UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Studi Komparatif dan Optimalisasi Pelapisan Hybrid Nanocomposite Epoksi/PTFE/CNT terhadap Anti-Silica Scaling pada Aplikasi Perpipaan Panas Bumi
Yurian Ariandi Andrameda, Prof. Dr. Ir. Kusmono, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. ; Dr. Ir. Khasani, ST, M.Eng, IPM., A
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL **i**
LEMBAR PENGESAHAN **ii**
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI **iv**
KATA PENGANTAR **v**
DAFTAR ISI **vii**
DAFTAR GAMBAR **x**
DAFTAR TABEL **xiii**
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN **xv**
DAFTAR LAMPIRAN **xviii**
INTISARI **xix**
ABSTRACT **xx**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 4
1.4. Asumsi dan Batasan Masalah 4
1.5. Manfaat Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1. Material *Coating* berbasis Epoksi 7
2.2. Teknologi *Coating Anti-Silica Scaling* Panas Bumi 15
2.3. *Research Gap* 20
BAB III LANDASAN TEORI **25**
3.1. Panas Bumi 25
3.2. *Fouling* 26
3.2.1. *Fouling* pada Perpipaan Panas Bumi 26
3.2.2. *Scaling* pada Perpipaan Panas Bumi 28
3.2.3. Korosi pada Perpipaan Panas Bumi 31
3.3. Baja 32
3.3.1. Jenis Baja 33
3.4. Resin Epoksi dan *Hardener* 33

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Studi Komparatif dan Optimalisasi Pelapisan Hybrid Nanocomposite Epoksi/PTFE/CNT terhadap Anti-Silica Scaling pada Aplikasi Perpipaan Panas Bumi
Yurian Ariandi Andrameda, Prof. Dr. Ir. Kusmono, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. ; Dr. Ir. Khasani, ST, M.Eng, IPM., A
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.4.1. Resin *Bisphenol A* 34
3.4.2. *Hardener Cycloaliphatic Amine* 34
3.5. *Polytetrafluoroethylene* (PTFE) 35
3.6. *Carbon Nanotube* (CNT) 36
3.7. Komposit 37
3.7.1. Klasifikasi Komposit 38
3.7.2. Faktor yang Mempengaruhi Sifat Komposit 39
3.7.3. Nano Komposit 40
3.8. Pelapisan (*Coating*) 41
3.8.1. Pelapisan Sol-Gel 42
3.8.2. Metode Pelapisan Sol-Gel 42
3.9. Pengujian *Wettability* 44
3.10. *Adhesion Pull off Test* 46
3.11. Pengukuran Ketebalan *Coating* 46
3.12. Pengukuran Kekasaran Permukaan 47
3.13. Pengujian Kekerasan Shore D *Hardness* 48
3.14. Karakterisasi X-ray Diffraction (XRD) 49
3.15. Karakterisasi *Fourier-Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy* 50
3.16. Karakterisasi SEM dan EDS 51
3.17. Karakterisasi TGA-DSC 53
3.18. Karakterisasi *ICP-OES* 54
3.19. Pengujian *Corrosion Rate* 55
BAB IV METODE PENELITIAN **58**
4.1. Alat dan Bahan Penelitian 58
4.1.1 Bahan Penelitian 58
4.1.2 Alat Penelitian 60
4.2. Diagram Alir Penelitian 62
4.2.1. Desain Eksperimen 63
4.2.2. Proses *Surface Etching* PTFE 64
4.2.3. Proses Preparasi Substrat Baja 66
4.2.4. Proses Preparasi Larutan *Coating* Nanokomposit 66

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Studi Komparatif dan Optimalisasi Pelapisan Hybrid Nanocomposite Epoksi/PTFE/CNT terhadap Anti-Silica Scaling pada Aplikasi Perpipaan Panas Bumi
Yurian Ariandi Andrameda, Prof. Dr. Ir. Kusmono, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. ; Dr. Ir. Khasani, ST, M.Eng, IPM., A
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2.5. Proses Metode *Coating* dan Pengeringan 68
4.2.6. Karakterisasi dan Pengujian 70
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 82
5.1 Pengujian Optimalisasi Statistik 82
5.1.1 Pengujian *Wettability* 82
5.1.2 Pengujian Kekasaran Permukaan 86
5.1.3 Pengujian *Pull Off Test* 91
5.1.4 Pengujian Kekerasan Shore D 96
5.1.5 Pengujian Densitas *Coating* 100
5.1.6 Optimalisai 101
5.2 Karakterisasi Validasi 104
5.2.1 Karakterisasi XRD 104
5.2.2 Karakterisasi FT-IR 108
5.2.3 Karakterisasi FE-SEM dan EDX 110
5.2.4 Pengujian TGA-DSC 113
5.2.5 Pengujian *Corrosion* 118
5.3 Pengujian Silika Scaling Rate Dan Analisa Pendamping 123
5.3.1 Pengujian ICP-OES dan Properti *Brine Water* 123
5.3.2 Pengujian Endapan *Silica Scaling* 125
5.3.3 Pengujian *Silica Scaling Rate* 126
BAB VI PENUTUP 131
6.1 Kesimpulan 131
6.2 Saran 132
DAFTAR PUSTAKA 133
LAMPIRAN 148