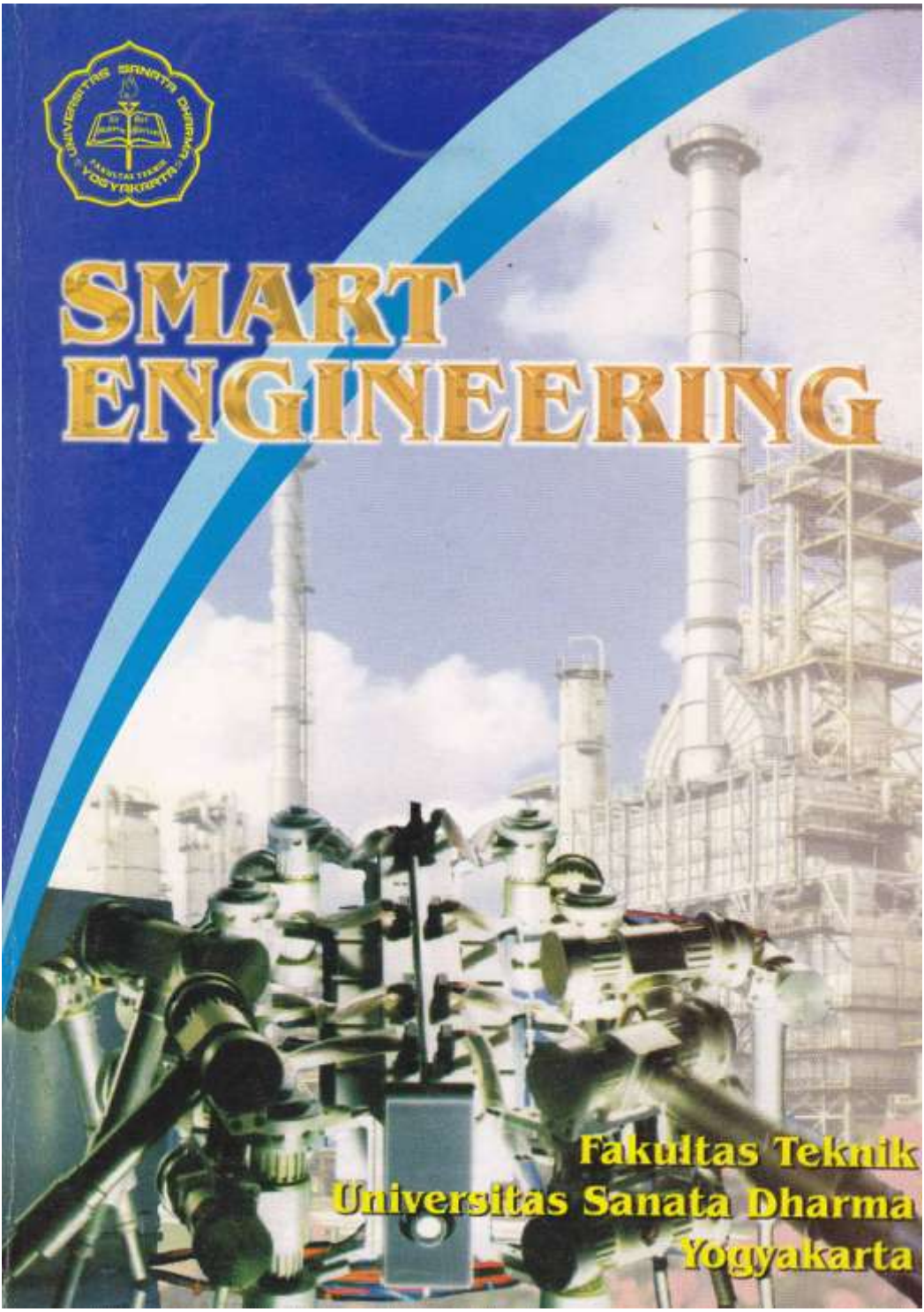
SMART ENGINEERING



Fakultas Teknik
Universitas Sanata Dharma
Yogyakarta

SMART ENGINEERING

© Universitas Sanata Dharma

Penerbitan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma
Kampus III, Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman
Telepon (0274) 883037, Fax (0274) 886529

Cetakan Pertama 2003

Smart Engineering
/Greg. Harjanto ...{et al.};
editor: Bambang Sutopo. -- Yogyakarta: Penerbitan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma, 2003.
150 hlm.; 14,5 x 21 cm.

ISBN

1. Indonesia --Sistem Cerdas
I. Harjanto, Greg II. Sutopo, Bambang

ISBN 979 - 97781 - 0 - 7

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun, termasuk fotokopi, tanpa izin tertulis dari penerbit.

DAFTAR ISI

Halaman judul i
Daftar isi iii
Prakata v

SMART ROBOTS IN MANUFACTURING INDUSTRY
Gregorius Harjanto dan Albertus Rianto S 1

SISTEM KENDALI CERDAS UNTUK MOTOR INDUKSI *(SMART MOTOR CONTROLLER)*
Bambang Sutopo 21

PERANGKAT JARINGAN KOMPUTER YANG PINTAR DARI PC TUA
Bernardinus Sri Widodo 29

SISTEM PENGENALAN OBYEK 2D DENGAN FUNGSI JARAK 1D
Linggo Sumarno 41

ACTIVE MATERIALS SEBAGAI KOMPONEN INTELLIGENT SYSTEM
Pippie Arbiyanti 56

PERANCANGAN SISTEM CERDAS (SMART SYSTEM) UNTUK PELAYANAN PERAWATAN KESEHATAN PASIEN
Prima Ari Setiani 73

PEMBAHASAN METODE FRACTIONAL STEP DENGAN MEMAKAI RUMUS CRANK NICOLSON
P.K. Purwadi 83

SELF-ORGANIZING MAP : ITS USE IN DATA MINING AS A DATA VISUALIZATION AND CLUSTERING TECNIQUE
Veronica S. Moertini 99

ACTIVE MATERIALS SEBAGAI KOMPONEN *INTELLIGENT SYSTEM*

Pippie Arbiyanti

Abstract

Together with the development of science and technology, material technology also growing fast. New materials and associated systems have been discovered. This new materials have smart characteristic compare to the old kinds of material, so its called smart materials. This characteristic make the materials not just a material for supporting and loadbearing applications, where strength, stiffness, and durability are the major concern, but they can sense or react to some different acts. The development of this associated systems with smart materials are used to make the works easier.

This paper describes active materials, such as electrorheological fluids (ER), Magnetorheological fluids (MR), piezoelectric, shape memory alloys (SMA), and shape memory polymers (SMP), as a component of intelligent system. By knowing the characteristic of active materials, we can choose a kind of this materials to make an intelligent system design.

Keywords : *active materials, intelligent system*

A. PENDAHULUAN

Bahan atau material merupakan komponen utama yang penting dalam memproduksi suatu barang di samping komponen lainnya. Seiring perkembangan ilmu dan teknologi, bahan pun mengalami perkembangan yang pesat. Penelitian-penelitian di bidang material dititikberatkan pada penemuan jenis-jenis material baru dan sistem integrasinya. Jenis-jenis material baru ini berupa material yang benar-benar baru

maupun material yang telah lama ada, baik logam maupun non logam, yang dipadukan sehingga mempunyai sifat-sifat yang baru. Dari sifat-sifat material yang baru ini, dapat dibuat peralatan baru yang lebih otomatis.

Tujuan diciptakannya peralatan-peralatan baru ini adalah untuk lebih menunjang pekerjaan-pekerjaan manusia. Pekerjaan-pekerjaan yang sulit dan berbahaya, misalnya di bidang industri atau kedokteran, yang dulu hampir tidak mungkin dikerjakan manusia, sekarang menjadi mungkin dengan adanya peralatan-peralatan pendukung tersebut.

Perkembangan material dapat dibedakan berdasarkan fungsinya menjadi (*Craig & Stolfi, 1994*):

1. *Struktural material*

   merupakan jenis material yang hanya digunakan sebagai penunjang atau beban penunjang. Sesuai fungsinya sifat-sifat mekanik material berupa kekuatan, kekakuan, dan ketahanan merupakan syarat yang mutlak. Contoh dari material jenis ini adalah bahan logam yaitu besi, baja, aluminiuam, dan sebagainya.

2. *Functional material*

   merupakan jenis material yang digunakan selain karena sifat-sifat kekuatan dan ketahanannya, misalnya silicon digunakan sebagai bahan semikonduktor untuk membuat komponen-komponen elektronika seperti dioda, transistor, dan IC karena mempunyai sifat elektrikal.

3. *Active material*

   merupakan jenis material yang bersifat reaktif terhadap suatu pengaruh tertentu misalnya karena pengaruh medan magnet atau medan listrik.

4. *Intelligent material*

   merupakan jenis material yang dapat bereaksi sehingga karakteristiknya berubah melalui *feedback loop* yang

berhubungan dengan sensor, aktuator, dan mikroprosesor.

5. *Fuzzi material*

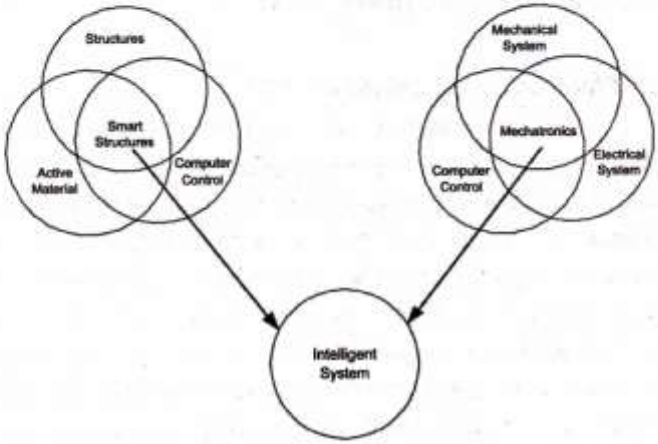
   merupakan jenis material yang terintegrasi dengan baik, dimana batas-batas fisiknya memisah pada fungsi yang berbeda, sehingga seakan-akan menjadi kabur.

Dari perbedaan fungsi material-material di atas, dapat dijelaskan bahwa perkembangan material menuju pada suatu jenis material yang semakin cerdas, yang dalam istilah populernya disebut sebagai *"smart material"*. Dari jenis-jenis material di atas, yang termasuk dalam *smart material* adalah jenis *active material, intelligent material,* dan *fuzzi material.* Material-material jenis ini tidak lagi dibutuhkan semata-mata hanya karena sifat-sifat mekaniknya, yaitu kekuatan, kekakuan, dan ketahanan terhadap korosi atau panas, namun karena reaksinya terhadap suatu pengaruh tertentu yang dikenakan pada material tersebut.

B. *INTELLIGENT SYSTEM*

Dengan adanya penemuan-penemuan baru di bidang material, dimana material tersebut mempunyai karakteristik-karakteristik yang khas yang dulu belum pernah ada, membawa konsekuensi positif, yaitu ditemukannya juga sistem-sistem integrasi terbaru dengan penggunaan material-material baru sebagai komponen utama. Sistem integrasi ini berupa peralatan-peralatan atau mesin-mesin yang mampu mengerjakan tugas-tugas yang hampir tidak dapat dikerjakan manusia sebelumnya. Sistem integrasi ini disebut sebagai *Intelligent System*, yang berarti sistem yang cerdas. Sistem ini mempunyai sifat mampu merasakan perubahan, memproses informasi tersebut, dan melalui perintah ke bagian aktuator, melakukan berbagai macam reaksi.

Bagan pada gambar 1 di bawah ini menunjukkan gambaran suatu intelligent system. Komponen-komponen pembentuknya adalah integrasi antara *smart structures* dan sistem mekatronika. *Smart structures* sendiri merupakan integrasi dari struktur dan *active materials* yang dikendalikan oleh komputer. Dan mekatronik merupakan integrasi dari unsur-unsur mekanikal, elektrikal dan kendali komputer.



Gambar 1. Komponen-komponen Intelligent System
(Sumber : Craig & Stolfi, 1994)

Melalui sistem yang terintegrasi dan disain yang kompak, sistem yang lebih ringkas, berbiaya rendah, dan reliabilitas yang tinggi dapat dibangun.

C. ACTIVE MATERIALS

Dari salah satu jenis material yang dibedakan berdasarkan fungsinya seperti di atas, dalam makalah ini akan dibahas *active materials*, yang meliputi jenis, karakteristik, dan aplikasinya.

Sesuai fungsinya, active materials merupakan jenis

material yang bersifat reaktif terhadap suatu interaksi fisik tertentu yang dikenakan padanya. Jenis-jenis *active materials* adalah *(Craig & Stolfi, 1994)*:

1. *Electrorheological fluids (ER)*
2. *Magnetorheological fluids (MR)*
3. *Piezoelectric*
4. *Shape memory alloys (SMA)*
5. *Shape memory polymers (SMP)*

C.1. Electrorheological fluids (ER)

Electrorheological fluids (ER) merupakan material yang berujud fluida yang merupakan gabungan dari partikel-partikel dialektrik terbaik yang dikelilingi oleh penyekat medium. Material ini terdiri dari partikel-partikel terpolarisasi dalam larutan non-konduk yang menjadi keras jika dipengaruhi medan listrik. Dengan kata lain, harga viskositas fluidanya dapat berubah karena pengaruh medan listrik. Sifat-sifat rheologik dari material ini berubah sesuai persentase dari penggunaan medan listrik. Medan listrik yang menginduksi tegangan yield, τ_y, dan viskositas, η, merupakan dua parameter yang paling penting dalam mendisain peralatan dengan material ini.

Perhitungan sifat-sifat yang digunakan untuk mendisain ER material diperlihatkan seperti model plastis Bingham di bawah ini yang dianggap memberikan akurasi yang cukup;

$$\tau = \tau_y + \eta\gamma$$

dimana τ = tegangan geser
τ_y = tegangan Yield
η = viskositas material
γ = regangan

Perubahan pada sifat-sifat mekanik yang diperlihatkan

ER material adalah hasil langsung dari formasi dan kerusakan ikatan jaringan dari partikel terinduksi. Gambar 2 di bawah ini memperlihatkan perubahan sifat mekanik akibat pengaruh medan listrik dengan pemberian tegangan 0 dan 1,5 kV/mm dari ER material dengan harga rasio poisson $\nu = 0{,}65$.

a. E = 0 b. E = 1,5 kV/mm

Gambar 2. Perubahan mekanik ER material
(Sumber : Craig & Stolfi, 1994)

Secara umum ER material mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (*Craig & Stolfi, 1994*);

a. Beroperasi pada temperatur -40 sampai +200 °C
b. Bekerja pada tegangan listrik 2 - 4 kV/mm.
c. Viskositas tanpa medan 0.1 – 0.3 Pa-s
d. Tahan goresan, tahan korosi, tidak mudah terbakar, dan tidak beracun.
e. Penguapan rendah.

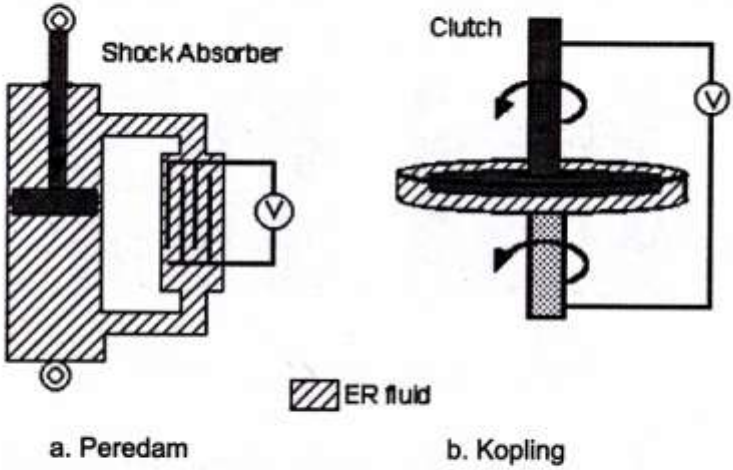
Jenis-jenis ER material yang telah banyak digunakan adalah:

a. Fluor dalam minyak sayur
b. Alumina dalam minyak Silicon
c. Silica dalam minyak Silicon

ER material telah banyak diaplikasikan sebagai komponen peralatan kecepatan tinggi. Beberapa contoh aplikasinya adalah:

a. Katup Electrorheologic

b. Peredam (gambar 3.a)
c. Kopling Elektrorheologic (gambar 3.b)
d. Mesin pengangkat



Gambar 3. Aplikasi ER material
(Sumber: Campbell; akses Mei 2003)

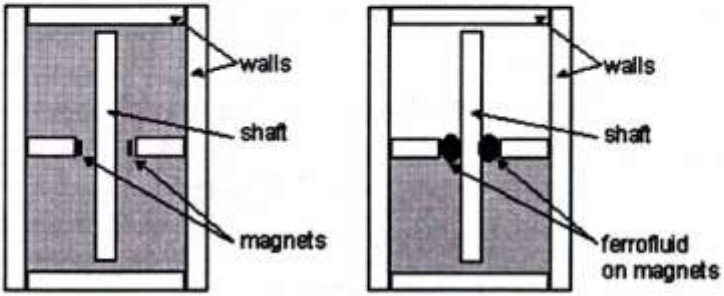
C.2. Magnetorheological fluids (MR)

Magnetorheological fluids (MR) adalah material berbentuk fluida yang bersifat dapat merubah dimensinya karena pengaruh medan magnet *(Campbell, 2003)*. Karena berbentuk fluida, maka besaran yang sangat berpengaruh adalah viskositas. Harga viskositasnya dapat dikendalikan oleh medan magnet. Harga viskositas awalnya dapat ditetapkan sebagai resistansi aliran. Jenis *magnetorheological fluids* yang ada:

a. Bubuk besi dalam minyak
b. Ferrofluid (Fe_3O_4)

Gambar 4. a) dan b) di bawah ini memperlihatkan

suatu batang pengunci dari bahan magnetorheological fluids. Pada gambar a) cairan berada di kedua sisi, dan pada gambar b) menunjukkan cairan berada pada satu sisi saja. Pada gambar b) larutan Ferrofluid terpengaruh medan magnet di sekitar magnet, sehingga menutup lubang penghubung antara dua sisi tersebut.

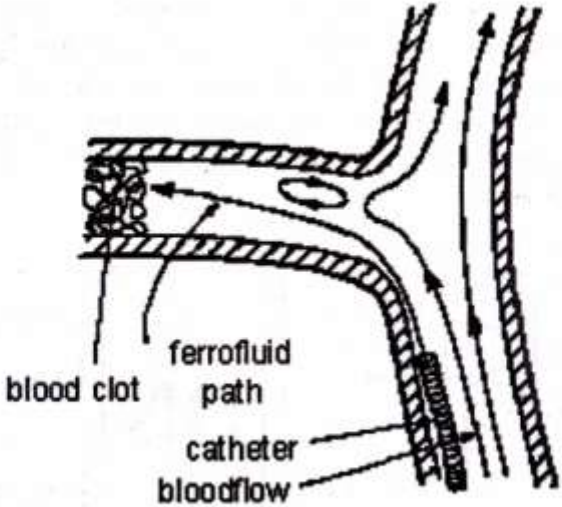


a. cairan berada pada kedua sisi

b. cairan berada pada satu sisi

Gambar 4. Batang pengunci dari bahan MR
(Sumber: Campbell; akses Mei 2003)

Contoh aplikasi material *magnetorheological fluids* adalah sebagai bahan peralatan kedokteran *Clot Removal* (lihat gambar 5). Peralatan ini berfungsi untuk menghilangkan gumpalan darah beku yang ada di pembuluh darah pasien.



Gambar 5. Clot Removal
(Sumber: Campbell; akses Mei 2003)

C.3. Piezoelectric

Pengertian dari *piezoelectricity* adalah konversi antara energi mekanik dan energi listrik. Piezoelectric material merupakan material yang dapat bereaksi terhadap tekanan mekanik karena perubahan tegangan listrik atau bereaksi untuk merubah besar medan listrik karena perubahan bentuknya *(Campbell, 2003)*. Material *piezoelectric* mempunyai sifat dapat beraksi sebagai aktuator atau sensor tergantung pada polaritasnya.

Jenis-jenis *Piezoelectric* material adalah:

a. Kwarsa (*Quartz*), merupakan bahan *piezoelectric* yang paling banyak jumlahnya.
b. *Lead zirconate titanate* (PZT), merupakan jenis *piezoelectric*

ceramic.

c. *Polyvinylidene difluoride* (PVDF), merupakan jenis *piezoelectric polymer.*

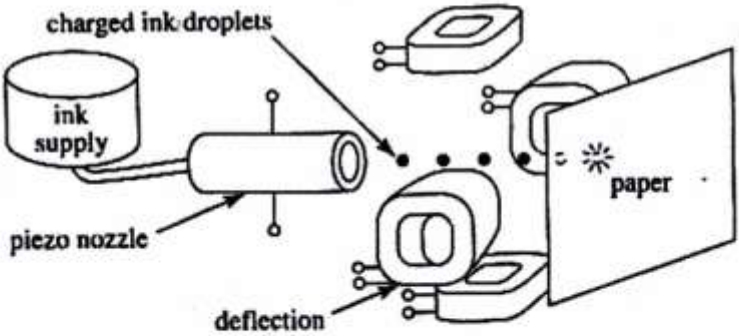
Bahan *piezoelectric* banyak digunakan sebagai bahan peralatan aktuator, yaitu peralatan yang dapat menyebabkan suatu objek bergerak. Contoh aplikasi material *piezoelectric* adalah:

a. *Vibration control*

   Piezoelectric mempunyai sifat yang sangat baik dalam mengendalikan getaran, sehingga banyak digunakan sebagai bahan dalam peralatan-peralatan audio seperti microphone dan tweeter pada sistem stereo.

b. Printer tinta (*ink jet printer*)

   Bahan piezoelectric pada bagian nozzle, seperti pada gambar 6 di bawah ini, mengerut jika ada aliran arus. Secara elektrik tinta keluar dari tanki (*ink supply*) melalui nozzle yang sempit. Di luar tanki, tinta terdefleksi dan dipercepat oleh koil deflection sehingga mengenai kertas pada daerah tertentu sesuai programnya.

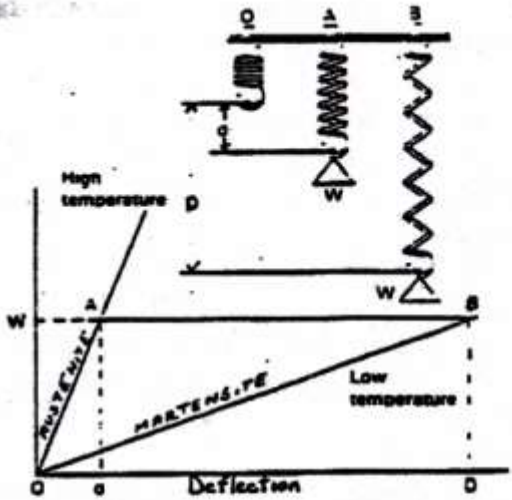


Gambar 6. Ink jet printer
(Sumber: Morriss, 1995)

C.4. Shape Memory Alloys

Shape memory alloys (SMA) adalah suatu jenis *active materials* yang mempunyai kemampuan dapat berubah dari bentuk sementara ke bentuk semula jika dipanaskan (*Craig & Stolfi, 1994)*. SMA mengalami perubahan modulus geser yang besar melebihi suhu relatif. Dalam kondisi dingin atau pada keadaan temperatur transformasinya, SMA mempunyai harga modulus geser rendah dan mudah berubah menjadi bentuk yang baru yang dapat bertahan. Kemudian jika dipanaskan di atas temperatur transformasinya, struktur kristalnya dapat berubah yang menyebabkan material ini kembali ke bentuk semula.

Gambar 7 di bawah ini memperlihatkan kurva defleksi pada pegas dengan bahan SMA. Garis OB terletak pada daerah temperatur rendah dan garis OA pada daerah temperatur tinggi. Jika pegas diberi beban sebesar W pada temperatur rendah, akan menghasilkan defleksi sebesar D ke titik B. Pada temperatur tinggi, defleksi akan berkurang menjadi d sepanjang pada garis BA. Jika pegas ini didinginkan kembali, beban akan membuat pegas tertarik ke titik B.



Gambar 7. Defleksi pada pegas berbahan SMA (Sumber : Craig & Stolfi, 1994)

Paduan-paduan yang memperlihatkan efek *shape memory* adalah Ni-Ti (Nitinol), Cu-Al-Ni, Cu-Zn, Cu-Zn-Al. Dari paduan-paduan tersebut, yang banyak digunakan adalah Nitinol. Nitinol dibuat dalam bentuk kawat dan film tipis. Jenis material ini mempunyai sifat-sifat mekanik dan elektrik yang sangat baik, harga patah lelah yang tinggi, dan tahan terhadap korosi. Sebagai aktuator, Nitinol dapat menahan lebih dari 5% regangan dan tekanan 50.000 psi dalam siklus tinggi *(Banks, 2003)*. Sebagai contoh, kawat Nitinol berdiameter 0,02 in mampu mengangkat beban 16 lb. Nitinol juga mempunyai sifat resistan sehingga memungkinkan digerakkan secara elektrik. Jika arus listrik dialirkan langsung pada kawat tersebut, dapat menghasilkan panas yang cukup untuk menuju fase transformasi. Pada beberapa kasus, temperatur transisi dari

material ini dipilih seperti temperatur kamar berada di bawah titik transformasinya. Hanya dengan menambahkan panas, material ini dapat menunjukkan reaksinya. Nitinol adalah sebuah aktuator, sensor, dan pemanas dalam satu material.

Shape memory alloys telah banyak diaplikasikan sebagai komponen peralatan-peralatan otomatis, contohnya:

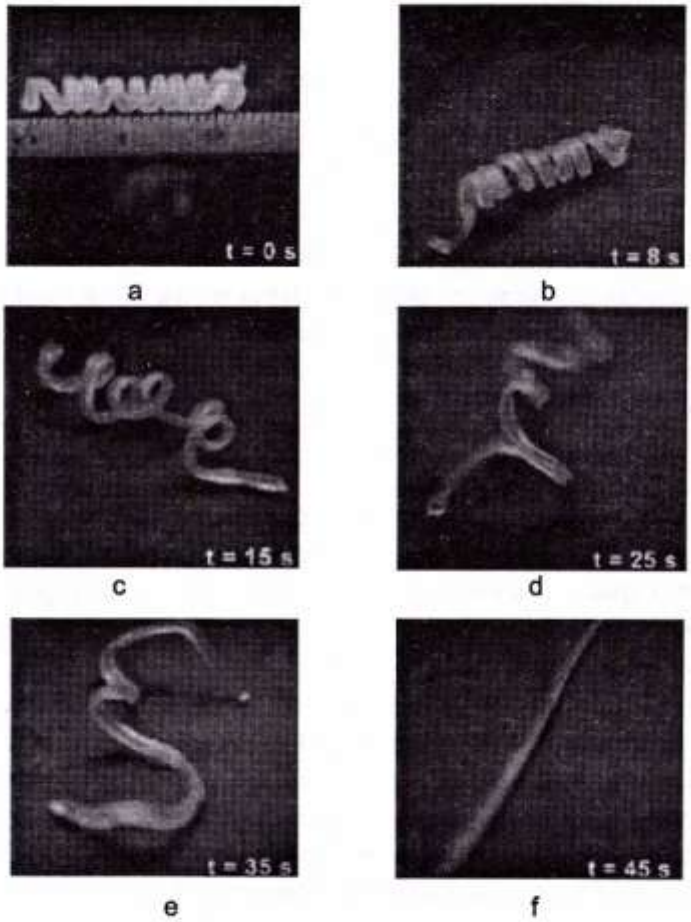
1. Aktuator panas
   Pegas dari paduan Cu-Zn-Al digunakan dalam sistem pembuka jendela otomatis pada rumah kaca.
   Jendela akan terbuka jika temperatur ruangan terlalu panas untuk tanaman dan akan menutup kembali jika temperatur menurun.
2. Peredam getaran
   Dibandingkan dengan aktuator *piezoelectric* dan ER material yang bekerja pada tegangan listrik yang tinggi, aktuator SMA mempunyai keuntungan karena dapat bekerja pada tegangan listrik yang relatif rendah, yaitu sekitar 5 Volt untuk perpanjangan 1 in. Jadi dengan menggunakan bahan SMA sebagai struktur yang fleksibel, getaran dapat diredam dengan mengendalikan temperatur.

C.5. Shape Memory Polymers

Shape Memory Polymers (SMP) adalah material berbahan polimer yang mempunyai sifat seperti *shape memory alloys*, yaitu dapat berubah ke bentuk semula ketika dipanaskan di atas temperatur transisinya.

Contoh polimer yang mempunyai efek *shape memory* adalah jenis polyurethane. Polimer ini diprogram untuk dapat kembali ke suatu bentuk dalam waktu beberapa detik pada temperatur sekitar 70 °C, dan dapat terdeformasi selama beberapa kali.

Fleksibilitas, yang merupakan sifat utama shape memory polymers diperlihatkan dalam gambar 8 a)-f), dimana material ini dapat kembali ke bentuk semula dalam waktu 45 detik dengan dipanaskan pada temperatur 65°C.



Gambar 8. Perubahan bentuk shape memory polymer
(Sumber: Brennan, 2001)

Keunggulan *shape memory polymers* (SMP) dibandingkan dengan *shape memory alloys* (SMA) adalah:

a. Lebih mudah dibuat dan diprogram, karena SMP tidak memerlukan perlakuan panas dalam proses pembuatannya, sedangkan SMA membutuhkan perlakuan panas pada suhu beberapa ratus °C.
b. Lebih murah dan ringan
c. Dapat mencapai range suhu yang besar karena temperatur transisi lebih mudah diatur.
d. Sangat tahan terhadap korosi.

Dengan keunggulan-keunggulannya, *shape memory polymers* telah banyak diaplikasikan terutama dalam bidang kedokteran, misalnya dalam peralatan medis untuk menjaga terbukanya katup pompa darah pasien *(blood vessel), catheter,* dan benang jahitan pada operasi pasien yang memberikan keuntungan lebih dibandingkan peralatan yang telah ada.

D. PENUTUP

Masing-masing jenis *active material* di atas mempunyai karakteristik yang berbeda-beda satu dengan lainnya. Perbedaan karakteristik-karakteristik ini memungkinkan penggunaan *active materials* yang saling mengisi untuk pembuatan suatu sistem integrasi tertentu.

Peranan *active materials* sebagai salah satu komponen *intelligent system* terlihat pada aplikasi material tersebut dalam suatu sistem peralatan terpadu yang telah dibuat. Kemampuan untuk mendisain peralatan praktis dengan menggunakan *active materials* membutuhkan pengetahuan luas di bidang mekanik dan elektrik untuk pemilihan jenis-jenis material tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Banks, H.T., *Active Material*, http://search.gatech.edu/query.html; akses Mei 2003.

Brennan, Mairin, 2001, *Suite of Shape Memory Polymers*, Chemical and Engineering News, Copyright American Chemical Society.

Campbell, Dean, *Atoms and Their Electrons*, http://www.uis.edu/~trammell/trammell.html; akses Mei 2003.

Craig, Kevin dan Stolfi, Fred, 1994, *Introduction to Mechatronic System Design with Applications*, IEEE dan ASME.

Morriss, S. Brian, 1995, *Automated Manufacturing Systems*, McGraw Hill International Editions.

Surdia, Tata dan Saito, Shinroku, 1999, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.