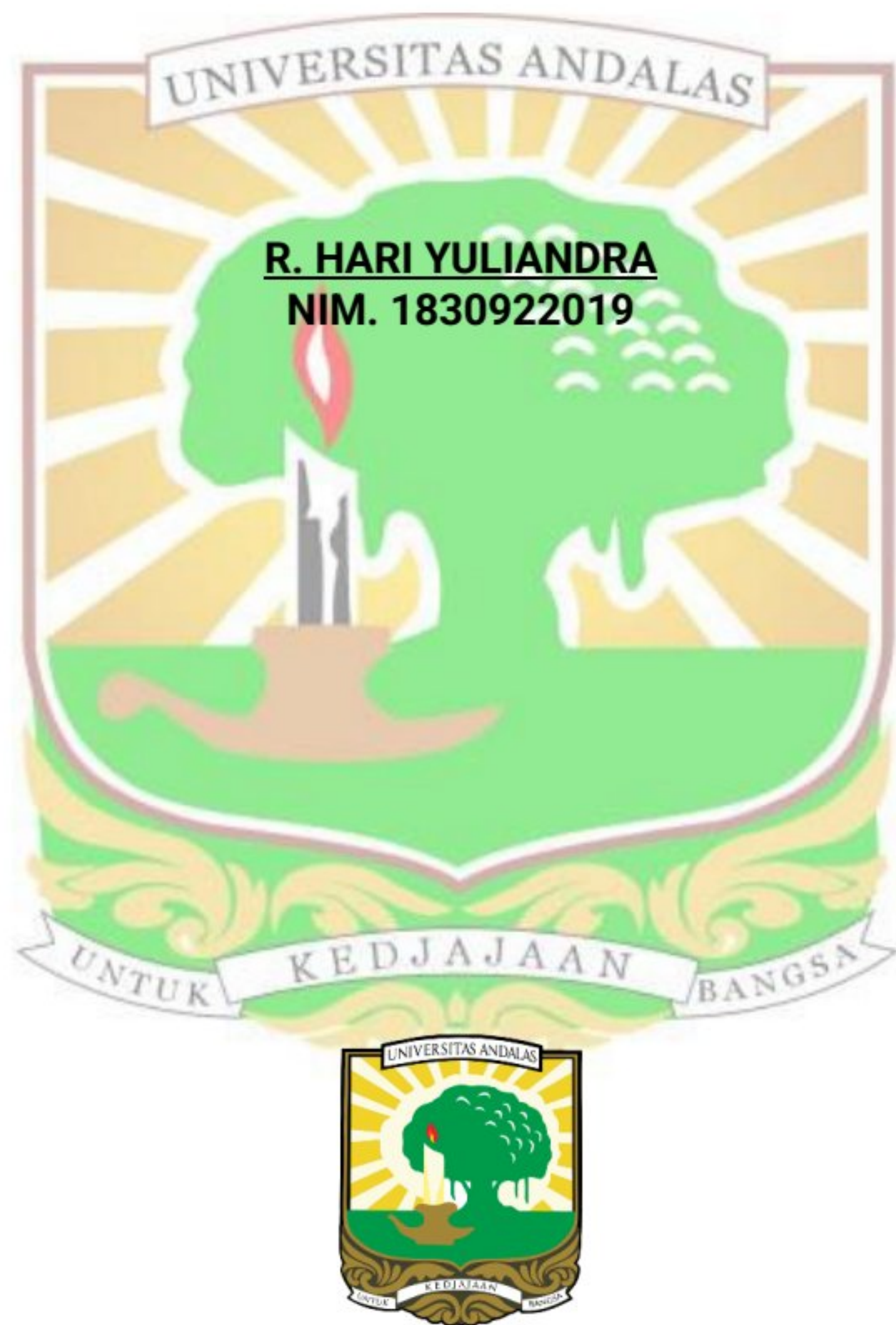


**PENGEMBANGAN VARIABEL RESILIENSI
SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM TERHADAP
DAMPAK BANJIR MENGGUNAKAN *FUZZY DELPHI METHOD***

DISERTASI



**PROGRAM STUDI DOKTOR TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
2025**

**PENGEMBANGAN VARIABEL RESILIENSI
SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM TERHADAP
DAMPAK BANJIR MENGGUNAKAN *FUZZY DELPHI METHOD***

DISERTASI



Oleh:

R. HARI YULIANDRA
NIM. 1830922019

Promotor:

Dr. Ir. NURHAMIDAH, S.T., M.T., M.Eng, Sc.
Prof. Dr. PUTI SRI KOMALA, M.T.
Prof. VERA SURTIA BACHTIAR, Ph. D.

**PROGRAM STUDI DOKTOR TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
2025**

**PENGEMBANGAN VARIABEL RESILIENSI
SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM TERHADAP
DAMPAK BANJIR MENGGUNAKAN *FUZZY DELPHI METHOD***

R. HARI YULIANDRA
NIM. 1830922019

DISERTASI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Program Strata-3 pada Program Studi Doktor Teknik Sipil,
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas



**PROGRAM STUDI DOKTOR TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
2025**



Persetujuan Komisi Pembimbing
Program Studi Doktor Teknik Sipil
Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Andalas

**PENGEMBANGAN VARIABEL RESILIENSI
SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM TERHADAP
DAMPAK BANJIR MENGGUNAKAN FUZZY DELPHI METHOD**

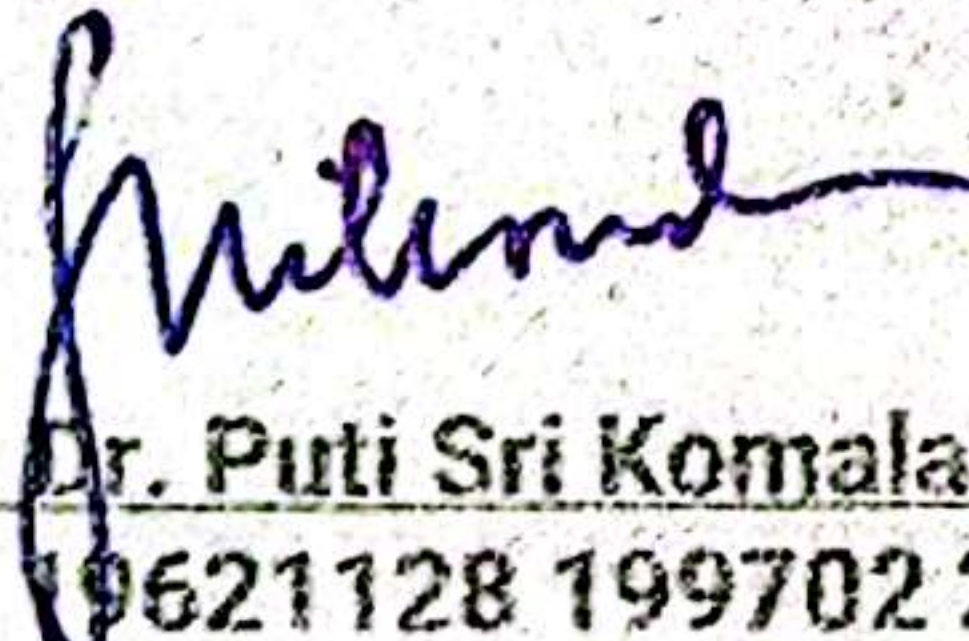


R. HARI YULIANDRA
NIM. 1830922019

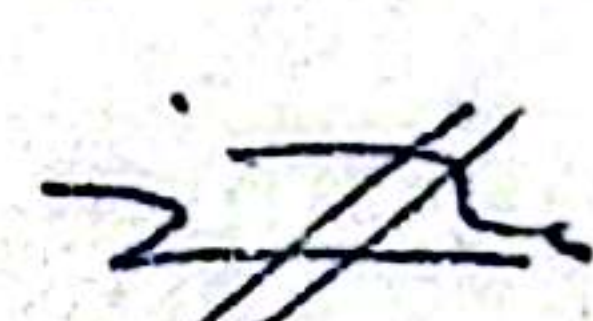
Promotor:


Dr. Ir. Nurhamidah, S.T., M.T., M.Eng.Sc.
NIP. 19710912 200604 2 002

Ko-Promotor 1:


Prof. Dr. Puti Sri Komala, M.T.
NIP. 19621128 199702 2 001

Ko-Promotor 2:


Prof. Vera Surtia Bachtiar, Ph. D.
NIP. 19710808 199903 2 002



Diketahui,
Departemen Teknik Sipil,


Dr. Saiful Haris Hq, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19761001 200012 1 003

Pengesahan Komisi Penguji

Program Studi Doktor Teknik Sipil
Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Andalas

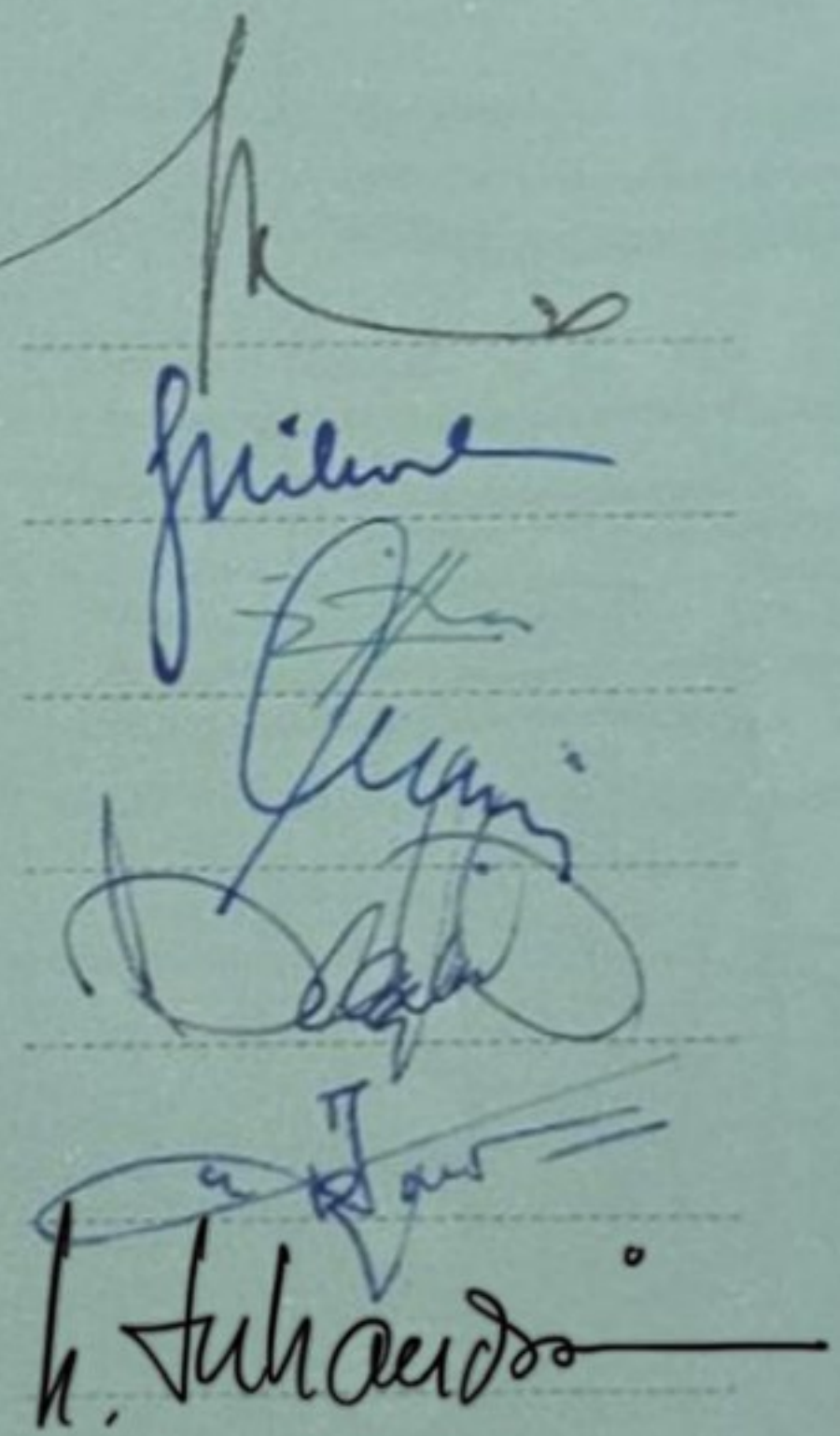
PENGEMBANGAN VARIABEL RESILIENSI
SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM TERHADAP
DAMPAK BANJIR MENGGUNAKAN FUZZY DELPHI METHOD

R. HARI YULIANDRA
NIM. 1830922019

Disertasi ini telah diuji dan dipertahankan didepan komisi penguji pada hari
Selasa tanggal 29 Juli tahun 2025 dengan hasil Amat Memuaskan.

Komisi Penguji:

- 1 Dr. Ir. Nurhamidah, S.T., M.T., M.Eng.Sc.
- 2 Prof. Dr. Puti Sri Komala, M.T.
- 3 Prof. Vera Surtia Bachtiar, Ph. D.
- 4 Prof. Dr. Eng. Ir. Febrin Anas Ismail, M.T.
- 5 Prof. Dr. Eng. Denny Helard, S.T., M.T.
- 6 Dr. Ir. Darwizal Daoed, M.S.
- 7 Ir. Ts. Dr.-Ing. Hendy Fitriani Suhandri



Penghargaan

Alhamdulillah rabbil 'alamin.

Segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan studi pada Program Doktor Teknik Sipil Universitas Andalas. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW.

Pada kesempatan ini, izinkan saya menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. Ir. Sabril Haris HG, S.T., M.T., Ph.D., sebagai Ketua Departemen Teknik Sipil Universitas Andalas
2. Dr. Ir. Nurhamidah, S.T., M.T., M.Eng.Sc., sebagai Promotor
3. Prof. Dr. Puti Sri Komala, M.T., Ko-Promotor 1
4. Prof. Vera Surtia Bachtiar, Ph. D., Ko-Promotor 2
5. Prof. Dr. Eng. Ir. Febrin Anas Ismail, M.T., sebagai penguji internal
6. Prof. Dr. Eng. Denny Helard, S.T., M.T., sebagai penguji internal
7. Dr. Ir. Darwizal Daoed, M.S., sebagai penguji internal
8. Ir. Ts. Dr.-Ing. Hendy Fitriani Suhandri, sebagai penguji eksternal.

Disertasi ini saya dedikasikan untuk kedua orang tua saya sebagai pengabdian atas jasa mereka dan kepada mertua atas teladan hidupnya. Kepada suami tercinta, Reski Wahyudi, terima kasih atas segala kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang tak ternilai. Teristimewa, disertasi ini saya tujukan untuk anak-anak saya tersayang: Hanif Firas Ismail, Najwa Aisha Ismail, Fahri Ihsan Ismail, dan Fathan Faiz Ismail. Tanpa mereka, tidak mungkin rasanya saya mampu melewati hari-hari penuh tantangan dalam menyelesaikan fase ini. Ucapan terimakasih juga saya sampaikan untuk adik-adik saya R. A. Rio Putri dan R. H. Angga Wijaya serta seluruh keluarga besar kami.

Kepada Para narasumber yang bersedia meluangkan waktu hanya Allah SWT yang membalas kebaikan Bapak/Ibu semua. Tanpa kebaikan hati mereka, tidaklah mungkin saya menyelesaikan disertasi ini. Terakhir, Saya ingin mengungkapkan terima kasih kepada semua pihak atas dorongan dan semangat yang saya terima selama ini. Dukungan (apa pun bentuknya, saya sangat bersyukur) mereka telah memberikan saya inspirasi dan motivasi untuk terus maju meskipun menghadapi berbagai tantangan.



Riwayat Hidup

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 002 Cinta Raja, Pekanbaru dan lulus pada tahun 1995. Kemudian ia melanjutkan pendidikan menengah pertama di SLTP Negeri 14 Pekanbaru dan selesai pada tahun 1998. Pendidikan menengah atas diselesaikan di SMU Negeri 8 Pekanbaru pada tahun 2001.

Pada tahun 2004, penulis meraih gelar Sarjana Teknik (ST) dari Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas Padang. Selanjutnya, gelar Magister Teknik (MT) diperoleh pada tahun 2010 melalui Program Studi Magister Teknik Lingkungan di Institut Teknologi Bandung dengan Bidang studi Manajemen Lingkungan.

Dalam perjalanan karier, penulis pernah bekerja sebagai Pelaksana teknis pada Dinas Lingkungan Hidup, di Provinsi Riau sejak tahun 2009. Kemudian pada tahun 2013 hingga sekarang, penulis berkarier sebagai Aparatur Sipil Negara di Kementerian Pekerjaan Umum berbagai Fungsional Ahli Madya hingga sekarang.

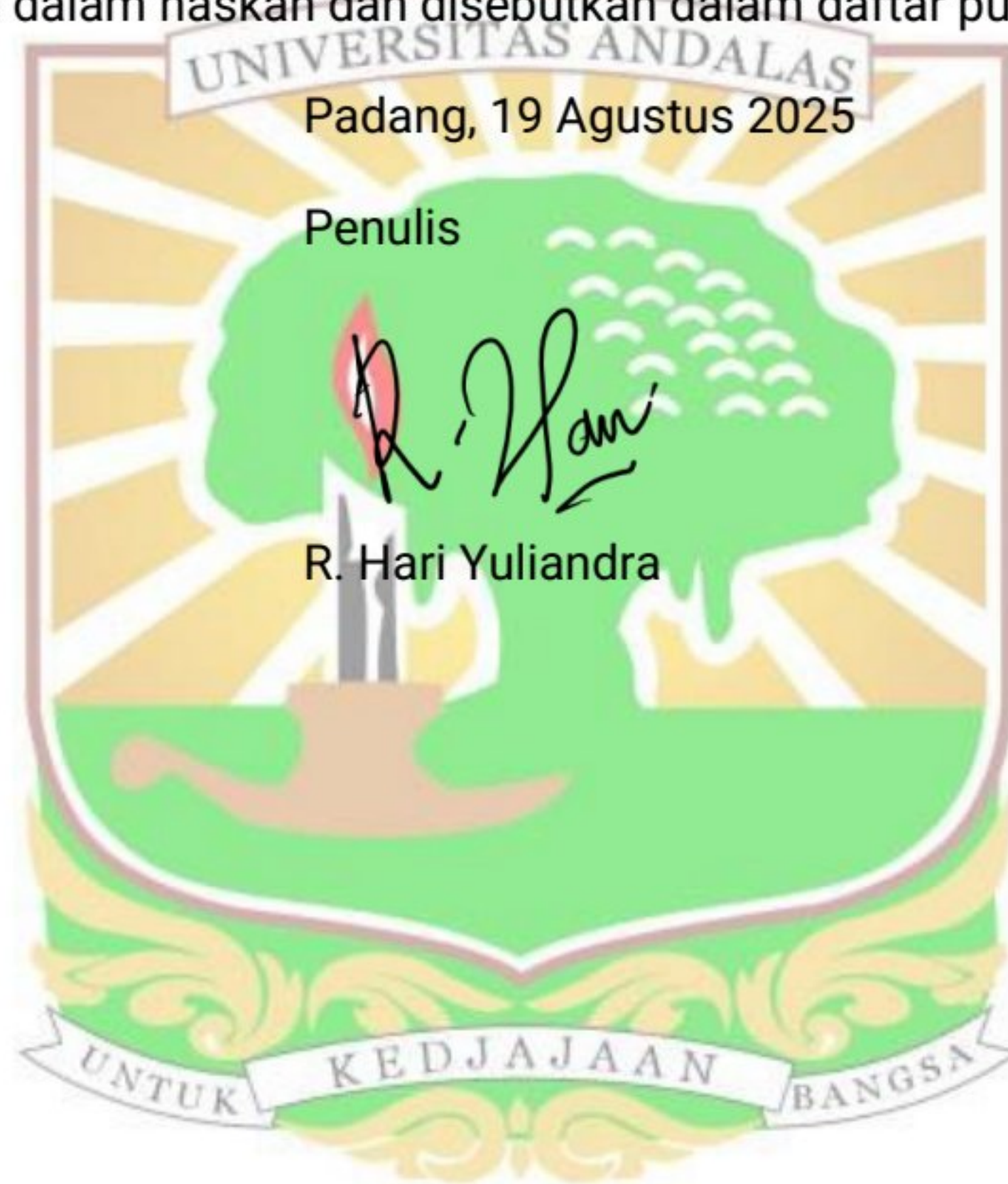
Padang, 19 Agustus 2025

R. Hari Yuliandra



Pernyataan Keaslian

Dengan ini saya, nama: R. Hari Yuliandra yang beralamat di Perumahan Alam Permai Blok F 18 Kota Padang menyatakan bahwa dalam Disertasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dicantumkan dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.



ABSTRAK

Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) perkotaan merupakan infrastruktur kritis yang beroperasi pada lingkungan volatile, uncertain, complex, dan ambiguous (VUCA), dengan salah satu ancaman utamanya adalah banjir. Saat ini belum terdapat kerangka konseptual resiliensi SPAM yang dikembangkan berdasarkan kondisi lokal, seperti rendahnya fiskal daerah dan tingginya risiko banjir. Penelitian sebelumnya lebih berfokus pada pendekatan hard resilience (struktural) dari dimensi teknis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan membangun kerangka konseptual dan variabel resiliensi SPAM terhadap dampak banjir dalam konteks lokal. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dan semi-kuantitatif berbasis elisitasi pakar dalam empat tahap: (1) analisis konsep dengan model hibrida Schwartz-Barcott dan Kim menghasilkan kerangka konseptual dan variabel hipotesis, (2) validasi konten terhadap kerangka konseptual dan variabel hipotesis menggunakan Fuzzy delphi method (FDM) dan tematik analisis (3) penyempurnaan kerangka konseptual dan variabel dengan model hibrida Schwartz-Barcott dan Kim, dan (4) penyaringan variabel melalui FDM. FDM dipilih karena kemampuannya menghasilkan konsensus yang kuat dengan panel pakar yang kecil, efisiensi waktu dan biaya, serta kemampuannya menginterpretasikan perbedaan halus penilaian pakar yang sering terlewatkan oleh statistik konvensional. Penelitian ini berhasil membangun kerangka konseptual resiliensi SPAM berdasarkan urutan waktu selama siklus penanggulangan bencana yang terdiri dari tiga properti: (1) properti kekokohan memberikan kapasitas bertahan, menyerap, beradaptasi terhadap dampak saat sebelum dan selama bencana, (2) properti kemampuan pemulihan memberikan kapasitas pulih lebih cepat setelah terjadi bencana, dan (3) properti pembelajaran memberikan kapasitas transformasi dalam menghadapi siklus bencana banjir di masa mendatang. Penelitian ini memberi kontribusi penting dengan menunjukkan bahwa (1) dimensi pemerintahan menjadi faktor penting dalam meningkatkan kapasitas pemulihan dan transformasi, (2) indikator dengan pendekatan soft resilience seperti kapasitas koordinasi pemerintah, akses pembiayaan cepat, transformasi pembiayaan penanggulangan bencana, kemampuan pemerintah untuk memahami konteks lokal, dan kemauan politik pemerintah daerah, sebagai indikator yang signifikan, relevan, dan bermanfaat dalam meningkatkan resiliensi SPAM terhadap banjir dalam konteks daerah dengan fiskal terbatas serta pemisahan peran regulator dan operator dalam penyelenggaraan SPAM. Penelitian ini menekankan pentingnya keterlibatan berbagai pemangku kepentingan dalam proses trade-off prioritas kebijakan resiliensi SPAM, dengan strategi yang disesuaikan pada konteks lokal seperti kapasitas fiskal, tingkat kerentanan bencana, dan model pengelolaan SPAM. Ke depan, diperlukan pengembangan instrumen pengukuran yang mempertimbangkan persepsi risiko antara kelompok pemangku kepentingan.

Kata kunci: *SPAM Perkotaan, Analisis konsep, model hibrida Schwartz-Barcott dan Kim, Tematik analisis, Properti dan Indikator resiliensi, Soft Resilience*



ABSTRACT

Urban Water Supply Systems (WSS) are critical infrastructures that operate within a volatile, uncertain, complex, and ambiguous (VUCA) environment, with floods being one of the predominant threat. Currently, there exists no conceptual framework for WSS resilience has been developed based on local conditions, such as restricted regional fiscal capacity and high flood risks. Previous studies have largely focused on hard resilience (structural) approaches within the technical dimension. Therefore, this study aims to construct a conceptual framework and resilience variables for WSS against flood impacts within a local context. The methodology employed a qualitative and semi-quantitative approach based on expert elicitation in four stages: (1) concept analysis using the hybrid Schwartz-Barcott and Kim model to generate a conceptual framework and hypothetical variables, (2) content validation of the conceptual framework and hypothetical variables using the Fuzzy Delphi Method (FDM) and thematic analysis, (3) refinement of the conceptual framework and variables through the hybrid Schwartz-Barcott and Kim model, and (4) variable screening using FDM. FDM was selected due to its ability to achieve strong consensus with a small expert panel, its efficiency in terms of time and cost, and its capacity to capture subtle differences in expert judgments that are often overlooked by conventional statistical methods. This study successfully developed a conceptual framework of WSS resilience based on the disaster management cycle, comprising three properties: (1) robustness, which provides the capacity to withstand, absorb, and adapt to impacts before and during a disaster; (2) recoverability, which enables faster restoration after a disaster; and (3) learning, which allows for transformation in facing future flood disaster cycles. The findings highlight key contributions: (1) governance dimension emerges as a crucial factor in enhancing recovery and transformation capacities, and (2) soft resilience indicators, such as government coordination capacity, rapid access to financing, disaster financing transformation, government's ability to understand local contexts, and political will of local governments, are identified as significant, relevant, and useful in strengthening WSS resilience against floods in regions with limited fiscal capacity, alongside the clear separation of regulator and operator roles in WSS management. This research underscores the importance of involving multiple stakeholders in the trade-off process of WSS resilience policy priorities, with context-specific strategies, including fiscal capacity, disaster vulnerability levels, and WSS governance models. Moving forward, the development of measurement instruments that incorporate risk perceptions among different stakeholder groups is necessary.

Keywords: *Urban Water Supply Systems (WSS), hybrid Schwartz-Barcott and Kim model, thematic analysis, Properties and Indicators of Resilience, Soft Resilience.*



KATA PENGANTAR

Disertasi dengan judul “Pengembangan Variabel Resiliensi Sistem Penyediaan Air Minum terhadap Dampak Banjir Menggunakan *Fuzzy Delphi Method*” ini merupakan sebuah studi mengenai penggunaan elisitasi pakar interdisiplin ilmu melalui *Fuzzy Delphi Method* (FDM) untuk membangun kerangka konseptual dan variabel resiliensi Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) terhadap dampak banjir. Variabel yang dimaksud dalam penelitian adalah properti, sub-properti, dan indikator resiliensi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan kerangka kerja konseptual dan merekomendasikan properti, sub-properti, dan indikator-indikator kunci yang signifikan, relevan, dan bermanfaat untuk meningkatkan resiliensi SPAM terhadap dampak banjir di Provinsi Sumatera Barat.

Penelitian ini, secara umum, mengadopsi pendekatan *Design and development research (DDR)* melalui metode kualitatif dan semi-kuantitatif. Metode analisis konsep *Schwartz-barcott and kim's hybrid model* digunakan dalam membangun kerangka konseptual resiliensi. Kemudian, validasi konten terhadap variabel hipotesis dan pengayaan variabel menggunakan metode *Fuzzy Delphi Method* (FDM) dan *Thematic Analysis Method*. Akhirnya, penentuan variabel prioritas dilakukan melalui *Fuzzy Delphi Method* (FDM). Penelitian ini menawarkan kerangka konseptual dan variabel resiliensi SPAM bagi pengambil keputusan agar semua program pembangunan infrastruktur SPAM memadukan kebijakan, perencanaan, pendanaan, implementasi, dan evaluasi berbasis konsep resiliensi terhadap bencana, khususnya banjir. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pencapaian Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2045 untuk akses air minum aman 100% tahun 2045 dan target SDGs untuk akses air minum layak tahun 2030.