



**MEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL MELALUI PEMBANGUNAN  
REAKTOR PRPRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI  
RADIOISOTOP**

**Yudiutomo Imardjoko**  
Direktur Utama PT.Batan-Teknologi



MEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL  
MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP

**KETAHANAN NASIONAL**  
Yudhono Lubis  
Direktur Utama PT Bina-Ekologi

Industri berbasis Nuklir menjadi salah satu andalan Ketahanan Nasional

MEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL  
MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP

**Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI)**

**Visi**

- Peningkatan nilai tambah dan perluasan kesempatan pasar melalui peningkatan pengelolaan aset dan akses (potensi) SDA, optimalisasi sumber daya manusia, penciptaan kegiatan ekonomi yang terintegrasi dan sinergis di kawasan pusat-pusat pertumbuhan nasional
- Mendorong terwujudnya pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan dan inklusif domestik dalam rangka penguatan daya saing dan daya tarik nasional
- Mendorong penguatan sistem inovasi nasional di sisi produksi, proses, maupun pemasaran untuk penguatan daya saing global yang berkelanjutan, menuju innovation-driven economy

Industri berbasis Nuklir menjadi bagian dari MP3EI

**PEMASOK PRODUK RADIOISOTOP**

Terdapat 5 reaktor yang memasok kebutuhan produk radioisotop, yaitu:

- Canada NRU; Canadian Company Nordion (MDS Nordion)
- Netherlands HFR
- Belgium BR-2 telah ditutup sejak 28 Agustus 2008
- France's Osiris
- South Africa Safari-1

Berdasarkan studi pasar yang dilakukan oleh *Amersham International, U.K.*, kebutuhan Mo-99 di dunia sebesar 12.000 Ci/minggu & diproyeksikan pasar radioisotop dunia akan naik terus sekitar 3 - 6% per tahun berkat semakin beragamnya penggunaan radioisotop di berbagai bidang.

Page 5

**PT. Batan Teknologi (Persero)**

Kebutuhan produk radioisotop dalam negeri saat ini hanya dipasok oleh PT. Batan Teknologi (Persero).

- ❖ PT. Batan Teknologi (Persero) didirikan pada tanggal 24 Mei 1996 sebagai bagian dari strategi Pemerintah Indonesia untuk mengkomersialkan teknologi nuklir.

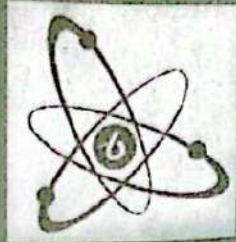


*pt. batan teknologi (persero)*

- ❖ Pembentukan PT. Batan Teknologi (Persero) juga diharapkan untuk menyebarkan hasil R & D dari Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN).

Page 6

MEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL  
MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOSOTOP



PT. Batan Teknologi (Persero)



Radiosotop &  
Radiofarmaka  
(Ir-192, Mo-99, Generator  
Tc-99m, I-131, dll)

Elemen Bahan Bakar  
(Reaktor Penelitian  
PRSG-BATAN)

Jasa Aplikasi Teknik  
Nuklir  
(NDT, Tes X-ray, Audit  
Parameter Process)

Pasokan produk tersebut dapat terpengaruh oleh jadwal RSG. GA. Siwabessy yang dikelola oleh BATAN, sehingga apabila reaktor sedang tidak beroperasi (14 minggu dalam 1 tahun) PT Batan Teknologi (Persero) harus melakukan *back-up* bahan baku dari luar negeri.

Page 7

MEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL  
MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOSOTOP

### Kerjasama PT. Batan Teknologi (Persero) Dengan Negara-negara ASEAN



PT. Batan Teknologi (Persero)



Vietnam (2002-skrng)

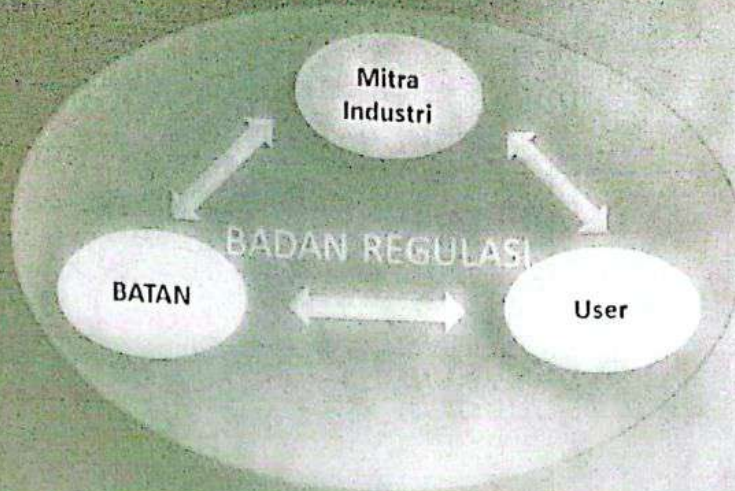
Thailand (2002-2006)

Philipina (2002-2010)

Malaysia (2002-skrng)

Page 8

MEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL  
MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP



Salah satu pengembangan Radioisotop dan Radiofarmaka PT. Batan Teknologi (Persero) melibatkan komunikasi timbal balik antara BATAN, Mitra Industri, dan Pengguna serta Badan Regulasi (BAPETEN, Badan POM, Dirjen Bina Farmasi)

Page 9

MEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL  
MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP

## DAYA SAING

- Produk unik, *single producer* dan *captive market*.
- Dibutuhkan jaringan distribusi untuk menjangkau pasar yang lebih luas di produk : Radioisotop, Radiofarmaka dan Jasa Teknik.

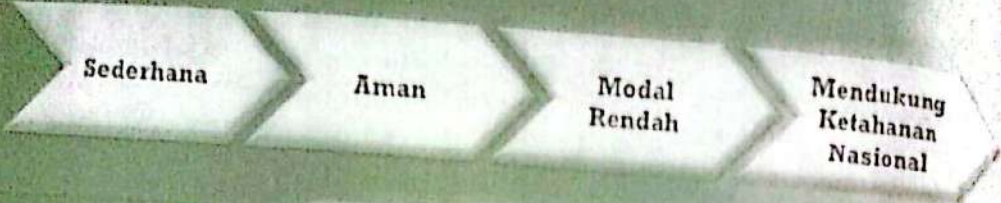
## SINERGI

- Pemanfaatan jaringan distribusi melalui sinergi antara BUMN dan jaringan distribusi swasta.
- Sinergi untuk saling memanfaatkan kompetensi untuk *product development* yang sesuai pasar.

Page 10

MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP  
MEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL

## REAKTOR PRODUKSI ISOTOP (RPI)



Page 11

MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP  
MEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL

### PRODUK

- Radioisotop & Radiofarmaka
- Listrik

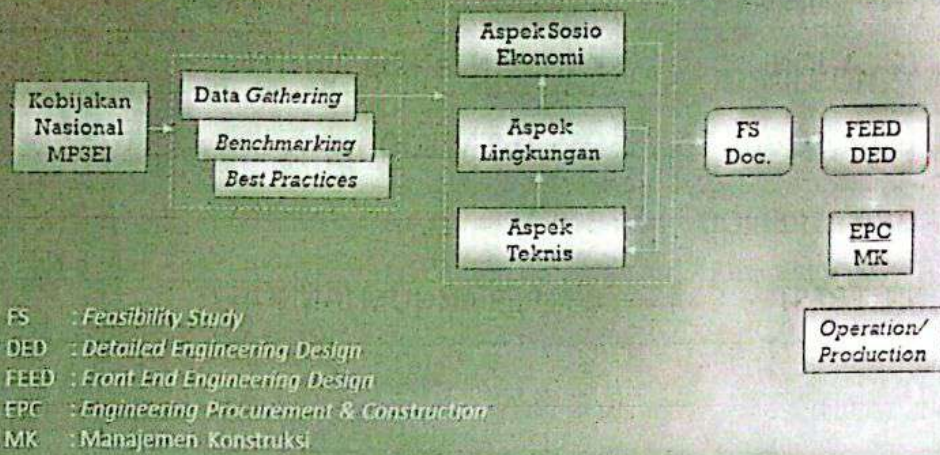
### ASPEK STRATEGIS

- Meningkatkan kehandalan & kontinuitas produksi untuk memperkuat posisi PT. Batan Teknologi (Persero) sebagai produsen radioisotop & radiofarmaka baik di Indonesia maupun regional.
- Memberikan contoh nyata pembangkitan & pemanfaatan energi nuklir untuk mendukung peningkatan nilai tambah sumber daya alam yang ada dengan cara menjual material yang telah diproduksi.
- Kegagalan Indonesia dalam 2 aspek tersebut di atas akan dimanfaatkan oleh negara lain, mis : Malaysia yang berencana mendirikan daerah Serawak.

Page 12

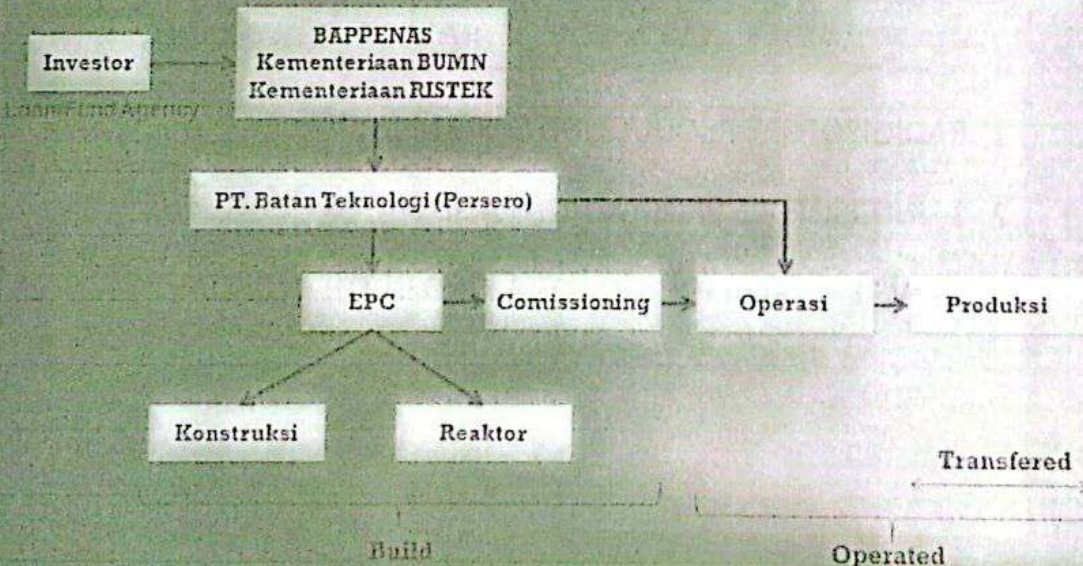
NEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL  
 MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP

**PENDEKATAN KONSEP FEASIBILITY STUDY  
 REAKTOR PRODUKSI ISOTOP**



NEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL  
 MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP

**BUILD, OPERATED, AND TRANSFERRED (BOT)**





MEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL  
MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP

### NUCLEAR INDUSTRIAL ESTATE

- 1. LOCATION : KALIMANTAN OR BANTEN
- 2. LOAN SOUGHT : US\$ 165 MILLION
- 3. GRACE PERIOD : 5 YEARS
- 4. INTEREST : 8 % PER ANNUM (ANNUITY)



Page 15

MEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL  
MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP

### BREAKDOWN OF LOAN : US\$ 165 MILLION

#### I. EQUIPMENTS

- 1. RADIOISOTOPE PRODUCTION SYSTEM 1MW
- 2. 1 UNIT ISOTOPE PRODUCTION FACILITY
- 3. NEW REACTOR TYPE, ONE OF A KIND IN THE WORLD

Page 16

MEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL  
MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP

### II. COST OF EQUIPMENT AND CONSTRUCTION

1. 1 REACTORS	: US\$ 85 MILLION
2. 1 ISOTOPE PRODUCTION FACILITIES	: US\$ 70 MILLION
3. WORKING CAPITAL	: US\$ 10 MILLION
<b>TOTAL LOAN REQUESTED</b>	<b>: US\$ 165 MILLION</b>

Page 17

MEMBANGUN KETAHANAN NASIONAL  
MELALUI PEMBANGUNAN REAKTOR PRODUKSI ISOTOP & FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP

### *Product: To Provide World Market In Term Of Health and Medical Sectors*

1. Mo-99	: 3000 Ci 6-Day Ci,	Selling Price
FOB = US\$ 1000 Per Ci		
2. Ir-192	: 700 Sources Per Week,	Selling Price FOB =
US\$ 1600 Per Source		
3. I-131 Bulk Per Ci	:	Selling Price FOB = US\$ 440
4. I-131 Oral Solution	:	Selling Price FOB = US\$ 131 /150 mCi

Page 18

1. IRR : 30.94%
2. NVP (i = 15%) : US\$ 21.365 MILLION

PROJECT OWNER : PT BATAN TEKNOLOGI (PERSERO)  
ADDRESS : BUILDING 70 KAWASAN PUSPIPTEK  
SERPONG  
CONTACT PERSON : Ir. Yudiutomo Imardjoko, M.Sc. PhD  
PHONE : 021-756021 1/ 021 -7560555  
FAX : 021-7560118  
EMAIL ADDRESS : imardjoko@batantek.com

## PENGERAK MEKANIK DENGAN MENGGUNAKAN PRINSIP TEKANAN

Arini Rosa Sinensis & Apit Fathurrohman  
Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Sriwijaya

### ABSTRAK

Makalah ini bertujuan membahas penggerak mekanik dengan menggunakan prinsip tekanan. Pada rangkaian penggerak mekanik ini menggunakan prinsip tekanan yaitu pada hukum pascal dimana "Tekanan yang diberikan pada suatu cairan yang tertutup diteruskan tanpa berkurang ke tiap titik dalam fluida dan ke dinding bejana". Ketika salah satu jarum suntik yang ditekan maka zat cair akan mendorong penghisap pada jarum suntik sehingga beban tersebut akan naik. Penerapan hukum pascal dalam modifikasi penggerak mekanik dapat dijadikan sebagai media pembelajaran pokok bahasan tekanan dan fluida. Pada rangkaian penggerak mekanik ini dibuat sangat sederhana yaitu dengan pengawasan dan kontrol manusia, disarankan untuk penelitian lebih lanjut dapat memodifikasi alat penggerak mekanik ini dengan menggunakan mesin ataupun kontrol dari pemrograman komputer dan fluida yang digunakan menggunakan oli, agar menggerakkan alat mekanik ini dapat lebih mudah dan cepat sehingga dapat diproduksi massal dan dijadikan sebagai media pembelajaran mengenai konsep tekanan dan fluida dalam pembelajaran sekolah.

**Kata kunci :** penggerak mekanik, tekanan

### PENDAHULUAN

Perkembangan Teknologi pada saat ini sudah sangat pesat, dari pemanfaatan energi mekanik, energi listrik, energi elektronik, energi udara bertekanan atau pneumatik, energi hidrolik atau energi fluida bertekanan menyebabkan semakin luasnya penggunaan energi untuk kemudahan manusia. Dengan kombinasi dari jenis energi itu dapat diciptakan sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu. Alat mekanik biasanya digunakan untuk tugas berat, berbahaya, pekerjaan berulang dan kotor.

Kebanyakan digunakan dalam bidang industri biasanya disebut juga dengan alat berat, sebagai contoh untuk pembersihan limbah, pengangkutan barang, pengeruk tanah dan sebagainya. Tapi seiring dengan perkembangan, alat mekanik dapat kita jumpai dalam kehidupan sehari untuk membantu pekerjaan manusia yaitu sebagai, alat pembantu rumah tangga, seperti penyedot debu dan pemotong rumput.

Alat mekanik membutuhkan sumber tenaga untuk dapat bergerak. Ada tiga macam sumber yang sering digunakan, yaitu listrik, *pneumatic*, *Hydraulic*. Berdasarkan uraian di atas penulis membuat modifikasi alat mekanik *exavator* dengan sumber tenaga hidrolik yaitu dengan menggunakan konsep tekanan dan konsep fluida fisika.

Pembuatan penggerak mekanik ini bertujuan untuk menambah wawasan pengetahuan mengenai prinsip tekanan dan fluida, dan dapat dijadikan sebagai

Pembuatan penggerak mekanik ini bertujuan untuk menambah wawasan pengetahuan mengenai prinsip tekanan dan fluida, dan dapat dijadikan sebagai media pembelajaran dalam sekolah sebagai penerapan fisika prinsip tekanan dan fluida dengan modifikasi alat mekanik excavator sederhana.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Penggerak Mekanik

Mekanisme adalah perangkat-perangkat yang dipandang sebagai konverter gerakan yang mentransformasikan bentuk gerakan satu menjadi gerakan berbentuk lainnya. Aktuator (penggerak) adalah sebuah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem. Hidrolik adalah suatu sistem yang memanfaatkan tekanan fluida sebagai power (sumber tenaga) pada sebuah mekanisme. Pada sistem hidrolik, tekanan fluida merupakan tenaga penggerak sistem.

Pada kebanyakan aplikasi, sistem hidrolik banyak digunakan seperti memindahkan beban yang berat, sebagai alat penekan dan pengangkat. Dalam industri banyak ditemui penggunaan sistem hidrolik pada alat-alat berat, seperti truk pengangkat (*dump truck*), mesin moulding, mesin press, forklift, crane, dan lain-lain (Hidrolik.web.id)

### Fluida

Tiga keadaan umum, atau fase, dari materi adalah zat padat, cair dan gas, kita dapat membedakan ketiga fase ini sebagai berikut. Benda padat mempertahankan bentuk dan ukuran yang tetap; bahkan jika sebuah gaya yang berubah bentuk atau volumenya. Benda zat cair tidak dapat mempertahankan bentuk yang tetap melainkan mengambil bentuk tempat yang ditempatinya tetapi seperti benda padat, benda cair tidak dapat langsung ditekan, dan perubahan volume yang cukup signifikan terjadi jika diberikan gaya yang besar. Gas tidak memiliki bentuk maupun volume yang tetap gas akan menyebar untuk memenuhi tempatnya. Sebagai contoh, ketika udara dipompa ke dalam ban mobil, udara tersebut tidak seluruhnya mengalir bagian bawah ban seperti zat cair; melainkan menyebar untuk memenuhi seluruh volume ban. Karena zat cair dan gas tidak mempertahankan bentuk yang tetap, keduanya memiliki kemampuan untuk mengalir, dengan demikian kedua-duanya sering disebut sebagai **fluida**. (Giancoli;2001; 324)

Dalam sistem hidrolik, fluida cair berfungsi sebagai penerus gaya. Air dipergunakan sebagai fluida. Dengan prinsip mekanika fluida yakni **hidrostatik** (mekanika fluida yang diam/statis, teori kesetimbangan dalam cairan), hidrolik diterapkan. Prinsip dasar dari hidrolik adalah karena sifatnya yang sangat sederhana. Zat cair tidak mempunyai bentuk yang tetap, zat cair hanya dapat membuat bentuk menyesuaikan dengan yang ditempatinya. Zat cair pada praktiknya memiliki sifat tak dapat dikompresi (*incompressible*), berbeda dengan fluida gas yang mudah dikompresi (*compressible*). Karena fluida yang digunakan harus bertekanan, akan diteruskan ke segala arah secara merata dengan memberikan arah gerakan yang halus. Ini didukung dengan sifatnya yang selalu menyesuaikan bentuk yang ditempatinya dan tidak dapat dikompresi.

Pada prinsipnya fluida dapat berbentuk cair atau gas. Istilah fluida dalam hidrolik datang dari istilah umum yang berbentuk cair dan digunakan sebagai media pemindah daya atau tenaga. Fluida hidrolik dalam aplikasinya mempunyai empat

gesekan, dan (4) sebagai pendingin atau penyerap panas yang timbul akibat gesekan.

### Tekanan dalam Fluida

Fluida berbeda dengan zat padat, yaitu tak dapat menopang tegangan geser. Jadi, fluida berubah bentuk untuk mengisi tabung dengan bentuk bagaimana pun. Bila sebuah benda tercelup dalam fluida seperti air, fluida mengadakan sebuah gaya yang tegak lurus permukaan benda di setiap titik pada permukaan. Jika benda cukup kecil sehingga kita dapat mengabaikan tiap perbedaan kedalaman fluida, gaya persatuan luas yang diadakan oleh fluida sama di setiap titik pada permukaan benda. Gaya per satuan luas ini dinamakan tekanan fluida  $P$ :

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Satuan SI untuk tekanan adalah newton per meter persegi ( $\text{N/m}^2$ ), yang dinamakan pascal (pa);

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 \quad (2)$$

Dalam sistem satuan amerika sehari-hari, tekanan biasanya diberikan dalam pound per inci persegi ( $\text{lb/in}^2$ ). Satuan tekanan lain yang biasa digunakan adalah atmosfer (atm), yang mendekati tekanan udara pada ketinggian laut. Sekarang atmosfer didefinisikan sebagai 101,325 kilopascal, yang hampir sama dengan 14,7  $\text{lb/in}^2$ :

$$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa} = 14,70 \text{ lb/in}^2 \quad (3)$$

Tekanan yang disebabkan oleh fluida yang menekan sebuah benda cenderung menekan benda itu. Rasio tekanan terhadap penurunan fraksional dalam volume ( $-\Delta V/V$ ) dinamakan modulus limbak (bulk modulus)  $B$ :

$$B = \frac{-P}{\Delta V/V} \quad (4)$$

Karena semua bahan berkurang volumenya ketika diberi tekanan eksternal, maka sebuah tanda minus diberikan di persamaan (7) untuk membuat  $B$  positif. Tekanan yang diadakan fluida ekuivalen dengan tegangan kompresi, dan penurunan fraksional dalam volume ( $-\Delta V/V$ ) adalah tegangan kompresi. Invers modulus limbak dinamakan kompresibilitas  $k$ :

$$k = \frac{1}{B} = \frac{-\Delta V/V}{P} \quad (5)$$

Makin sulit bahan ditekan, makin kecil perubahannya fraksionalnya  $\Delta V/V$  untuk suatu tekanan, dengan demikian, makin kecil kompresibilitas  $k$ . Konsep ini berlaku pada zat cair, padat dan gas. Pada zat cair relatif tak kompresibel: artinya, mempunyai nilai kompresibel yang kecil dan modulus limbak yang besar, nilai ini juga bergantung pada temperatur dan tekanan. (Tipler, Paul A. 1998: 389)

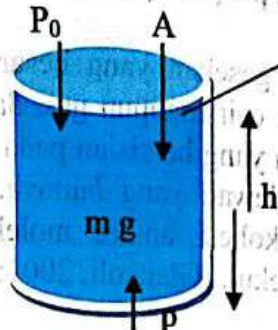
Untuk cairan seperti air yang kerapatannya konstan dimana-mana, tekanan itu akan bertambah secara linier dengan kedalaman. Dapat dilihat secara mudah dengan memperhatikan kolom cairan setinggi  $h$  dengan luas penampang  $A$  yang ditunjukkan pada gambar 1. Tekanan di dasar kolom harus lebih besar dari tekanan di bagian atas kolom untuk menopang berat kolom untuk massa kolom cairan ini adalah:

$$m = \rho V = \rho Ah \quad (5)$$

dan beratnya adalah

$$w = mg = \rho Ahg \quad (6)$$

jika  $P_0$  adalah tekanan di bagian atas dan  $P$  adalah tekanan didasar, maka gaya neto ke atas yang disebabkan oleh beda tekanan ini adalah  $PA - P_0A = \rho Ahg$  atau  $P = P_0 + \rho gh$  ( $\rho$  konstan) (7)



**Gambar 4.** Kolom air setinggi  $h$  dengan luas penampang. Tekanan  $P$  di dasar harus lebih besar daripada tekanan  $P_0$  di bagian atas untuk mengimbangi berat air.

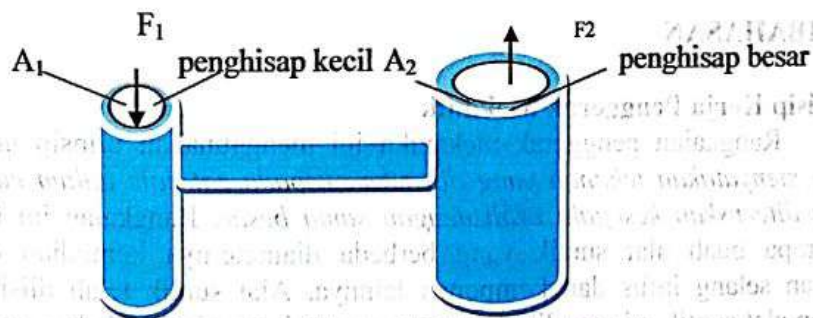
Kenyataan bahwa tekanan pada kedalaman  $h$  lebih besar dari pada tekanan dibagian atas sejumlah  $\rho gh$  berlaku untuk cairan dalam bejana apapun, tak bergantung pada bentuk bejana. Selanjutnya adalah tekanan adalah sama di setiap titik pada kedalaman sama. Jadi, jika kita menambah  $P_0$ , misalnya, dengan menekan ke bawah bagian atas permukaan dengan sebuah penghisap, maka pertambahan tekanan adalah sama di mana-mana dalam cairan. Ini dikenal dengan prinsip pascal, yang dinamakan menurut Blaise Pascal (1623-1662):

*"Tekanan yang diberikan pada suatu cairan yang tertutup diteruskan tanpa berkurang ke tiap titik dalam fluida dan ke dinding bejana."*

Sebuah terapan sederhana Prinsip Pascal adalah hidrolik yang ditunjukkan pada Gambar 2. Bila gaya  $F_1$  diberikan pada penghisap yang lebih kecil, tekanan dalam cairan bertambah dengan  $F_1/A_1$ . Gaya ke atas yang diberikan oleh cairan pada penghisap yang lebih besar adalah pertambahan tekanan ini kali luas  $A_2$ . Bila gaya ini disebut  $F_2$ , kita dapatkan. (Tipler, Paul A. 1998: 390)

$$F_2 = \frac{F_1}{A_1} = A_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1 \quad (8)$$

Jika  $A_2$  jauh lebih besar dari  $A_1$ , sebuah gaya yang kecil  $F_1$  dapat digunakan untuk mengadakan gaya yang jauh lebih besar  $F_2$  untuk mengangkat sebuah beban yang ditempatkan di penghisap yang lebih besar.



**Gambar 5.** Prinsip kerja sebuah dongkrak hidrolik

Prinsip dongkrak hidrolik ini. Sebuah gaya yang kecil  $F_1$  pada penghisap yang kecil pada menghasilkan perubahan tekanan yang diteruskan oleh cairan ke penghisap yang besar. Karena luas penghisap yang besar jauh lebih besar dari penghisap kecil, maka gaya  $F_2$  pada penghisap yang besar adalah jauh lebih besar.

### Viskositas

Fluida yang riil memiliki gesekan yang besarnya tertentu yang disebut viskositas. Viskositas ada pada zat cair maupun gas, dan pada intinya merupakan gaya gesekan antara lapisan-lapisan yang bersisian pada fluida pada waktu lapisan-lapisan tersebut bergerak satu melewati yang lainnya. Pada zat cair, viskositas terutama disebabkan oleh gaya kohesi antara molekul. Pada gas, viskositas termuncul dari tumbukan antar molekul. (Giancoli, 2001: 347)

### Cara kerja Alat

Dengan menekan atau menarik masing masing suntikan kemudi alat bisa bekerja sebagai berikut:

Tombol A : digunakan untuk bergerak ke kanan

Tombol B : digunakan untuk bergerak ke kiri

Tombol C : digunakan untuk bergerak mendatar

Tombol D : digunakan untuk menjajit

Tombol E : digunakan untuk mengangkat ke atas

Alat ini juga dapat berfungsi:

1. Pengangkat barang
2. Memindahkan barang ke kanan dan ke kiri
3. Mendekatkan barang



Gambar 5. Penggerak Mekanik sederhana

## PEMBAHASAN

### Prinsip Kerja Penggerak Mekanik

Rangkaian penggerak mekanik ini menggunakan prinsip hukum Pascal yang menyatakan tekanan yang diberikan kepada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan kesegala arah dengan sama besar. Rangkaian ini tersusun dari beberapa buah alat suntik yang berbeda diameternya kemudian dihubungkan dengan selang infus dan komponen lainnya. Alat suntik telah diisi dengan air. Setiap alat suntik ini memiliki kemampuan untuk mendorong beban pada rangkaian penggerak mekanik. Jika pada salah satu ujung alat suntik diberikan sebuah gaya



dengan menggunakan tangan maka beban tersebut perlahan-lahan akan naik dan bergerak.

Ketika salah satu jarum suntik yang memiliki diameter yang lebih kecil ditekan maka zat cair akan mendorong penghisap pada jarum suntik yang diameter yang lebih besar sehingga beban tersebut akan naik. Namun begitu juga sebaliknya, jika kita tekan alat suntik yang berdiameter besar, maka alat suntik yang berdiameter kecil dapat mendorong. Hal ini sesuai dengan prinsip hukum Pascal bahwa jika kita memberikan tekanan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan kesegala arah dengan sama besar.

### Viskositas

Pada rangkaian penggerak mekanik ini fluida yang digunakan adalah air. Fluida oli dan air memiliki koefisien viskositas sebagai berikut:

Tabel koefisien viskositas

Fluida	Temperatur (°C)	koefisien viskositas (Pa · s)
Air	0	$1,8 \times 10^{-3}$
	20	$1,0 \times 10^{-3}$
	30	$0,3 \times 10^{-3}$
Oli Mesin (SAE 10)	30	$200 \times 10^{-3}$

Berdasarkan tabel tersebut viskositas air lebih rendah dari pada viskositas oli. Suatu viskositas yang tinggi akan menimbulkan gesekan tinggi di dalam minyak. Ini berarti kehilangan tekanan dan kehilangan daya yang cukup tinggi dalam sistem penggerak (kehilangan- kehilangan karena gesekan) selain itu oli juga sebagai bahan pelumas. Dalam praktek pemakaiannya, memilih oli dengan viskositas tertentu adalah suatu hal yang sangat disarankan dan dianjurkan, seringkali pemilihan ini telah ditentukan oleh pembuat pompa hidrolis. Sehingga pemilihan oli dengan spesifikasi tertentu akan memenuhi sifat dan karakteristik perangkat hidrolis yang telah direncanakan.

Air dapat menimbulkan oksidasi dan korosi pada permukaan logam yang tidak dilindungi (dilapisi). Air merupakan cairan yang sangat encer dan dapat mempersulit kerapatan. Pemilihan air sebagai fluida yang digunakan pada penggerak mekanik ini karena zat cair yang lebih sederhana dan murah, dan dapat digunakan dalam jangka waktu panjang.

### Tekanan Pada Penggerak Mekanik

Pada penggerak mekanik ini terdiri dari 5 pompa atau suntikan yang masing- masing mempunyai volume  $15 \text{ ml} = 15 \times 10^{-3}$  liter dan memiliki diameter 3 cm penghisap besar dan untuk penghisap kecil memiliki diameter 1 cm.

Bentuk tabung suntik bukan merupakan suatu faktor yang penting karena tekanan dapat bekerja kesemua sisi dan besarnya sama. Untuk dapat bekerja dengan tekanan yang berasal dari gaya luar, Tekanan P beraksi di seluruh tempat dan sistem tersebut, juga atas permukaan A. Gaya yang dapat dicapai (sama dengan beban yang diangkat).

$$F = p \cdot A$$

$$\text{Sehingga : } \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$\text{Atau } \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

Perbandingan gaya sebanding dengan perbandingan luas. Tekanan dalam sistem seperti ini selalu tergantung dari besarnya beban dan permukaan yang efektif.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Pada rangkaian penggerak mekanik ini menggunakan prinsip tekanan yaitu pada hukum pascal dimana "Tekanan yang diberikan pada suatu cairan yang tertutup diteruskan tanpa berkurang ke tiap titik dalam fluida dan ke dinding bejana". Ketika salah satu jarum suntik yang ditekan maka zat cair akan mendorong penghisap pada jarum suntik sehingga beban tersebut akan naik. Penerapan hukum pascal dalam modifikasi penggerak mekanik dapat dijadikan sebagai media pembelajaran pokok bahasan tekanan dan fluida.

### Saran

Pada rangkaian penggerak mekanik ini dibuat sangat sederhana yaitu dengan pengawasan dan kontrol manusia, disarankan untuk penelitian lebih lanjut dapat memodifikasi alat penggerak mekanik ini dengan menggunakan mesin ataupun kontrol dari pemrograman komputer dan fluida yang digunakan menggunakan oli, agar menggerakkan alat mekanik ini dapat lebih mudah dan cepat sehingga dapat diproduksi massal dan dijadikan sebagai media pembelajaran mengenai konsep tekanan dan fluida dalam pembelajaran sekolah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bueche, Federick J dan Eugene Hecht. 2006. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh*. Jakarta : Erlangga
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Jilid I (Terjemahan)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hidrolik.web.id: Di akses 6 juni 2012.
- Pitrowano, Endra. 2006. *Robotika desain, Kontrol, dan kecerdasan buatan*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Siswanto, budi tri. 2008. "Teknik Alat Berat Jilid 1 untuk SMK". Jakarta : Diakses [http://ftp.lipi.go.id/Buku\\_Sekolah\\_Elektronik/SMK/Kelas%20X/Kelas%20X\\_SMK\\_teknik\\_alat\\_berat\\_budi\\_tri\\_siswanto.pdf](http://ftp.lipi.go.id/Buku_Sekolah_Elektronik/SMK/Kelas%20X/Kelas%20X_SMK_teknik_alat_berat_budi_tri_siswanto.pdf). pada tanggal 3 maret 2012.
- Siswaja Djaya, Hendy. 2008. *Prinsip Kerja dan Klasifikasi Robot*. Media Informatika vol.7.No.3: Isjd Lipi.
- Tipler, Paul A. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta : Erlangga