

MODUL PRAKTIKUM REKAYASA BAHAN



Oleh :

1. Dyah Sawitri, ST.MT
2. Dr.-Ing. Doty Dewi Risanti, ST.MT
3. Lizda Johar Mawarani, ST.MT

**LABORATORIUM REKAYASA BAHAN
JURUSAN TEKNIK FISIKA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

2017

PERATURAN DAN SANKSI

PERATURAN

Agar praktikum terlaksana dengan baik, lancar, dan teratur maka dibuat beberapa peraturan sebagai berikut:

1. Jam pelaksanaan praktikum disepakati oleh asisten dan praktikan
2. Praktikan wajib menghubungi asisten sehari sebelum hari pelaksanaan praktikum (maksimal pukul 18.00)
3. Wajib izin apabila tidak mengikuti praktikum sehari sebelum hari pelaksanaan praktikum (maksimal pukul 21.00) kepada Koordinator Praktikum dan asisten (bagi yang sakit harap menyerahkan surat dari dokter)
4. Pergantian jadwal yang disebabkan praktikan berhalangan hadir wajib menghubungi asisten awal, koordinator, dan asisten yang dituju sehari sebelum hari pelaksanaan praktikum (maksimal pukul 18.00)
5. Tugas Pendahuluan (TP) silakan lihat di www.bahantf.weebly.com (TP diupload sehari sebelum hari pelaksanaan praktikum maksimal pukul 18.00)
6. Tugas Pendahuluan wajib ditulis tangan di kertas TP.
7. Toleransi keterlambatan maksimal 10 menit.
8. Setiap praktikan wajib membawa modul praktikum, tugas pendahuluan dan kartu kendali yang sudah ada fotonya
9. Praktikan wajib berpakaian standar kuliah
10. Praktikan wajib membersihkan dan merapikan bahan dan alat praktikum setelah selesai digunakan.
11. Jika terjadi kerusakan alat, kesalahan pemakaian bahan kimia kelompok yang bertanggung jawab saat itu wajib mengganti.
12. Praktikan wajib menyelesaikan tanggungan praktikum sebelumnya sebelum bisa melanjutkan praktikum berikutnya.
13. Praktikan wajib mengikuti *briefing* dan *pre-test* sebelum praktikum.
14. Praktikan wajib mengikuti *post-test* sesudah praktikum
15. Tugas khusus diberikan oleh asisten pada setiap praktikum
16. Praktikan wajib membuat dan mengumpulkan laporan resmi (individu) dan paper (individu) dalam bentuk softcopy

SANKSI

Untuk praktikan yang melanggar peraturan diatas, maka dikenakan sanksi berikut:

1. Apabila praktikan melanggar peraturan nomor 2, nilai praktikum dikurangi 5 poin
2. Apabila praktikan melanggar peraturan nomor 3 dan 4, nilai praktikum dikurangi 10 poin
3. Terlambat lebih dari 10 menit tanpa alasan yang jelas, praktikan tidak bisa mengikuti praktikum.
4. Terlambat lebih dari 10 menit tanpa alasan yang jelas, praktikan tidak bisa mengikuti praktikum.
5. Setiap 5 menit keterlambatan, akan ada pengurangan 5 poin.
6. Tidak mengerjakan TP, tidak membawa kartu kendali atau modul maka praktikan tidak bisa mengikuti praktikum.
7. Pakaian tidak sopan, praktikan tidak bisa mengikuti praktikum
8. Apabila selesai melaksanakan praktikum kondisi peralatan dan tempat praktikum tidak seperti sedia kala, nilai praktikum dikurangi 5 poin.
9. Apabila kewajiban praktikum sebelumnya belum diselesaikan maka praktikan tidak bisa mengikuti praktikum.
10. Jika tidak mengikuti *briefing* tanpa alasan, praktikan wajib membuat artikel populer yang berkaitan dengan materi praktikum.
11. Jika tidak mengikuti *pre-test*, praktikan wajib mengikuti *pre-test* susulan sebelum praktikum pertama dimulai.
12. Jika tidak mengikuti *post-test*, praktikan wajib mengikuti *post-test* susulan
13. Terlambat mengumpulkan laporan resmi dan paper, nilai dikurangi 10 poin.
14. Apabila membuat keributan, makan, minum dan melakukan kegiatan diluar kegiatan praktikum maka akan dikeluarkan dari praktikum yang bersangkutan*
15. Bagi praktikan yang 2x melanggar peraturan praktikum wajib menghadap asisten*

*Sanksi tambahan yang tidak disebutkan saat *briefing*

FORMAT LAPORAN RESMI DAN PAPER

1. Format Laporan Resmi

- Standart TA
- Merupakan tugas individu
- Susunan Laporan
 - Halaman Judul
 - Halaman Pengesahan
 - Abstrak (Indonesia dan Inggris)
 - Kata Pengantar
 - Daftar Isi
 - Daftar Gambar
 - Daftar Tabel
 - Daftar Grafik
 - Daftar Simbol
 - Bab I : Pendahuluan
 - 1.1 Latar Belakang
 - 1.2 Permasalahan
 - 1.3 Tujuan
 - 1.4 Batasan Masalah
 - Bab II : Dasar Teori
 - Bab III : Metodologi Percobaan
 - 3.1 Peralatan
 - 3.2 Prosedur Percobaan
 - Bab IV : Analisis Data dan Pembahasan
 - 4.1 Analisis Data
 - 4.2 Pembahasan
 - Bab V : Kesimpulan dan Saran
 - 5.1 Kesimpulan
 - 5.2 Saran (Apabila ada)
 - Daftar Pustaka
 - Lampiran : (Tugas Khusus)

2. Format Paper

- Format paper menggunakan format IEEE maksimal 5 halaman.
-

P1 PERCOBAAN LOGAM DIAGRAM FASA

TUJUAN:

1. Mengetahui kurva pemanasan dan pendingin dari logam paduan Pb-Sn
2. Menentukan komposisi logam paduan Pb-Sn melalui diagram fasa.

DASAR TEORI

- **Komponen** : adalah logam murni atau senyawa yang menyusun suatu logam paduan.
Contoh : Cu - Zn (perunggu), komponennya adalah Cu dan Zn
- **Solid solution (larutan padat)** : terdiri dari beberapa atom, minimal dua atom yang berbeda, atom terlarut menempati posisi substitusi atau interstisi pada kisi pelarut dan struktur kristal mengikuti struktur kristal pelarut.
- **Batas kelarutan (solubility limit)**.
Suatu logam paduan akan mempunyai maksimum konsentrasi dari atom terlarut yang akan larut pada pelarut.
Jika atom terlarut konsentrasinya melampaui batas kelarutan maka sebagian atom tersebut tidak akan terlarut lagi. Untuk menggambarkan keadaan ini bisa dilihat contoh larutan air gula. Jika gula yang dicampur terlalu banyak maka gula tersebut tidak akan larut lagi
- **Fase:**
Fase didefinisikan sebagai sistem yang homogen yang mempunyai sifat kimia dan sifat fisika yang seragam/uniform. Satu fase : contohnya logam murni, padatan, cairan.
Lebih 1 fase : contohnya larutan air-gula dengan gula (larutan air-gula yang melampaui batas kelarutan).
Sistem fase tunggal →homogen
Sistem 2 atau lebih fase →campuran atau sistem heterogen.
- **Struktur mikro** :
Sifat-sifat fisik suatu bahan seperti sifat mekanik tergantung dari struktur mikro. Struktur mikro diketahui dengan observasi mikroskopik menggunakan mikroskop optik atau mikroskop elektron.

Pada logam paduan, penggolongan struktur mikro berdasarkan berapa jumlah fase, proporsinya dan bagaimana susunannya didalam bahan.

Struktur mikro bergantung kepada jumlah elemen paduan, konsentrasinya dan perlakuan panasnya (temperatur, lamanya pemanasan, laju pendinginan).

- Kesetimbangan fase

Kesetimbangan : jika sebuah sistem mempunyai energi bebas minimum pada temperatur, tekanan dan komposisi tertentu → tidak terjadi perubahan kondisi

Makin tinggi energi bebas → gerak atom pada bahan makin acak dan tidak teratur. Secara makro : sifat-sifat sistem tidak berubah terhadap waktu → stabil

Kesetimbangan fase : adalah kesetimbangan pada sistem yang terdiri lebih dari 1 fase. Masing-masing fase tidak mengalami perubahan (Daryus, 2012).

DIAGRAM KESETIMBANGAN FASE.

Banyak informasi tentang pengontrolan struktur mikro pada paduan logam tertentu lebih memudahkan jika digambar dalam bentuk diagram yaitu diagram fase atau diagram kesetimbangan.

Banyak perubahan struktur mikro terjadi pada saat transformasi fase yaitu perubahan yang terjadi diantara dua fase atau lebih karena temperatur berubah. Gejalanya bisa berupa transisi dari satu fase ke fase lain atau terbentuk fase baru atau hilangnya sebuah fase. Diagram kesetimbangan fase menggambarkan hubungan antara temperatur dan komposisi dan kuantitas fase-fase pada kesetimbangan (Callister & Rethwisch, 1940).

Paduan biner : (binary alloy) adalah paduan yang terdiri dari dua komponen (contoh : Cu-Ni)

Diagram fase paduan biner Cu – Ni bisa dilihat pada gambar 1.1.

Sumbu y : temperature

Sumbu x : komposisi paduan (dalam % berat – bawah, dalam % atom – atas

3 daerah pada kurva

: - α (fasa α) → struktur fcc

- L (fasa cair)

- $\alpha + L$ (fase $\alpha +$ cair).

Fase α adalah solid solution Ni – Cu → substitusi

Solid solution Ni – Cu : - Ni dan Cu sama – sama mempunyai struktur FCC.

- jari –jari atom yang hampir sama.
- elektro-negatif yang hampir sama.
- valensi yang sama.

- Garis liquidus : garis antara l dan $\alpha + L$.

- Garis solidus : garis antara α dan $\alpha + L$.

Pada sistem biner, jika diketahui komposisi dan temperatur kesetimbangan, 3 informasi yang diperoleh :

1. Fase paduan
2. Komposisi fase
3. Persen atau fraksi fase.

Mencari komposisi fase pada daerah 2 fase :

- titik B pada gambar 2 : (35 wt% Ni – 65 wt% Cu pada 1250⁰ C)

1. Tarik garis horisontal melalui B (“tie line”)
2. Tandai perpotongan garis dengan kurva di kedua garis
3. Tarik garis tegak lurus pada perpotongan kurva terhadap sumbu x, komposisi paduan bisa didapat.

- Perpotongan dengan garis liquidus CL : 31,5 wt% Ni – 68,5 wt% Cu (gambar 2b)

- Perpotongan dengan garis solidus C α : 42,5 wt% Ni – 57,5 wt% Cu

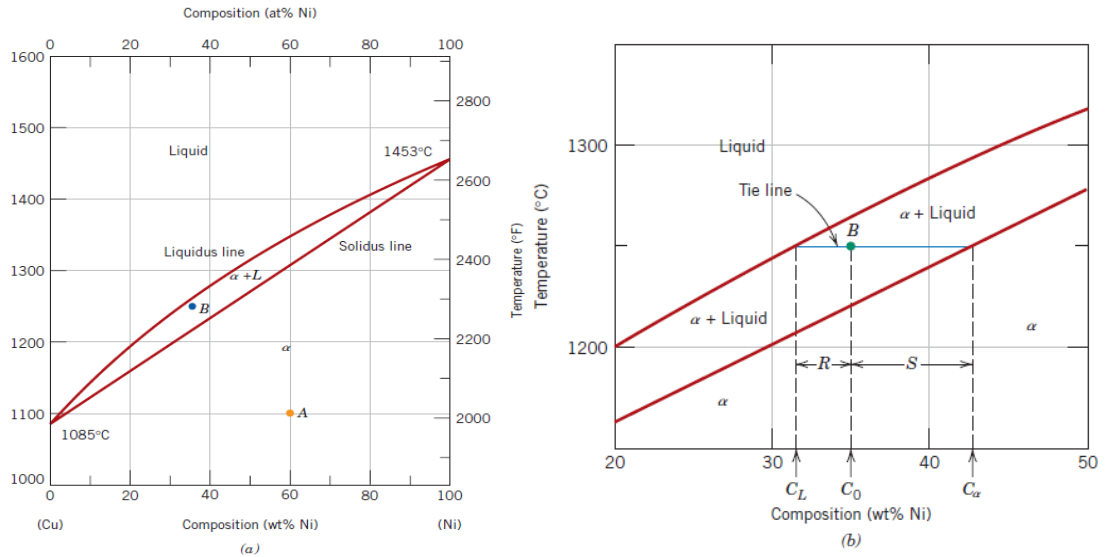
Mencari persen atau fraksi fase

- Pada daerah 1 fasa : titik A pada gambar 1.1b
→100% α .
- Pada daerah 2 fasa : titik B pada gambar 1.1b

Digunakan garis horizontal (tie line) dan prosedur level rule (hukum tuas)

Prosedurnya hukum tuas sebagai berikut:

1. Tarik garis horisontal pada temperatur yang diketahui (titik B) (garis tie line). Diperoleh komposisi alloy keseluruhan, Co.
2. Fraksi sebuah fase dihitung dengan mengambil panjang dari komposisi alloy keseluruhan, Co kebatas fase yang lainnya dan dibagi dengan panjang total tie line (panjang CL - C α).
3. Fraksi fase yang lain dilakukan dengan cara yang sama



Gambar 1.1. Diagram fasa tembaga-nikel (b) Posisi tembaga-nikel pada diagram fasa untuk menentukan komposisinya di titik B

5. Jika diinginkan dalam persen, fraksi dikali 100. Jika komposisi dalam % berat, maka fraksi adalah fraksi massa (berat).

$$W_l = \frac{S}{R+S} \quad W_l = \frac{C_\alpha - C_0}{C_\alpha - C_L}$$

W_L = fraksi berat fase L

C_α = komposisi fasa α

C_L = komposisi fase L

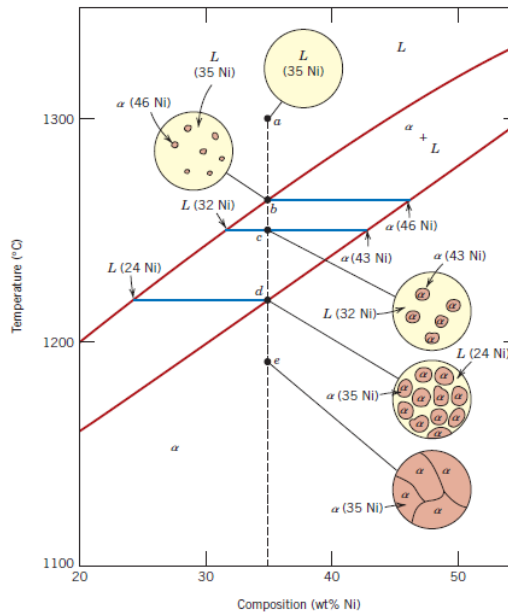
C_0 = komposisi keseluruhan

PERKEMBANGAN STRUKTUR MIKRO

Pada gambar 1.2 diperlihatkan diagram fase Cu – Ni, jika pendinginan terjadi sangat lambat dari fase L ke fase α untuk bahan 35 wt% Ni – 65 wt% Cu dari temperatur 1300°C maka terjadi:

TITIK a = fase L	: 35 Wt% Ni.
Fase α	: -
b = Fase L	: 35 Wt% Ni.
Fase α	: 49 Wt% Ni.
c = Fase L	: 30 Wt% Ni.
Fase α	: 43 Wt% Ni.
d = Fase L	: 23 Wt% Ni.

Fase α : 35 Wt% Ni.
 e = Fase L : 35 Wt% Ni.



Gambar 1.2. Perkembangan mikrostruktur paduan Cu – Ni

Jika pendinginan terjadi lebih cepat maka terjadi segregasi yaitu distribusi yang tidak merata yang terjadi di dalam butir. Pada pusat butir yang pertama membeku akan kaya oleh bahan yang mempunyai titik leleh tinggi, bahan yang mempunyai titik leleh rendah akan naik menjauhi pusat butir. Jadi terjadi gradien konsentrasi pada butir. Fenomena ini disebut “cored structure”. Kelemahan “cored structure” antara lain : jika dipadatkan, akan cepat meleleh. Dan mengurangi kekuatan mekanik pada temperatur tinggi.

SISTEM EUTECTIC BINER

Reaksi eutectic : phase liquid berubah menjadi dua fasa padat pada proses pendinginan (Izer, 2005).

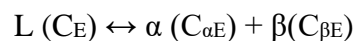


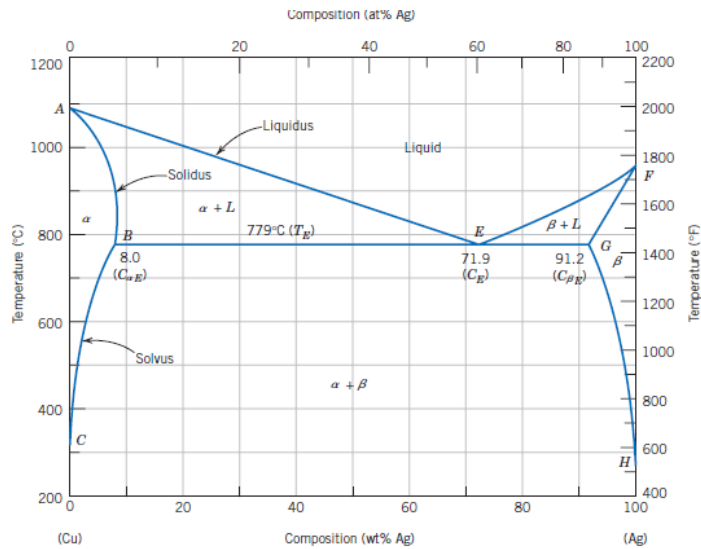
Diagram fasa untuk reaksi eutectic adalah paduan Cu-Ag (gambar 1.3)

Pada diagram fasa Cu-Ag terdapat tiga daerah 2 fasa yaitu : $\alpha + L$, $\beta + L$, $\alpha + \beta$

A adalah fasa kaya Cu

B adalah fasa kaya Ag

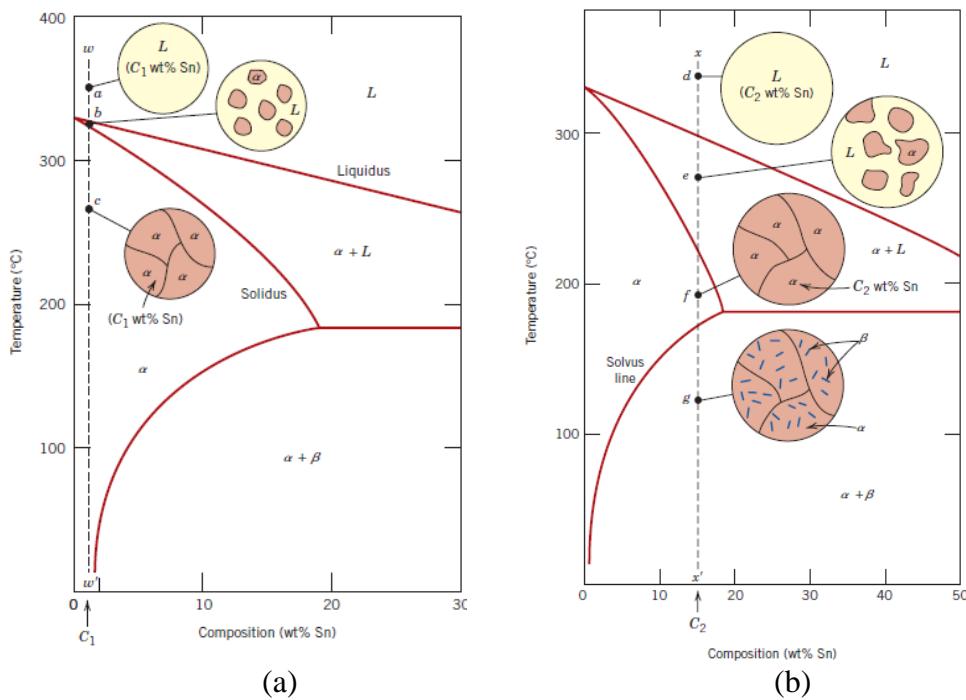
Titik E : titik eutectic



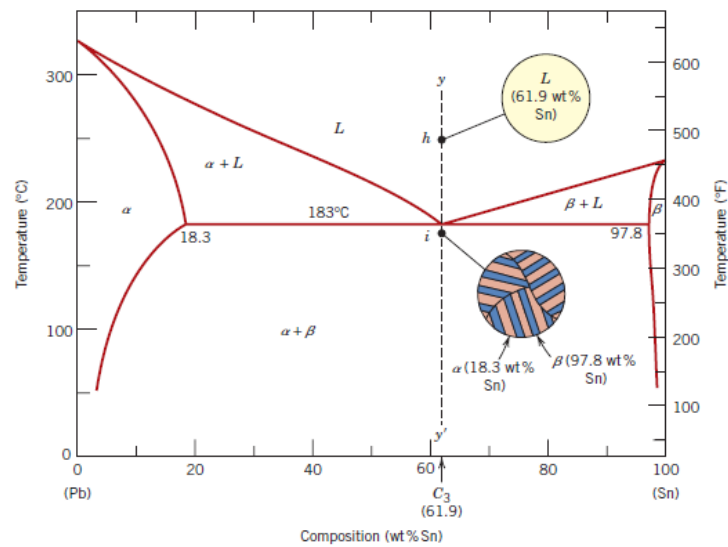
Gambar 1.3. Diagram fasa paduan tembaga-silver

PERKEMBANGAN STRUKTUR MIKRO PADA PADUAN EUTECTIC.

Perubahan mikro struktur untuk bahan Pb – Sn bisa dilihat pada gambar 1.4, 1.5, 1.6 dan 1.7. Pada gambar 1.4 adalah terbentuknya fase tunggal α pada pendinginan dari temperatur 350 °C, 2 wt% Sn s/d 20 °C. Pada gambar 1.5 adalah terbentuknya fase α + α pada proses pendinginan pada titik eutektoid.



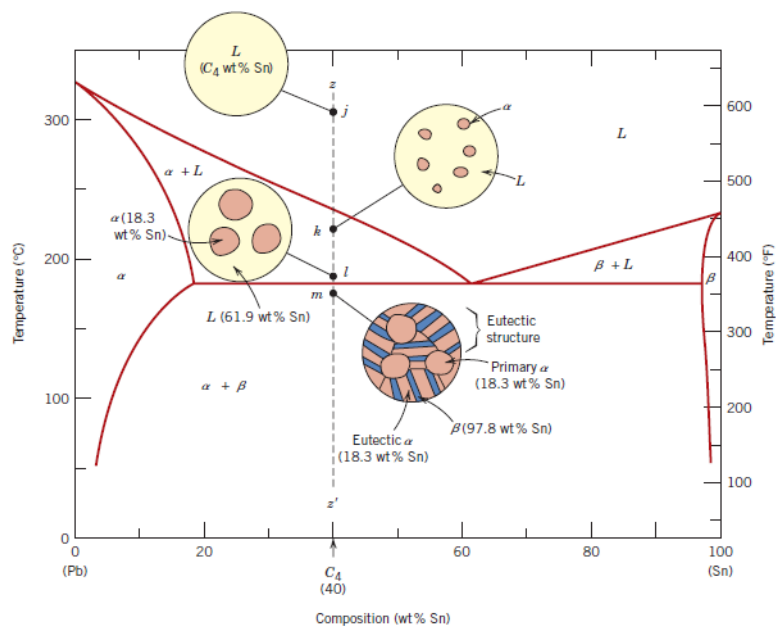
Gambar 1.4. Kestimbangan mikrostruktur paduan timbal-timah dimana pada komposisi pendinginan (a) ketika di C1 (b) ketika di C2



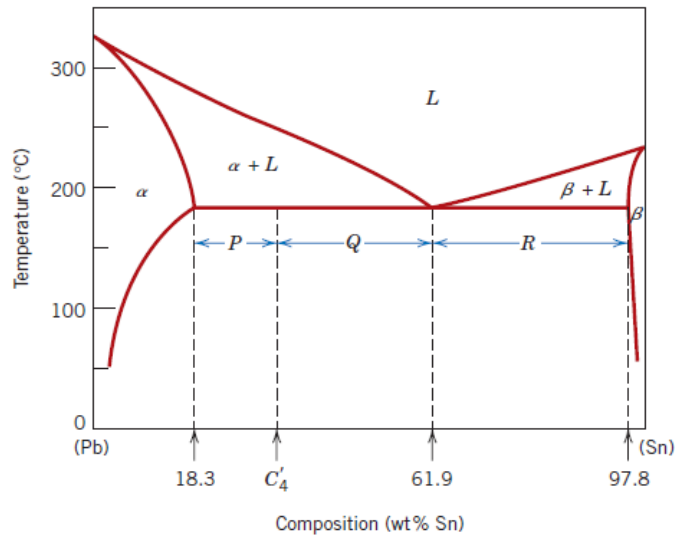
Gambar 1.5. Keseimbangan mikrostruktur paduan timbal-timah pada fasa eutektik

Pada pendinginan melewati temperatur eutektik (Gambar 1.5), struktur mikro yang terbentuk adalah struktur yang berbentuk lapisan atau lamellae (lapisan), struktur seperti ini disebut struktur eutectic.

Pada pendinginan pada komposisi antara α dan titik eutectic akan terbentuk eutectic α , primary α , β . (gambar 1.6)



Gambar 1.6. Keseimbangan mikrostruktur paduan timbal-timah pada saat fasa pendinginan

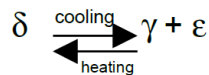


Gambar 1.7. Diagram fasa timbal-timah dan komposisinya pada saat fasa eutektik

REAKSI EUTECTOID DAN PERITECTIC

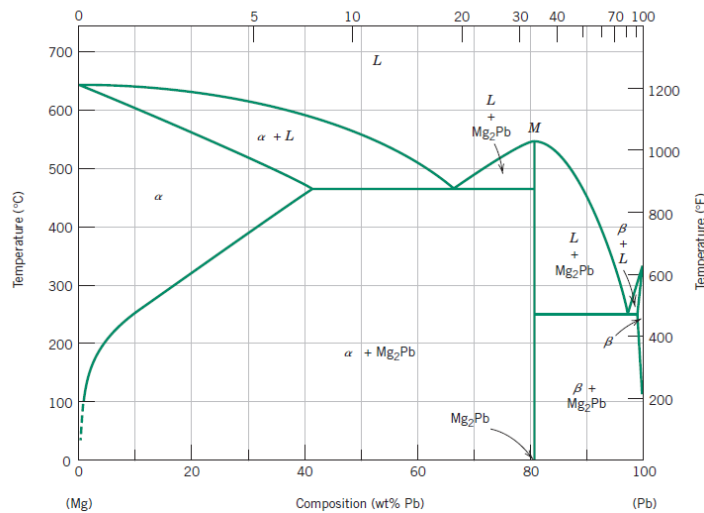
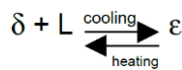
Reaksi eutektoid yaitu reaksi dimana terjadi perubahan fase padat menjadi 2 fase padat lainnya pada proses pendinginan atau sebaliknya.

Contoh : pd T = 558 °C 75 Wt% Zn – 25 Wt% Cu.



Reaksi peritectic yaitu pada proses pemanasan, satu fase padat berubah menjadi 1 fase padat dan 1 fase cair.

Contoh : pd T = 598 °C 78,6 Wt% Zn – 21,4 Wt% Cu.



Gambar 1.12 diagram fasa paduan magnesium-timah

TRANSFORMASI FASE KONGRUEN/SEBANGUN

Transformasi fase congruent adalah transformasi fase dimana tidak terjadi perubahan komposisi

Lawannya transformasi fase incongruent → terjadi perubahan komposisi.

HUKUM FASE GIBBS

Konstruksi diagram fase dan kondisi kesetimbangan fase mengikuti hukum termodinamika.

j.w. gibbs memberikan formula yang disebut hukum fase gibbs :

$$P + F = C + N$$

P : jumlah fase

F : derajat kebebasan

C : jumlah komponen sistem

N : jumlah variabel non-komposisi

Daftra Pustaka

Callister, W. D., & Rethwisch, I. D. (1940). *Materials Science and Engineering An Introduction*. (J. Wiley, & Sons, Eds.) United States of America. doi:ISBN 978-0-470-41997-7

Daryus, A. (2012). *Diagram Fase*. Teknik Mesin, Universitas Darma Persada - Jakarta: Material Teknik.

Izer, M. (2005). Lab 7 - Phase Diagrams.

ALAT DAN BAHAN

Alat :

1. *Hotplate*/kompor listrik
2. Cawan alumina
3. Thermocouple
4. Thermometer

Bahan :

1. Timah Solder (20cm)

PROSEDUR KERJA

1. Siapkan peralatan dan bahan
2. Letakkan cawan alumina dan timah di atas hot plate lalu nyalakan (set suhu *hot plate* 250⁰C).
3. Letakkan sensor termokopel ke dalam cawan, amati setiap perubahan wujudnya dan catat temperatur yang dihasilkan setiap menit hingga timah meleleh sepenuhnya.
4. Setelah meleleh sepenuhnya, matikan hot plate.
5. Amati setiap perubahan wujudnya dan catat temperatur yang dihasilkan setiap menit hingga timah menjadi padat sepenuhnya dan kembali pada suhu ruang.
6. Simpan data temperatur, kemudian tentukan komposisi Pb-Sn dari diagram fasa dan perubahan suhu.

P2 PERCOBAAN SEMIKONDUKTOR

TUJUAN:

1. Mengetahui karakteristik material semikonduktor melalui pengukuran arus dan tegangan pada DSSC (*Dye Sensitized Solar Cells*)

DASAR TEORI

Bahan semikonduktor adalah bahan yang daya hantar listriknya antara konduktor dan isolator. Tahanan jenis bahan semikonduktor antara sekitar $10^{-3}\Omega\text{m}$ sampai dengan sekitar $10^{+3}\Omega\text{m}$. Atom-atom bahan semi konduktor membentuk kristal dengan struktur tetrahedral, dengan ikatan kovalen. Bahan semi konduktor yang banyak dipakai dalam elekttronika adalah silikon (Si) dan Germanium (Ge).

- **Klasifikasi Semikonduktor**

Berdasarkan murni atau tidak murninya bahan semikonduktor dibedakan menjadi dua jenis, yaitu semikonduktor intrinsik dan ekstrinsik (Callister & Rethwisch, 1940).

1. Semikonduktor Intrinsik

Semikonduktor intrinsik merupakan semikonduktor yang terdiri atas satu unsur saja, misalnya Si saja atau Ge saja. Pada kristal semikonduktor Si, 1 atom Si yang memiliki 4 elektron valensi berikatan dengan 4 atom Si lainnya.

2. Semikonduktor Ekstrinsik

Semikonduktor yang telah terkotori (tidak murni lagi) oleh atom dari jenis lainnya dinamakan semikonduktor ekstrinsik. Proses penambahan atom pengotor pada semikonduktor murni disebut pengotoran (doping). Dengan menambahkan atom pengotor (impurities), struktur pita dan resistivitasnya akan berubah. Ketidakmurnian dalam semikonduktor dapat menyumbangkan elektron maupun hole dalam pita energi. Dengan demikian, konsentrasi elektron dapat menjadi tidak sama dengan konsentrasi hole, namun masing-masing bergantung pada konsentrasi dan ketidakmurnian jenis bahan. Terdapat tiga jenis semikonduktor ekstrinsik yaitu semikonduktor tipe-n, semikonduktor tipe-p, dan semikonduktor paduan.

- ***Semikonduktor Ekstrinsik Tipe-n***

Semikonduktor dengan konsentrasi elektron lebih besar dibandingkan konsentrasi hole disebut semikonduktor ekstrinsik tipe-n. Semikonduktor tipe-n menggunakan semikonduktor intrinsik dengan menambahkan atom donor yang berasal dari kelompok V pada susunan berkala, misalnya Ar (arsenic), Sb (Antimony), phosphorus (P). Atom campuran ini akan menempati lokasi atom intrinsik didalam kisi kristal semikonduktor.

- ***Semikonduktor Ekstrinsik Tipe-p***

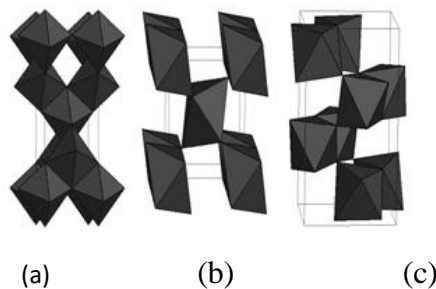
Semikonduktor tipe-p, dimana konsentrasi lubang lebih tinggi dibandingkan elektron, dapat diperoleh dengan menambahkan atom akseptor. Pada Si dan Ge, atom aseptor adalah unsur bervalensi tiga (kelompok III pada susunan berkala) misalnya B (boron), Al (aluminium), atau Ga (galium).

- ***Semikonduktor Paduan***

Semikonduktor paduan (*compound semiconductor*) dapat diperoleh dari unsur valensi tiga dan valensi lima (paduan III-V, misalnya GaAs atau GaSb) atau dari unsur valensi dua dan valensi enam (paduan II-VI, misalnya ZnS). Ikatan kimia terbentuk dengan peminjaman elektron oleh unsur dengan valensi lebih tinggi kepada unsur dengan valensi lebih rendah. Atom donor pada semikonduktor paduan adalah unsur dengan valensi lebih tinggi dibandingkan dengan unsur yang diganti. Atom akseptor adalah unsur dengan valensi lebih rendah dibandingkan dengan unsur yang diganti (ditempati).

- **Semikonduktor TiO₂**

Secara umum TiO₂ memiliki tiga struktur kristal yaitu anatase, rutile dan brookite tampak pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Nanokristal TiO₂ (a) Anatase (b) Rutile (c) Brookite

Fasa TiO₂ anatase lebih fotoaktif dibandingkan dengan fasa rutil, hal ini dikarenakan luas permukaan anatase lebih besar daripada rutil sehingga sisi aktif anatase lebih besar dibandingkan yang dimiliki rutil. Sedangkan fasa brookite merupakan fasa yang paling tidak stabil. TiO₂ pada fasa anatase umumnya stabil pada ukuran partikel kurang dari 11 nm, fasa brookite pada ukuran partikel 11 – 35 nm, dan fasa rutil di atas 35 nm.

Dalam aplikasi semikonduktor untuk *dye sensitized solar cell*, semikonduktor oksida merupakan jantung dari DSSC itu sendiri, karena semikonduktor oksida digunakan untuk mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Ukuran partikel semikonduktor oksida yang digunakan harus dalam skala nano, karena jika ukuran partikel dalam skala nano maka luas permukaan partikel secara keseluruhan akan semakin besar, sehingga menaikkan jumlah pewarna yang terserap dan akan menaikkan jumlah cahaya yang terabsorpsi dan membuat efisiensi DSSC akan meningkat.

TiO₂ merupakan semikonduktor oksida yang sering digunakan, karena TiO₂ memiliki energi pita celah yang besar (>3,00 eV) sehingga mampu menyerap energi foton pada sebagian besar spektrum cahaya matahari. Pita celah dari TiO₂ rutil adalah 3,0 eV setara dengan energi cahaya dengan panjang gelombang 413 nm, sedangkan energi pita celah dari TiO₂ anatase adalah 3,2 eV setara dengan energi cahaya dengan panjang gelombang 388 nm (Gratzel, 2003) (Narayan, 2012).

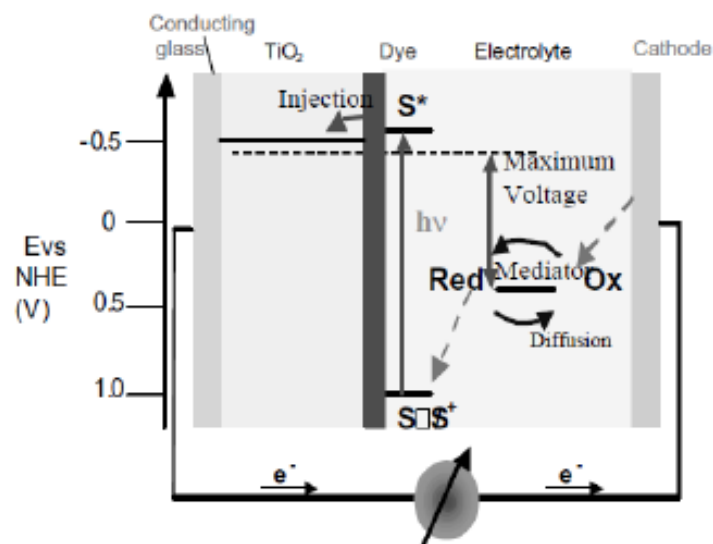
Titanium dioksida merupakan semikonduktor oksida yang memiliki stabilitas kimia yang baik dibawah sinar cahaya Pita konduksi dari titanium dioksida sangat cocok untuk pewarna antosianin, dimana hal ini mempengaruhi injeksi elektron dari molekul pewarna ke dalam semikonduktor oksida (Gratzel, 2003)

- **Struktur dan Cara Kerja DSSC**

Dye-sensitized solar cells atau yang lebih dikenal dengan DSSC adalah piranti untuk mengkonversi cahaya tampak menjadi listrik berdasarkan kepekaan dari luas pita celah semikonduktor. Komponen DSSC sendiri utamanya terdiri dari empat bagian yakni anoda yang terbuat dari kaca TCO yang dilapisi dari

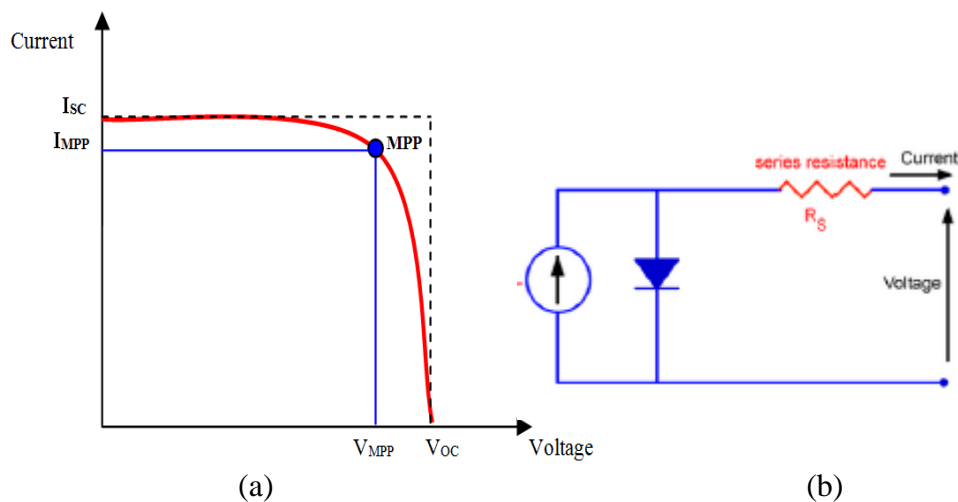
nanopartikel semikonduktor, fotosensitizer pewarna untuk menyerap foton, larutan elektrolit, dan katoda yang juga terbuat dari kaca TCO yang dilapisi oleh karbon.

Prinsip kerja DSSC yang dikemukakan Grätzel ditunjukkan pada gambar 2.2. Inti dari sistem adalah lapisan mesoporous oksida yang terdiri dari partikel berukuran nano yang disinter bersama agar terjadi konduksi elektronik. Materi utama ini dapat berupa TiO_2 . Diatas dari lapisan tipis nanokristalin ini adalah lapisan dari pewarna. Foto eksitasi dihasilkan dalam injeksi dari elektron ke pita konduksi dari lapisan oksida. Bentuk asal dari pewarna dikembalikan oleh reaksi dari elektrolit, biasanya elektrolit yang digunakan adalah pasangan redoks *iodide/triiodide*. Tegangan yang dihasilkan dibawah pencahayaan sesuai dengan perbedaan antara tingkat fermi elektron pada nanopartikel dan potensi redoks elektrolit (Gratzel, 2003). Tenaga listrik dari cahaya dihasilkan tanpa adanya transformasi kimia permanen. Nilai arus pada saat hubungan pendek dipengaruhi oleh jumlah foton pada saat menyinaran dan performansi pewarna.



Gambar 2.2. Prinsip kerja DSSC

Performansi dari DSSC dapat diketahui dengan menggunakan kurva arus dan tegangan (kurva I-V). Kurva I-V ini didapatkan dari hasil pengukuran arus dan tegangan yang dihasilkan oleh DSSC ketika disinari oleh matahari. Kurva I-V dari sel surya ideal ditunjukkan oleh gambar 2.3.



Gambar 2.3. Kurva (a) arus-tegangan (I-V) pada DSSC (b) Pengaruh caraya pada

Hambatan seri pada DSSC disebabkan oleh tiga hal, yakni pergerakan dari arus melalui bagian emiter dan basis pada sel surya, hambatan kontak dari kaca TCO, elektrolit, dan elektroda lawan. Ketika nilai hambatan seri besar maka perpindahan elektron akan lebih lambat dan akan mudah terjadi proses rekombinasi. Hambatan seri ini akan mengurangi besarnya nilai *fill factor*. Apabila besarnya nilai hambatan seri ini sangat besar maka dapat mengurangi arus I_{sc} . Hambatan seri tidak akan mempengaruhi pada kondisi ketikarangkaian terbuka dan menghasilkan tegangan, karena arus akan mengalir seluruhnya pada rangkaian sehingga hambatan serinya adalah nol.

Daftar Pustaka

- Callister, W. D., & Rethwisch, I. D. (1940). *Materials Science and Engineering An Introduction*. (J. Wiley, & Sons, Eds.) United States of America. doi:ISBN 978-0-470-41997-7
- Gratzel, M. (2003, Juli 1). Dye Sensitized Solar Cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*(4), 145-153. doi:10.1016/S1389-5567(03)00026-1
- Narayan, M. R. (2012). Review: Dye sensitized solar cells based on natural photosensitizers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(16), 208–215. doi:10.1016/j.rser.2011.07.148

ALAT DAN BAHAN

Alat:

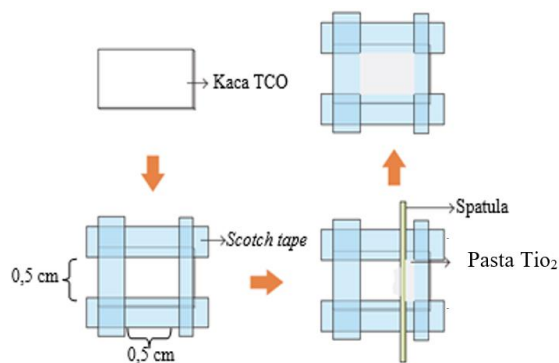
1. Rangkaian listrik
2. Rangkaian DSSC
3. Voltmeter
4. *Scotch tape*
5. Hot plat
6. Gelas beker
7. Pipet

Bahan:

1. Dye (pewarna alami)
2. Elektrolit
3. Aquades
4. Triton X-100
5. Semikonduktor TiO₂
6. CH₃COOH 98%

PROSEDUR KERJA

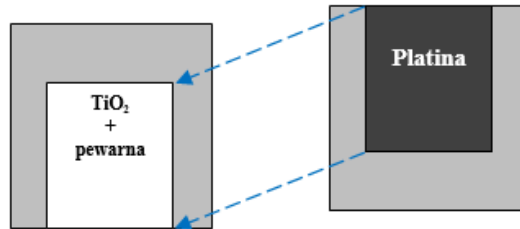
1. Siapkan peralatan dan bahan.
2. Buatlah pasta semikonduktor TiO₂ dengan cara melarutkan 0.25 gram bubuk semikonduktor TiO₂ dalam 87.5µl akuades. Kemudian tambahkan 125µl CH₃COOH 98%, 12.5µl Triton X-100.
3. Berilah *scotch tape* pada kaca TCO kemudian lapiskan pasta TiO₂. Proses pelapisan pasta nanopartikel TiO₂ pada kaca TCO ditunjukkan oleh gambar 2.4. Kaca FTO yang telah dilapisi dipanaskan pada suhu 225°C selama 2 menit menggunakan *hot plate*.



Gambar 2.4. Pelapisan pasta TiO₂ pada kaca TCO (*Transparent Conducting Oxide*) dengan menggunakan metode *doctor blade*

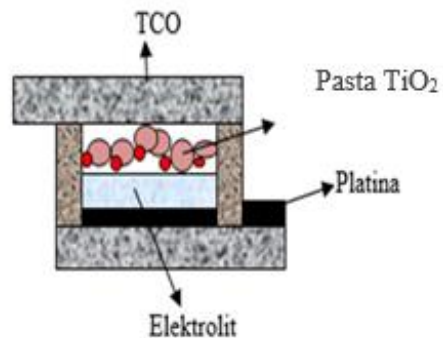
4. Rendamlah kaca TCO yang telah dilapisi oleh semikonduktor TiO₂ di dalam larutan pewarna selama 12 jam. Terdapat 3 variasi pewarna DSSC.

5. Berilah *scotch tape* kaca TCO yang sudah dilapisi TiO_2 dan terendam *dye* pada sisi yang tidak dikenai penjepit sebagai ruang untuk elektrolit.
6. Buatlah dengan TCO yang dilapisi dengan platina untuk elektroda lawan.



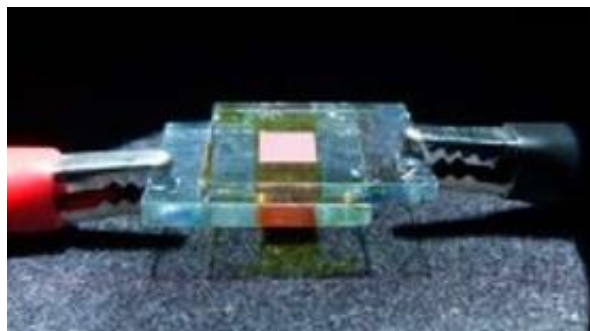
Gambar 2.5. Perakitan DSSC dengan penumpukan kaca TCO yang berlapis TiO_2 dan pewarna dengan kaca TCO berlapis platina

7. Selanjutnya rekatkanlah kaca TCO yang terdapat TiO_2 dengan elektroda lawan yang terlapis platina dengan menggunakan penjepit (klip kertas).
8. Suntiklah cairan elektrolit yang sudah dibuat melalui celah di antara kedua kaca TCO tersebut.



Gambar 2.6. Perakitan DSSC dengan struktur *sandwich* DSSC

9. Sambungkanlah DSSC yang sudah difabrikasi dengan struktur *sandwich* dengan rangkaian listrik untuk mengukur arus dan tegangan.



Gambar 2.7. DSSC yang telah difabrikasi dengan struktur *sandwich*