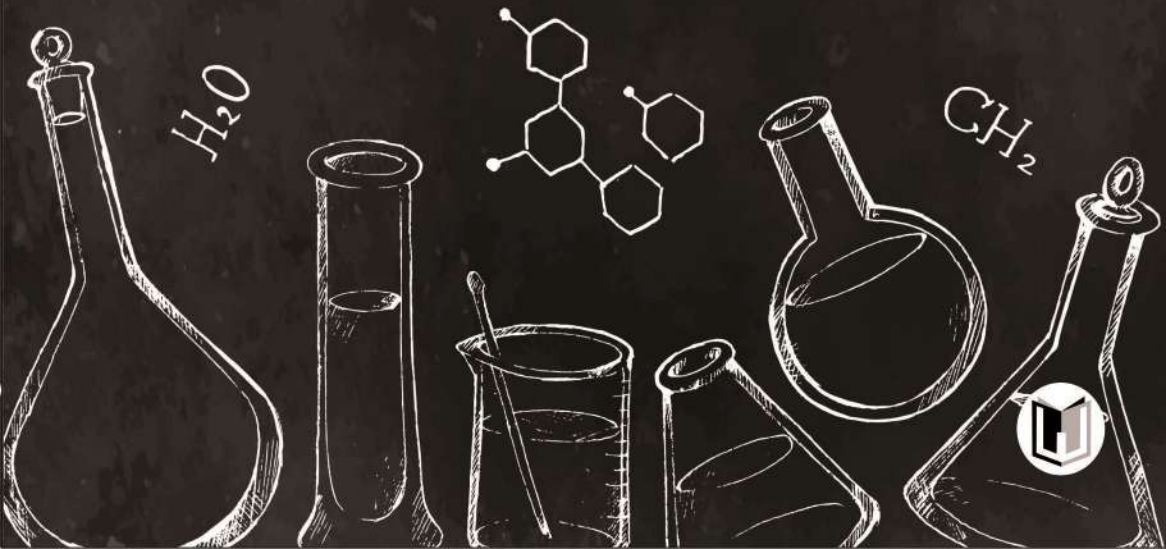


Kimia Material

Prof. Dr. Novesar Jamarun, M.S.



Kimia Material

Prof. Dr. Novesar Jamarun, M.S.



KIMIA MATERIAL

Penulis:

Novesar Jamarun

Desain Cover:

Fawwaz Abyan

Tata Letak:

Handarini Rohana

Editor:

N. Rismawati

ISBN:

978-623-459-362-4

Cetakan Pertama:

Februari, 2023

Hak Cipta 2023, Pada Penulis

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

Copyright © 2023

by Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung

All Right Reserved

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:

WIDINA BHAKTI PERSADA BANDUNG

(Grup CV. Widina Media Utama)

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 360/JBA/2020

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: [@penerbitwidina](https://www.instagram.com/penerbitwidina)

Telpon (022) 87355370

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah, Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku ajar. Tak lupa juga mengucapkan salawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, karena berkat beliau, kita mampu keluar dari kegelapan menuju jalan yang lebih terang.

Kami ucapkan rasa terima kasih kami kepada pihak-pihak yang mendukung lancarnya buku ajar ini mulai dari proses penulisan hingga proses cetak, rekan-rekan, penerbit, dan masih banyak lagi yang tidak bisa kami sebutkan satu per satu.

Adapun, buku ajar kami yang berjudul “Kimia Material” ini telah selesai kami buat secara maksimal dan sebaik mungkin agar menjadi manfaat bagi pembaca yang membutuhkan informasi dan pengetahuan tentang Material.

Kami sadar, bahwa buku ajar ini masih jauh dari sempurna, kami mohon agar pembaca memberi kritik dan saran terhadap buku ajar Kimia Material ini, agar kami dapat meningkatkan kualitas buku ini secara terus menerus.

Demikian buku ajar ini kami buat, dengan harapan agar pembaca dapat memahami informasi dan juga mendapatkan wawasan mengenai Kimia Material serta dapat bermanfaat bagi masyarakat dalam arti luas.

Terima kasih.

Padang, Februari 2023

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB 1 PENDAHULUAN MATERIAL SAINS TERAPAN	1
A. Pengelompokan Material	1
B. Aplikasi Struktural	4
C. Aplikasi Elektronik	8
D. Aplikasi Termal	10
E. Aplikasi Elektrokimia	11
F. Aplikasi Lingkungan	14
G. Aplikasi Biomedis	15
Daftar Pustaka	15
BAB 2 ELEKTRON	17
A. Pendahuluan	17
B. Elektron	18
C. Bilangan Avogadro	18
D. Atom Rutherford	19
E. Partikel Cahaya	22
F. Partikel atau Gelombang	24
G. Percobaan Thomson	25
H. Percobaan Milikan	27
BAB 3 KERAMIK	31
A. Sejarah Prosesnya	31
1. Keramik	31
2. Alat-Alat Beratnya	32
3. Campuran-Campuran Matriks Keramik (CMCs)	33
BAB 4 KOMPOSIT	35
A. Pendahuluan	35
B. Klasifikasi Komposit	36
C. Matriks	37
D. Komposit Mikroskop	38
E. Komposit Diperkuat Sebaran	39
F. Komposit Diperkuat Partikel	40
G. Komposit Diperkuat Serabut	41
H. Komposit Makroskopik	45
BAB 5 SIFAT BAHAN	47
A. Pendahuluan	47

B. Sifat Mekanik	47
1. Kekenyalan	48
2. Plastik	49
3. Kerapuhan	49
4. Tempaan	49
5. Keliatan	49
6. Kekerasan	49
7. Fatig	49
C. Sifat Elektrik	50
1. Tahanan Jenis	50
2. Konduksi	50
D. Sifat Termal	51
1. Pengembangan Termal	51
2. Titik Lebur	52
E. Sifat Optik	53
1. Serapan	53
2. Transparan	53
3. Pantulan	54
4. Indeks Bias	54
5. Luminisensi	54
F. Sifat Magnet	55
G. Sifat Fisika dan Kimia	55
BAB 6 PENGUJIAN BAHAN	57
A. Pendahuluan	57
B. Pengujian Mekanik	57
1. Pengujian Tegangan	58
2. Pengujian Mampat	60
3. Pengujian Bengkok	61
4. Pengujian Hentaman	61
5. Pengujian Kekerasan	62
C. Ujian Tanpa Musnah	65
1. Sinar-X	65
2. Sinar-Y	66
3. Cairan Penusuk	66
4. Inframerah	66
D. Produksi dan Pemrosesan Bubuk	67
1. Biji Alami	70
2. Tepung-Tepung Sintesis	70
BAB 7 STRUKTUR ANORGANIK	73
A. Struktur Oksida Logam	73

BAB 8 STRUKTUR KERAMIK	87
A. Pendahuluan	87
B. Struktur Keramik	89
1. Faktor yang Mempengaruhi Struktur Keramik	89
2. Prediksi Struktur	90
3. Struktur <i>Rutile</i>	92
C. Struktur Kristal Komposit	93
1. Struktur <i>Perovskite</i>	93
2. Rumus Molekul <i>Spinel</i>	94
D. Struktur Keramik Kovalen	94
E. Struktur Silikat	94
BAB 9 POLIMER	97
A. Pendahuluan	97
B. Bagaimana Polimer Digambarkan?	97
C. Alasan-Alasan Untuk Tertarik dalam Polimer Anorganik	99
D. Jenis Polimer Anorganik	101
E. Karakterisasi Polimer Anorganik	102
1. Berat Molekul	102
2. Teknik Eksperimental	105
3. Kegunaan Berat Molekul	110
F. Distribusi Berat Molekul	110
1. Pentingnya	110
2. Representasi Distribusi Berat Molekul	110
G. Kritanilitas	113
1. Pentingnya	113
2. Persyaratan	114
3. Karakterisasi Kritanilitas	115
4. Metode-Metode untuk Menentukan Persen Kristanilitas	116
5. Beberapa Informasi Tambahan dari Difraksi X-Ray	118
H. Spektroskopi	120
1. Spektroskopi <i>Infrared</i> (IR) dan Ultraviolet (UV)	120
2. Spektroskopi <i>Infrared</i> (IR) dan Ultraviolet (UV)	120
3. Spektroskopi <i>Electron Paramagnetic Resonance</i> (EPR)	120
I. Sifat Mekanik	120
1. Elastisitas	121
DAFTAR PUSTAKA	123
PROFIL PENULIS	128



PENDAHULUAN

MATERIAL SAINS TERAPAN

Rekayasa material merupakan dasar teknologi, baik teknologi berkaitan dengan struktural, elektronik, termal, elektrokimia, lingkungan biomedis, atau aplikasi lainnya. Sejarah peradaban manusia berevolusi dari zaman batu sampai zaman perunggu, zaman besi, zaman baja, dan zaman ruang angkasa (sezaman dengan Era Elektronik). Setiap zaman ditandai dengan kemunculannya dari material tertentu. Zaman besi membawa alat dan peralatan. Zaman baja membawa rel dan revolusi Industri. Zaman ruang angkasa membawa material struktural (mis., material komposit) yang kuat dan ringan. Era Elektronik membawa semikonduktor bahan modern meliputi logam, polimer, keramik, semikonduktor, dan material komposit. Bab ini memberikan gambaran umum tentang kelas dan aplikasi material.

A. PENGELOMPOKAN MATERIAL

Material logam, polimer, keramik, semikonduktor, dan komposit merupakan kelas utama material. Logam (termasuk *alloy*) terdiri dari atom dan dicirikan oleh ikatan logam (yaitu, elektron valensi dari setiap atom terdelokalisasi dan dibagi di antara semua atom). Sebagian besar unsur dalam Tabel Periodik adalah logam. Contoh dari *alloy* adalah Cu-Zn (kuningan), Fe-C (baja), dan Sn-Pb (solder). *Alloy* diklasifikasikan sesuai dengan unsur mayoritas yang hadir. Kelas utama *alloy* adalah *alloy* berbasis besi untuk struktur; *alloy* berbasis tembaga untuk perpipaan, peralatan, konduksi termal, konduksi listrik, dll; dan *alloy* berbasis aluminium untuk struktur ringan dan komposit matriks logam. *Alloy* hampir selalu berbentuk polikristalin.



ELEKTRON

A. PENDAHULUAN

Sains berkaitan erat dengan pengidentifikasian susunan, dan pengenalan susunan merupakan langkah pertama dalam proses yang mengarah pada pengidentifikasian bahan penyusun yang digunakan dalam susunan tersebut. Pada akhir abad ke-19 susunan atom mulai diperhatikan dan dikenal secara luas oleh Mendeleev ketika ia membuat tabel periodik. Setelah itu mulai diperlihatkan adakah properti umum dan tipe sifat yang sama diantara atom dari elemen yang berbeda dan proses yang panjang dalam memahami struktur atomik. Seperti besi, nikel, kobalt, dan gadolinium yang memiliki properti feromagnetik, teori atom yang memuaskan diperlukan untuk menjelaskan sifat khusus tersebut. Kita harus mengetahui apa yang terjadi pada atom ketika mereka bersatu membentuk padatan.

Kita memikirkan kenapa logam keras sedangkan batu rapuh? Aturan apakah yang menentukan kekuatan suatu material dan apakah ada limit teoritis untuk kekuatan? Kenapa logam dapat menghantarkan listrik sedangkan isolator tidak? Segala pertanyaan tersebut dapat diketahui dari susunan atom. Untuk memahami atom harus diikuti dengan pemahaman bagaimana atom berinteraksi ketika mereka membentuk padatan karena ini merupakan landasan utama yang menjelaskan dasar properti material. Disini akan dibahas mengenai teori-teori modern melalui jawaban-jawaban dari pertanyaan diatas. Dimulai dari pemahaman pokok teori atom, dan teori susunan atom, teori-teori ini digabungkan untuk digunakan dalam menjelaskan properti bersangkutan diamati. Seperti pokok-pokok elektrikal, mekanikal, termal, dan properti material lainnya yang dapat digambarkan, didiskusikan, dan dijelaskan.

Untuk awal mempelajari penyusun atom, dimulai dari elektron



KERAMIK

A. SEJARAH PROSESNYA

Di dalam buku ini kita memakai istilah keramik yang termasuk dalam bahan anarobik dengan Ikatan Ion/Kovalen selain polimer. Pengertian umum ini termasuk sebagian besar dari mereka menghaturkan bumi tetapi bagian tradisional dari keramik termasuk alat-alat rumah/tradisional (tembikar, alat-alat kebersihan bak dan bak cuci piring dan alat-alat makanan), struktur hasil tanah liat (seperti pipa air selokan dan tembok), alat-alat sukar dan keramik matrik *compositer* (CMIS). Bagaimana juga karena maksud proses dari mesin-mesin yang sulit juga berbeda dari itu dari mesin-mesin pembuat keramik kita akan menganggap sulit dan keramik sebagai bahan-bahan yang tersendiri.

1. Keramik

Proses yang biasanya dari mesin-mesin keramik pada umumnya memperhatikan pembuatan dari sejumlah bubuk (campuran dari bahan-bahan mentah) dari beberapa langkah yang sulit (gambar 3.1) Dibutuhkan 1 komposisi bubuk dan dihasilkan secara murni. Bubuk yang digunakan sering berada dalam kondisi kemurnian yang tinggi yang digunakan sering berada dalam kondisi kemurnian yang tinggi dan 1 fase dengan ukuran partikel yang kecil dan didistribusikan dengan keadaan normal dan setelah tahap pembentukan komponen adalah mengandung 50% kepadatan. Bubuk yang baik digunakan pada kekuatan tenaga penggerak yang besar untuk menjadi padat, yang mana sebagian besar terjadi pembakaran dalam keadaan hidup ketika bubuk sinter dalam keadaan padat atau dengan beberapa pembentukan minyak jadi supaya terjadi penyusutan secara intensif pada bubuk yang terjadi sebanyak 50% dari volume (17 liner %). Penyusutan dan perubahan seharusnya dikontrol hati-hati supaya komponen terakhir ditutup



KOMPOSIT

A. PENDAHULUAN

Pengembangan suatu bahan yang digunakan didalam bahan *engineering* tergantung dari struktur bahan. Batasannya adalah tergantung bahan baru atau kekuatan material yang akan diuji.

Kayu mempunyai sifat keras dan liat, akan tetapi mudah terbakar. Pada suatu waktu terdahulu kayau digunakan sangat luas didalam bidang *engineering* karena mempunyai sifat yang terkemuka. Bagaimanapun ia mempunyai sifat yang buruk. Kebutuhan bahan dalam zaman modern, diharapkan bahan dapat digunakan dari satu kumpulan ke kumpulan. Sifat demikian dipunyai oleh logam, keramik dan plastik, karena mempunyai sifat anisotropik (mempunyai sifat yang sama didalam semua bentuk).

Keramik dan beberapa logam adalah sangat kuat tetapi berat. Teknologi keramik dan pembuatan gelas telah dilakukan semenjak berabad-abad. Produk utamanya telah digunakan beribu tahun yang lalu di negeri Cina. Proses keramik dan gelas secara modern adalah generasi baru material *high-performance* dari perisai hingga komponen mesin mobil.

Polimer alam seperti resin, aspal dan lignin adalah bahan yang mudah dibentuk akan tetapi mempunyai kekuatan yang rendah. Para peneliti dan pengguna masih menunggu dan meneruskan untuk mendapatkan bahan yang kuat, liat dan bercahaya.

Keramik dan polimer merupakan dua bahan utama yang sangat penting dalam penyediaan bahan baru karena ia mempunyai sifat-sifat yang khas dan khusus. Pembuatan bahan baru yang mengandung senyawa organik dan anorganik adalah amat menarik dan meluas penggunaannya karena komposit yang dihasilkan merupakan gabungan sifat organik dan anorganik tersebut. Untuk melakukan penggabungan senyawa organik dengan anorganik, proses



SIFAT BAHAN

A. PENDAHULUAN

Sifat bahan selalu dipengaruhi oleh adanya pengaruh dari luar, bergantung kepada keadaan lingkungan disekitarnya dan cara penggunaannya. Oleh sebab itu suatu bahan perlu mempunyai sifat yang tahan terhadap pengaruh dari lingkungan sekitarnya.

Sifat sesuatu bahan adalah suatu faktor yang mempengaruhi secara kualitatif dan kuantitatif terhadap rangsangan bahan tersebut. Rangsangan disebabkan oleh suatu tindakan keatas bahan tersebut, misalnya disebabkan oleh gaya, suhu dan sebagainya. Beberapa sifat yang sangat dalam suatu bahan adalah:

1. Sifat Mekanik
2. Sifat Elektrik
3. Sifat Termal
4. Sifat Optik
5. Sifat Magnet
6. Sifat Kimia
7. Sifat Fisika

B. SIFAT MEKANIK

Sifat mekanik suatu bahan adalah sifat yang menyatakan kelakuan bahan tersebut dibawah suatu tindakan gaya. Rangsangan suatu bahan terhadap gaya yang dikenakan bergantung kepada jenis ikatan kimia dan susunan struktur atom atau molekulnya.



PENGUJIAN BAHAN

A. PENDAHULUAN

Pengujian bahan dilakukan untuk satu atau lebih dengan tujuan:

1. Menentukan sifat fisik suatu bahan dengan berbagai syarat dan keadaan dan menentukan sifat dasar bahan tersebut seperti kekuatan, kekerasan dan lainnya.
2. Mendapatkan informasi tentang kualitas suatu bahan untuk tujuan pengontrolan mutu dan kemurnian bahan.
3. Mendapatkan bahan baru dalam suatu penelitian.

Pengujian bahan dapat dibagi kedalam lima kategori yaitu:

1. Pengujian mekanik
2. Pengujian sifat listrik
3. Pengujian termal
4. Ujian tahanan jenis
5. Ujian tanpa musnah

Metoda pengujian ini telah digunakan oleh berbagai asosiasi didunia seperti *American Society for testing and materials (ASTM)*, *British standar (BS)* Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *International Organisation for Standardisation (ISO)*.

B. PENGUJIAN MEKANIK

Berbagai jenis struktur, mesin dan komponen dapat mengalami kegagalan disebabkan oleh adanya keretakan. Untuk mengurangi kegagalan tersebut jumlah tegangan dan mampatan suatu bahan yang hendak digunakan mestilah diuji dan dipastikan tahan terhadap tegangan (*stress*)

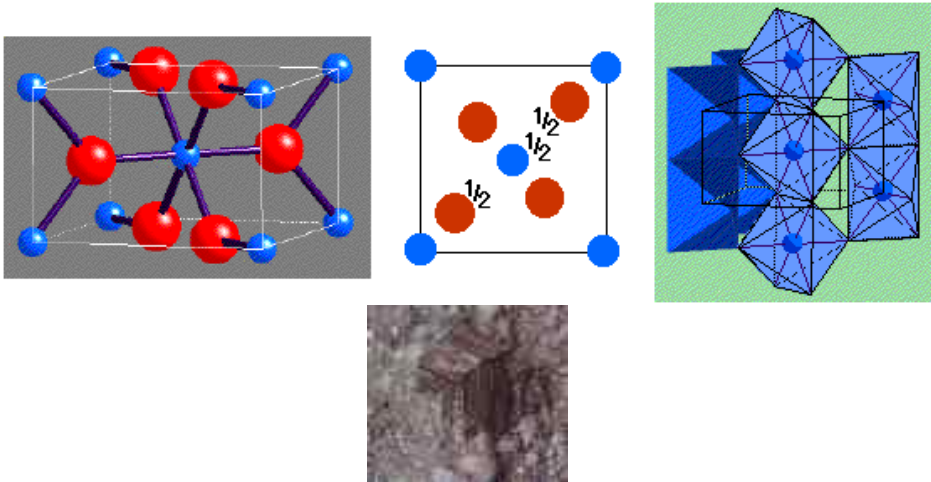
BAB 7

STRUKTUR ANORGANIK

A. STRUKTUR OKSIDA LOGAM

Logam Oksida memiliki struktur anorganik yang sangat penting untuk dipelajari. Beberapa struktur oksida logam dapat diperlihatkan pada gambar dibawah ini:

Rutile, TiO₂



Gambar 7.1 Menunjukkan Struktur oksida Logam Rutil (TiO₂)

Struktur logam Rutil terdiri dari:

Unit Cell: Primitive Tetragonal ($a = b \neq c$)

2TiO₂ per unit cell

Motif: 2Ti at $(0, 0, 0)$; $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ & 4O at $\pm(0.3, 0.3, 0)$; $\pm(0.8, 0.2, \frac{1}{2})$

Ti: 6 (octahedral coordination)



STRUKTUR KERAMIK

A. PENDAHULUAN

Berdasarkan variasi rasio jari-jari antara anion ke kation, struktur kristal keramik dapat dikategorikan menjadi tiga macam:

- *Tipe AX*
Yang termasuk tipe AX adalah bentuk struktur NaCl, CsCl, *zinc blende* (ZnS), dan struktur *wurtzite* (ZnS). Pada struktur ini, bilangan koordinasi untuk kedua kation dan anionnya adalah 6. pada struktur CsCl, bilangan koordinasi untuk kedua ion adalah 8. ZnS ada dalam dua bentuk polimorfi yang disebut dengan struktur *zinc blende* dan *wurtzite* (gambar 8.1c dan d). Struktur ini bilangan koordinasinya adalah 4, oleh sebab itu bentuk koordinasi ionnya adalah tetrahedral.
- *Tipe AX₂*
Yang termasuk tipe AX₂ adalah struktur *Calcium fluorite* (CaF₂) dan *rutile* (TiO₂)
- *Tipe AmBnXp*
Tipe ini mempunyai struktur yang lebih dari 1 kation. A dan B (atau kation sama tapi valensi berbeda) contohnya adalah *spinels* (gbr 8.10) dan *perovkites* (gbr 8.9)



POLIMER

A. PENDAHULUAN

Apa itu Polimer?

Polimer adalah makromolekul yang memiliki rantai yang sangat panjang di mana ratusan atau ribuan atom dihubungkan bersama untuk membentuk arah satu dimensi. Kerangka atom-atom dari polimer biasanya memiliki gugus-gugus samping, biasanya berjumlah dua, yang bisa sekecil atom hidrogen, klorin, atau fluor atau sebesar gugus alkil atau rantai panjang. Polimer berbeda dari molekul yang lain karena karakter rantai panjang memungkinkan rantai menjadi terjerat dalam larutan atau dalam keadaan padat atau, untuk struktur makromolekul tertentu, menjadi berbaris dalam susunan teratur dalam keadaan padat. Karakteristik molekuler ini menimbulkan sifat-sifat material padat, seperti kekuatan, elastisitas, kualitas pembentuk serat, atau sifat pembentuk lapisan yang tidak ditemukan untuk sistem molekul kecil. Bobot molekul polimer biasanya sangat tinggi sehingga, untuk semua tujuan praktis, mereka tidak mudah menguap. Karakteristik ini mendasari luasnya penggunaan polimer di semua aspek teknologi modern. Berusaha untuk memahami hubungan antara struktur makromolekul dan sifat-sifat yang tidak biasa ini mencirikan banyak ilmu fundamental di bidang ini.

B. BAGAIMANA POLIMER DIGAMBARKAN?

Polimer adalah salah satu molekul paling rumit yang dikenal. Senyawa ini bisa saja mengandung ribuan atom dalam rantai utama, ditambah kelompok kompleks atom yang membentuk kelompok-kelompok samping yang melekat

DAFTAR PUSTAKA

- 31.a Sundararajan, P. R. In *Physical Properties of Polymers Handbook*; Mark, J. E., Ed.; Springer-Verlag: New York, 1996; pp. 197–226.
- Aklonis, J. J.; McKnight, W. J. *Introduction to Polymer Viscoelasticity*. 2nd ed. Wiley: New York, 1983.
- Allcock, H. R. *Chemistry and Applications of Polyphosphazenes*. Wiley-Interscience: New York, 2003.
- Allcock, H. R. *Phosphorous-Nitrogen Compounds*. Academic Press: New York, 1972.
- Allcock, H. R.; Lampe, F. W.; Mark, J. E. *Contemporary Polymer Chemistry*. 3rd ed. Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 2003.
- Askadskii, A. A. *Physical Properties of Polymers. Prediction and Control*. Gordon and Breach Publishers: Amsterdam, 1996.
- Atkins, P. W. *Physical Chemistry*. 4th ed. Oxford University Press: Oxford, 1990.
- Atomistic Modeling of Physical Properties*; Monnerie, L. M.; Suter, U. W., Ed.; Springer-Verlag: Berlin, 1994; Vol. 116.
- Berry, R. S.; Rice, S. A.; Ross, J. *Physical Chemistry*. 2nd ed. Oxford University Press: New York, 2000.
- Billmeyer, F. W. *Textbook of Polymer Science*. 3rd ed. Wiley: New York, 1984.
- Bovey, F. A. *Chain Structure and Conformation of Macromolecules*. Academic Press: New York, 1982.
- Boyd, R. H.; Phillips, P. J. *The Science of Polymer Molecules*. Cambridge University Press: Cambridge, 1993.
- Burkert, U.; Allinger, N. L. *Molecular Mechanics*. Am. Chem. Soc.: Washington, 1982.
- Carraher, C. E., Jr. *Seymour/Carraher's Polymer Chemistry*. 5th ed. Marcel Dekker, Inc.: New York, 2000.
- Characterization of Macromolecular Structure*; McIntyre, D., Ed.; National Academy of Sciences: Washington, 1968.
- Collins, E. A.; Bares, J.; Billmeyer, F. W., Jr. *Experiments in Polymer Science*. Wiley-Interscience: New York, 1973.
- Comprehensive Polymer Science*; Allen, G., Ed.; Pergamon: Oxford, 1989.
- Computational Modeling of Polymers*; Bicerano, J., Ed.; Marcel Dekker: New York, 1992.

Computational Simulation of Polymers; Roe, R.-J., Ed.; Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1991.

Damewood, J. R., Jr.; West, R. *Macromolecules* 1985, 18, 159.

des Cloizeaux, J.; Jannink, G. *Polymers in Solution. Their Modelling and Structure*. Oxford University Press: New York, 1990.

Determination of Molecular Weight; Cooper, A. R., Ed.; Wiley-Interscience: New York, 1989.

Du, Y.; Xue, Y.; Frisch, H. L. In *Physical Properties of Polymers Handbook*; Mark, J. E., Ed.; Springer-Verlag: New York, 1996; pp. 227–239.

Eichinger, B. E.; Rigby, D. *Polym. News* 1997, 22, 54–61.

Eichinger, B. E.; Rigby, D.; Stein, J. *Polymer* 2002, 43, 599–607.

Elias, H. G. *An Introduction to Polymer Science*. VCH Publishers: Weinheim, 1997.

Erman, B.; Mark, J. E. *Structures and Properties of Rubberlike Networks*. Oxford University Press: New York, 1997.

Ferry, J. D. *Viscoelastic Properties of Polymers*. 3rd ed. Wiley: New York, 1980.

Flory, P. J. *Principles of Polymer Chemistry*. Cornell University Press: Ithaca, NY, 1953.

Flory, P. J. *Statistical Mechanics of Chain Molecules*. Interscience: New York, 1969.

Fried, J. R. *Polymer Science and Technology*. Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1995.

Gelin, B. R. *Molecular Modeling of Polymer Structures and Properties*. Hanser Publishers: Cincinnati, OH, 1994.

Giglio, E.; Pompa, F.; Ripamonti, A. *J. Polym. Sci.* 1962, 59, 293.

Graessley, W. W. In *Physical Properties of Polymers*. 3rd ed.; Mark, J. E., Ngai, K. L., Graessley, W. W., Mandelkern, L., Samulski, E. T., Koenig, J. L. and Wignall, G. D., Ed.; Cambridge University Press: Cambridge, 2004; pp. 153–208

Hagnauer, G. L. *J. Macro. Sci.-Chem.* 1981, A16, 385.

Heimenz, P. C. *Polymer Chemistry: The Basic Concepts*. Marcel Dekker: New York, 1984.

Helminiak, T. E. In *Contemporary Topics in Polymer Science*; Culbertson, B. M., Ed.; Plenum Press: New York, 1989; Vol. 6; pp. 17.

Honeycutt, J. D. In *Physical Properties of Polymers Handbook*; Mark, J. E., Ed.; Springer-Verlag: New York, 1996.

Hopfinger, A. J. *Conformational Properties of Macromolecules*. Academic Press: New York, 1973.

Hsu, Y.-H.; Mark, J. E. *Eur. Polym. J.* 1987, 23, 829.

- Ibemesi, J.; Gvozdic, N.; Keumin, M.; Lynch, M. J.; Meier, D. J. Preprints, Div. Polym. Chem., Inc. 1985, 26(2), 18.
- Kamide, K.; Dobashi, T. Physical Chemistry of Polymer Solutions. Theoretical Background. Elsevier: Amsterdam, 2000.
- Klenin, V. J. Thermodynamics of Systems Containing Flexible-Chain Polymers. Elsevier: Amsterdam, 1999.
- Koenig, J. L. In Physical Properties of Polymers. 3rd ed.; Mark, J. E., Ngai, K. L., Graessley, W. W., Mandelkern, L., Samulski, E. T., Koenig, J. L. and Wignall, G. D., Ed.; Cambridge University Press: Cambridge, 2004; pp. 377–447.
- Koenig, J. L. Spectroscopy of Polymers. American Chemical Society: Washington, DC, 1992.
- Mandelkern, L. Crystallization of Polymers. Cambridge University Press: Cambridge 2003; Vol. I.
- Mandelkern, L. Crystallization of Polymers. Mc-Graw Hill: New York, 1964.
- Mandelkern, L. In Physical Properties of Polymers. 3rd ed., Mark, J. E., Ngai, K. L., Graessley, W. W., Mandelkern, L., Samulski, E. T., Koenig, J. L. and Wignall, G. D., Ed.; Cambridge University Press: Cambridge, 2004; pp. 209–315.
- Mark, J. E. In Physical Properties of Polymers. 3rd ed.; Mark, J. E., Ngai, K. L., Graessley, W. W., Mandelkern, L., Samulski, E. T., Koenig, J. L. and Wignall, G. D., Ed.; Cambridge University Press: Cambridge, 2004; pp. 3–71.
- Mark, J. E. J. Chem. Educ. 2002, 79, 1437-1443.
- Mark, J. E. J. Phys. Chem., Part B 2003, 107, 903-913.
- Mark, J. E.; Erman, B. Rubberlike Elasticity. A Molecular Primer. Wiley-Interscience: New York, 1988.
- Mark, J. E.; Ngai, K. L.; Graessley, W. W.; Mandelkern, L.; Samulski, E. T.; Koenig, J. L.; Wignall, G. D. Physical Properties of Polymers. 3rd ed. Cambridge University Press: Cambridge, 2004.
- Matsuoka, S. Relaxation Phenomena in Polymers. Hanser Publishers: Munich, 1992.
- Mattice, W. L.; Suter, U. W. Conformational Theory of Large Molecules. The Rotational Isomeric State Model in Macromolecular Systems. Wiley: New York, 1994.
- McCaffery, E. L. Laboratory Preparation for Macromolecular Chemistry. McGraw-Hill: New York, 1970.
- Moore, W. J. Basic Physical Chemistry. Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1983.

- Morawetz, H. *Macromolecules in Solution*. Wiley-Interscience: New York, 1975.
- Munk, P. *Introduction to Macromolecular Science*. Wiley: New York, 1989.
- Newer Methods of Polymer Characterization*; Ke, B., Ed.; Interscience: New York, 1964.
- Ngai, K. L. In *Physical Properties of Polymers*. 3rd ed.; Mark, J. E., Ngai, K. L., Graessley, W. W., Mandelkern, L., Samulski, E. T., Koenig, J. L. and Wignall, G. D., Ed.; Cambridge University Press: Cambridge, 2004; pp. 72–152.
- Ngai, K.; Plazek, D. J. In *Physical Properties of Polymers Handbook*; Mark, J. E., Ed.; Springer-Verlag: New York, 1996; pp. 341–362.
- Noda, I.; Dowrey, A. E.; Marcott, C. In *Physical Properties of Polymers Handbook*; Mark, J. E., Ed.; Springer-Verlag: New York, 1996; pp. 291–298.
- Odian, G. *Principles of Polymerization*. 3rd ed. Wiley-Interscience: New York, 1991.
- Orwoll, R. A.; Arnold, P. A. In *Physical Properties of Polymers Handbook*; Mark, J. E., Ed.; Springer-Verlag: New York, 1996; pp. 177–196.
- Physical Properties of Polymers Handbook*; Mark, J. E., Ed.; Springer-Verlag: New York, 1996.
- Polymer Data Handbook*; Mark, J. E., Ed.; Oxford University Press: New York, 1999.
- Polymer Handbook*; 4th ed.; Brandrup, J.; Immergut, E. H.; Grulke, E. A., Ed.; Wiley: New York, 1999.
- Polymers in Solution. Theoretical Considerations and Newer Methods of Characterization*; Forsman, W. C., Ed.; Plenum Press: New York, 1986.
- Porter, D. *Group Interaction Modelling of Polymer Properties*. Marcel Dekker, Inc.: New York, 1995.
- Rehahn, M.; Mattice, W. L.; Suter, U. W. *Adv. Polym. Sci.* 1997, 131/132, 1.
- Rigby, D.; Sun, H.; Eichinger, B. E. *Polym. Intern.* 1997, 44, 311–330.
- Rodriguez, F. *Principles of Polymer Engineering*. 2nd ed. McGraw-Hill: New York, 1982.
- Sandler, S. R.; Karo, W.; Bonesteel, J.-A.; Pearce, E. M. *Polymer Synthesis and Characterization. A Laboratory Manual*. Academic Press: San Diego, 1998.
- Sperling, L. H. *Introduction to Physical Polymer Science*. 3rd ed. Wiley Interscience: New York, 2001.
- Stevens, M. P. *Polymer Chemistry. An Introduction*. Oxford University Press: New York, 1999.

- Sun, S. F. *Physical Chemistry of Macromolecules. Basic Principles and Issues.* Wiley-Interscience: New York, 1994.
- Tadokoro, H. *Structure of Crystalline Polymers.* Wiley-Interscience: New York, 1979.
- Teraoka, I. *Polymer Solutions. An Introduction to Physical Properties.* Wiley & Sons, Inc.: New York, 2002.
- The Materials Science and Engineering of Rigid-Rod Polymers;* Adams, W. W.; Eby, R. K.; McLemore, D. E., Ed.; Materials Research Society: Pittsburgh, PA, 1989; Vol. 134.
- Thermoplastic Elastomers;* 2nd ed.; Holden, G.; Legge, N. R.; Quirk, R. P.; Schroeder, H. E., Ed.; Hanser Publishers: Munich, 1996.
- Tonelli, A. E. In *Physical Properties of Polymers Handbook;* Mark, J. E., Ed.; Springer-Verlag: New York, 1996; pp. 271–289.
- Tonelli, A. E. *NMR Spectroscopy and Polymer Microstructure: The Conformational Connection.* Wiley: New York, 1989.
- Tonelli, A. E.; Srinivasarao, M. *Polymers from the Inside Out.* Wiley Interscience: New York, 2001.
- Treloar, L. R. G. *The Physics of Rubber Elasticity.* 3rd ed. Clarendon Press: Oxford, 1975.
- van Krevelen, D. W. *Properties of Polymers.* Elsevier: Amsterdam, 1997.
- Welsh, W. J.; DeBolt, L.; Mark, J. E. *Macromolecules* 1986, 2978.
- West, R. J. *Organometallic Chem.* 1986, 300, 327.
- Wignall, G. D. In *Physical Properties of Polymers.* 3rd ed.; Mark, J. E., Ngai, K. L., Graessley, W. W., Mandelkern, L., Samulski, E. T., Koenig, J. L. and Wignall, G. D., Ed.; Cambridge University Press: Cambridge, 2004; pp. 424–511.
- Wunderlich, B. *Macromolecular Physics. Vol. 1. Crystal Structure, Morphology, Defects.* Academic Press: New York, 1973.66.
- Zeldin, M.; Wynne, K. J.; Allcock, H. R. *Inorganic and Organometallic Polymers. Macromolecules Containing Silicon, Phosphorous, and Other Inorganic Elements.* American Chemical Society: Washington, DC, 1988; Vol. 360.

PROFIL PENULIS

Prof. Dr. Novesar Jamarun, M.S.



Penulis lahir di Silantai, 6 Mei 1962. Menyelesaikan S1 Univ. Andalas bidang Kimia Analisis, S2 Kimia Analisis Institut Teknologi Bandung, S3 Kimia Material Univeristi Sains Malaysia di bawah bimbingan Prof. Dr. Wan Ahmad Kamil Mahmood dan Prof. Dr. Ismail. Abd Rahman. Pada tahun 2017 menerima penghargaan Satya Lencana Karya Satya X, XX, dan XXX Tahun dari Presiden Republik Indonesia. Beliau pernah menjabat sebagai Pembantu Rektor I UNAND 2006-2010, Pembantu Rektor III UNAND 2010-2014, dan Rektor ISI Padangpanjang 2014-2022.

Kimia Material

Buku ini membahas tentang kimia material yang berisi tentang pengelompokan material beserta aplikasinya. Tren yang *relatife* baru adalah agar material struktural bisa berfungsi sebagai fungsi struktural. Bahannya menjadi multifungsi, sehingga menurunkan biaya dan menyederhanakan desain. Sifat material yang diinginkan adalah kekuatan yang tinggi, modulus tinggi (kekakuan), keelastisan, ketangguhan, dan kapasitas tinggi untuk redaman getaran. Buku ini cocok digunakan oleh mahasiswa atau peneliti yang berkecimpung di ranah sintesis material.



Prof. Dr. Novesar Jamarun, M.S.

Penulis lahir di Silantai, 6 Mei 1962. Menyelesaikan S1 Univ. Andalas bidang Kimia Analisis, S2 Kimia Analisis Institut Teknologi Bandung, S3 Kimia Material Univeristi Sains Malaysia di bawah bimbingan Prof. Dr. Wan Ahmad Kamil Mahmood dan Prof. Dr. Ismail. Abd Rahman. Pada tahun 2017 menerima penghargaan Satya Lencana Karya Satya X, XX, dan XXX Tahun dari Presiden Republik Indonesia. Beliau pernah menjabat sebagai Pembantu Rektor I UNAND 2006-2010, Pembantu Rektor III UNAND 2010-2014, dan Rektor ISI Padangpanjang 2014-2022.



Penerbit

widina

www.penerbitwidina.com

ISBN 978-623-459-362-4



9

786234

593624