarakat di Masa Pandemi COVID-19 (2020) | 9 |
| Tabel 2.2. Nilai Penurunan Muka Tanah DKI Jakarta di Tahun 2017 | 11 |
| Tabel 2.3. Penelitian Terdahulu | 17 |
| Tabel 4. 1. Variabel Dalam Sistem Penurunan Muka Tanah..... | 24 |
| Tabel 4. 2. Pengumpulan Data | 26 |
| Tabel 4. 3. Formulasi Model | 31 |
| Tabel 4. 4. Perubahan Formulasi Pada Skenario Kebijakan <i>Work From Home</i> (WFH) | 37 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1 Hasil Simulasi Muka Tanah Sebelum dan Saat Pandemi Covid-19.. | 45 |
| Lampiran 2 Hasil Simulasi Air Tanah Keluar Dengan Skenario Kebijakan <i>Work From Home</i> (WFH)..... | 47 |
| Lampiran 3 Hasil Simulasi Muka Tanah Dengan Skenario Kebijakan <i>Work From Home</i> (WFH)..... | 49 |