

KAKISAN

DALAM PERSEKITARAN MASAM

MAZLAN SHAH
NORINSAN KAMIL OTHMAN
NAJMIDDIN YAAKOB
RABIAHTUL ZULKAFLI

PENERBIT UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI • 2024
www.ukm.my/penerbit

Cetakan Pertama / *First Printing*, 2024
Hak Cipta / *Copyright* Universiti Kebangsaan Malaysia, 2024

Hak cipta terpelihara. Tiada bahagian daripada terbitan ini boleh diterbitkan semula, disimpan untuk pengeluaran atau ditukarkan ke dalam sebarang bentuk atau dengan sebarang alat juga pun, sama ada dengan cara elektronik, gambar serta rakaman dan sebagainya tanpa kebenaran bertulis daripada Penerbit UKM terlebih dahulu.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from Penerbit UKM.

Diterbitkan di Malaysia oleh / *Published in Malaysia by*
PENERBIT UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, MALAYSIA
www.ukm.my/penerbit
e-mel: penerbit@ukm.edu.my

Penerbit UKM adalah anggota / *is a member of the*
MAJLIS PENERBITAN ILMIAH MALAYSIA /
MALAYSIAN SCHOLARLY PUBLISHING COUNCIL
PERSATUAN PENERBIT BUKU MALAYSIA /
MALAYSIAN BOOK PUBLISHERS ASSOCIATION
No. Ahli / *Membership No.* 198302

Atur huruf oleh / *Typeset by*
PENERBIT UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, MALAYSIA

Dicetak di Malaysia oleh / *Printed in Malaysia by*
Pewaris Gemilang Sdn. Bhd.
No. 27G, Jalan Putra 8,
Taman Kajang Putra, 43000 Kajang, Selangor.



Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan
Perpustakaan Negara Malaysia
Rekod katalog untuk buku ini boleh didapati
dari Perpustakaan Negara Malaysia
ISBN 978-629-486-119-0

Kandungan

Senarai Jadual & Rajah ... 7

Senarai Singkatan ... 15

Senarai Simbol ... 17

Prakata ... 19

BAB 1 Pendedahan tentang Kakisan dalam Persekitaran Masam ... 21

BAB 2 Kakisan Manis (Karbon Dioksida) dan Kakisan Masam
(Hidrogen Sulfida) ... 49

BAB 3 Pendedahan Keluli dalam Persekitaran Masam ... 84

BAB 4 Kesan Tekanan Separa Gas Hidrogen Sulfida ... 113

BAB 5 Tingkah Laku Kakisan Tahan Karat Dupleks 2205 pada
Tekanan Separa Gas Hidrogen Sulfida yang Berbeza ... 155

BAB 6 Perbandingan Tingkah Laku Kakisan Keluli Tahan Karat
Austenitik 316L dan Dupleks 2205 pada Tekanan Separa Gas
Hidrogen Sulfida yang Berbeza ... 191

Rujukan ... 231

Indeks ... 247

Prakata

Syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT dengan izin-Nya, buku ini dapat disiapkan sepenuhnya. Penulisan buku ini adalah untuk berkongsi hasil penyelidikan mengenai *Kakisan dalam Persekitaran Masam*. Naskah ini telah ditulis semula dalam bentuk buku yang mana hasil asalnya adalah dalam bentuk tesis penyelidikan bertajuk *Tingkah Laku Kakisan Keluli Tahan Karat Austenitik 316L dan Dupleks 2205 terhadap Tekanan Separa Gas H_2S dalam Larutan-A Nace* pada tahun 2021. Gaya penulisan telah diubah dan beberapa topik penting telah dipilih supaya ia lebih mudah difahami dan dihadap oleh masyarakat diluar sana. Sebahagian daripada peruntukan penyelidikan bagi tujuan penulisan buku ini dibiayai oleh geran DIP2018-032 dan ST-2018-015.

Melalui Bab 1 hingga Bab 3, penulis membincangkan pendedahan mengenai kakisan dalam persekitaran masam serta penerokaan minyak di persekitaran marin. Penulis turut memberi gambaran awal berkaitan kakisan manis (karbon dioksida) dan kakisan masam (hidrogen sulfida) yang merupakan faktor penyumbang terbesar dalam kerosakan atau kemusnahan sistem pempaipen penghantaran minyak dan gas terutamanya pada bahagian takungan minyak dan gas mentah yang mempunyai kandungan hidrogen sulfida di persekitarannya. Pembaca seterusnya dibawa ke Bab 4 hingga Bab 6 mengenai tatacara penyediaan uji kaji bagi mengkaji kesan tekanan separa gas hidrogen sulfida terhadap besi tahan karat dupleks 2205 dan austenitik 316L yang kebiasaan digunakan dalam sistem pempaipen penghantaran minyak dan gas dari pelantar minyak. Bab ini cuba membawa pembaca memahami secara saintifik berkenaan tingkah laku kakisan tahan karat dupleks 2205 dan juga keluli tahan karat austenitik 316L pada tekanan separa gas hidrogen sulfida yang berbeza.

Sehubungan dengan itu, jutaan terima kasih kami tujukan kepada pelbagai pihak yang banyak membantu dalam penerbitan buku ini. Setinggi-tinggi penghargaan buat semua yang terlibat dalam penghasilan karya ini. Segala tunjuk ajar dan ilmu yang telah dicurahkan kepada kami sepanjang penghasilan buku ini amatlah saya hargai. Penghargaan seterusnya ditujukan khas buat Dr. Muhammad Taqiyuddin Mawardi Ayob yang banyak memberikan input dan idea serta cadangan yang

berguna dalam penyediaan naskah ini. Terima kasih yang tidak terhingga buat saudara Muniswaren a/l L. Nedunjelian kerana membantu untuk menyunting naskah ini. Ucapan terima kasih kepada kakitangan sokongan dan pembantu-pembantu makmal yang memberi kerjasama semasa menyiapkan kerja makmal di makmal kolaborasi DNV@UKM, makmal kakistan di Jabatan Fizik Gunaan dan sepanjang melakukan pencirian di Pusat Penyelidikan dan Instrumentasi (CRIM UKM).

Akhir sekali, ingin saya hargai Penerbit UKM yang telah bekerjasama bagi menerbitkan buku ini dengan jayanya. Tidak dilupakan rakan-rakan dan ahli keluarga yang tanpa jemu menyuntik semangat dan dorongan sepanjang proses penulisan buku ini. Akhir kata, kami berharap agar buku ini boleh menjadi ilmu yang bermanfaat kepada para pembaca dan mendatangkan faedah dalam bidang penyelidikan dan menjadi rujukan bagi jurutera serta teknologis dalam bidang mitigasi dan pengawalan kakistan untuk industri petroleum dan gas.

Mazlan Shah

Norinsan Kamil Othman

Najmiddin Yaakob

Rabiahtul Zulkafti