

**PUSAT PENGAJIAN KEJURUTERAAN MEKANIK  
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA  
KAMPUS CAWANGAN PERAK**

**PROJEK TAHUN AKHIR**

**PEMBANGUNAN SISTEM PENGKASAN BIOJISIM  
BAGI MENJANA KUASA 20 kW UNTUK KEGUNAAN  
DI KAWASAN PENDALAMAN**

Oleh

**MOHD. ZAHIRI BIN GORMENT**

**50776**

Disertasi Ini Dikemukakan Kepada

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

Sebagai Memenuhi Sebahagian Daripada Syarat Keperluan Untuk Ijazah

**SARJANA MUDA KEJURUTERAAN DENGAN KEPUJIAN  
(KEJURUTERAAN MEKANIK)**

Penyelia Projek

**DR. ZAINAL ALIMUDDIN BIN ZAINAL ALAUDDIN**

February 2001

## PENGHARGAAN

Dengan nama Allah yang maha pemurah lagi maha penyayang.

Syukur ke hadrat Allah SWT dengan limpah dan kurnianya dapatlah saya menyiapkan projek tahun akhir ini dengan sempurna..

Terima kasih yang tidak terhingga diucapkan kepada Dr. Zainal Alimuddin Bin Zainal Alauddin di atas segala tunjuk ajar, bimbingan dan bantuan yang beliau berikan sepanjang projek ini dijalankan. Segala tunjuk ajar dan sokongan beliau tidak dapat saya lupakan dan akan saya gunakan dengan sebaik yang mungkin.

Penghormatan istimewa juga kepada En. Shiraz bin Aris atas kesanggupan beliau menjadi pemeriksa kedua dalam projek ini. Segala tunjuk ajar beliau tidak akan saya lupakan.

Terima kasih juga kepada rakan projek saya, Sharul Faizal bin Sharuddin atas pertolongan dan memberi idea-idea yang bernas sehingga projek ini selesai. Susah penat saya dengan beliau hanya tuhan saja yang tahu. Tak lupa juga kepada En. Ang Pen Siang yang banyak memberi tunjuk ajar dan nasihat selaku pelajar sarjana dalam penyelidikan sistem pengelasan biojisim ini.

Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada semua staf dan juruteknik PPKM, PPKBSM dan jabatan pembagunan yang sedia memberi kerjasama dan meluangkan masa bagi menjayakan projek ini, khususnya kepada, Encik Najhan Awang, En. Khomaruddin, Encik Latif , En. Abd. Hamid, En. Azhar, En, Zaimi, En. Baharom, En. Ali dan semua yang terlibat.

Salam ingatan kasih, rindu dan sayang buat kedua ibu bapa dan keluarga yang telah banyak memberi sokongan dan dorongan selama ini sehingga saya berjaya menamatkan pengajian ini.

Sekian terima kasih.

**ISI KANDUNGAN**

<b>TOPIK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	i
<b>ABSTRAK</b>	ii
<b>ISI KANDUNGAN</b>	iii
<b>SENARAI RAJAH</b>	vi
<b>SENARAI JADUAL</b>	vii
<b>SENARAI GRAF</b>	viii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 LATAR BELAKANG PROJEK	1
1.2 OBJEKTIF PROJEK	2
1.3 SKOP PROJEK	2
1.4 PERANCANGAN PROJEK	3
1.5 PEMBAHAGIAN LAPORAN	4
<b>BAB 2 TENAGA BIOJISIM</b>	
2.1 LATAR BELAKANG	6
2.2 BIOJISIM SEBAGAI SUMBER TENAGA	7
2.3 HUBUNGAN BIOJISIM TENAGA	10
2.4 PROSES PENUKARAN TENAGA BIOJISIM	11
2.4.1 PROSES PENUKARAN BIOLOGI	12
2.4.2 PROSES PENUKARAN SECARA TERMOKIMIA	12
2.4.2.1 PROSES PIROLISIS	12
2.4.2.2 PENGGASAN	13
2.4.2.3 PROSES PEMBAKARAN SECARA TERUS	13
<b>BAB 3 PROSES PENGGASAN BIOJISIM</b>	
3.1 PENGENALAN	15
3.2 TINDAK BALAS TERMOKIMIA DALAM PENGGAS	16
3.2.1 PROSES PENGERINGAN	16
3.2.2 PROSES PIROLISIS	17
3.2.2.1 PIROLISIS KONVENSIONAL	17
3.2.2.2 PIROLISIS KILAT	18

3.2.2.3 PIROLISIS PANTAS	18
3.2.3 PROSES PEMBAKARAN	19
3.2.4 PROSES PENURUNAN ATAU PENGGASAN	19
<b>BAB 4 CIRI-CIRI PENGGASAN BIOJISIM</b>	
4.1 PENGENALAN	21
4.2 JENIS-JENIS PENGGAS	
4.2.1 PENGGAS LAPISAN TETAP	21
4.2.1.1 PENGGAS ALIRAN BEBAS ATAS	22
4.2.1.2 PENGGAS ALIRAN BEBAS BAWAH	23
4.2.1.3 PENGGAS ALIRAN SILANG	25
4.2.2 PENGGAS LAPISAN TERBENDALIR	26
4.3 CIRI-CIRI GAS HASILAN	27
4.4 KEGUNAAN SISTEM PENGGASAN	27
<b>BAB 5 REKABENTUK DAN MODIFIKASI</b>	
5.0 PENGENALAN	31
5.1 MEREKABENTUK PENUKAR HABA	31
5.1.1 JENIS-JENIS PENUKAR HABA	32
5.1.1.1 PENUKAR HABA JENIS PEMULIHAN	32
5.1.1.1a JENIS PAIP-KEMBAR (DOUBLE PAIP)	32
5.1.1.1b JENIS <i>COMPACT</i>	33
5.1.1.1c JENIS KELOMPANG DAN TIUB	34
5.1.1.2 PENUKAR HABA JENIS PENJANA SEMULA	35
5.1.1.3 PENUKAR HABA JENIS SENTUHAN TERUS	36
5.1.2 FAKTOR-FAKTOR PEMILIHAN PENUKAR HABA	36
5.1.3 PENGIRAAN	38
5.2 PENAMBAHAN PENAPIS UDARA JENIS <i>OIL BATH</i>	44
5.3 PENGUBAHSUAIAN SISTEM PAIP	44
<b>BAB 6 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	
6.0 PENGENALAN	46
6.1 KUALITI GAS	47

6.2 PROFAIL SUHU DINAMIK FASA TINDAK BALAS KIMIA DALAM PENGGAS	48
6.3 PENGENALAN SISTEM PENGGASAN	50
6.4 UJIKAJI	
6.4.1 RADAS UJIKAJI	51
6.4.2 LANGKAH BERJAGA-JAGA	52
6.4.3 RUMUS-RUMUS YANG DIGUNAKAN	52
6.4.4 UJIKAJI 1 PENENTUAN KADAR PENGGUNAAN KAYU.	54
6.4.5 UJIKAJI 2 MENENTUKAN PROFAIL SUHU GAS KELUARAN	59
<b>BAB 7 CADANGAN DAN KESIMPULAN</b>	
7.1 CADANGAN	64
7.2 KESIMPULAN	65
<b>BIBLIOGRAFI</b>	66
<b>LAMPIRAN A</b>	67
<b>LAMPIRAN B</b>	78

## ABSTRAK

Dengan penurunan keluaran petroleum dan akan mengalami penurunan seterusnya, dijangka Malaysia akan kehabisan simpanan tenaga petroleumnya dalam masa 20 hingga 30 tahun lagi sekiranya penggunaannya tidak dikawal (Hall, 1992). Langkah yang wajar bagi mengatasi masalah ini ialah dengan membangunkan sistem tenaga yang boleh diperbaharui seperti tenaga biojisim, ombak, keadaan pasang surut air laut, air, haba bumi, cahaya, angin dan lain-lain lagi.

Dalam projek ini, sistem yang sedia ada seperti penukar haba, set penjana, pemisah pusing, penggas dan rotameter telah dipasang dan memerlukan sedikit pengubahsuaian bagi menghasilkan gas yang berkualiti dan boleh dikomersialkan. Ujikaji secara kuantitatif dan kualitatif perlulah dijalankan serta dibuat analisis bagi membuktikan sistem yang direkabentuk mempunyai spesifikasi yang ditetapkan.

Daripada ujikaji yang dijalankan menggambarkan sistem ini mampu mengurangkan penggunaan diesel sebanyak 40-60% dengan menggunakan gas hasilan. Namun demikian, keboleharapan penggunaan gas hasilan terhadap enjin diesel belum dapat dibuktikan dan memerlukan penyelidikan yang selanjutnya.

Dari keputusan ujikaji dan penilaian yang dibuat, sistem penggasan ini mampu dikomersialkan dan sekiranya teknologi yang sedia ada dimajukan lagi maka keberkesanan sistem akan bertambah seterusnya dapat memastikan bekalan tenaga dimasa akan datang terjamin dan berterusan.

---

**SENARAI RAJAH**

<b>RAJAH</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1a	Sumbangan biojisim kepada kegunaan tenaga di dunia	7
2.1b	Sumbangan biojisim kepada tenaga yang digunakan di negara-negara maju	8
2.1c	Sumbangan biojisim kepada tenaga yang digunakan di negara- negara membangun	8
2.2a	Seluruh pengagihan tenaga sebanyak 6862 Mtoe	9
2.2b	Pengagihan populasi di dunia (5.3 billion)	10
2.3	Teknologi biojisim ke tenaga	11
3.1	Tindakbalas termokimia dalam penggas	16
4.1	Penggas aliran bebas atas lapisan tetap	22
4.2	Penggas alir bebas bawah lapisan tetap	23
4.3	Penggas aliran silang lapisan tetap	25
4.4	Penggas Lapisan Terbendalir	26
5.1a	Aliran selari	33
5.1b	Aliran Berlawanan	33
5.2	Penukar haba jenis <i>compact</i>	34
5.3	Penukar haba jenis kelompang dan tiub	35
5.4	Menara Pendinginan	36
5.5	Penukar Haba Jenis Pemulihan	43
5.6	Penapis udara jenis <i>oil bath</i> .	44
5.7	Pengubahsuaian sistem paip.	45
6.1	Kedudukan <i>Termocouple</i>	49
6.2	Lokasi Ujikaji	57
6.3	Penambahan injap dan sambungan T	58

**SENARAI JADUAL**

<b>JADUAL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
3.1	Kesan peningkatan suhu kepada proses pirolisis konvensional	18
3.2	Set tindakbalas penggasan	20
4.1	Ciri-ciri umum beberapa jenis penggas	28
4.2	Ciri-ciri lazim pelbagai penggas	29
4.3	Ciri-ciri gas yang dihasilkan	30
6.1	Rujukan teori profil suhu dinamik tindakbalas termokimia dalam penggas	48
6.2	Komponen utama sistem penggasan 20kW dan fungsi masing-masing.	50
6.3	Jadual eksperimen	53



**SENARAI GRAF**

<b>GRAF</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
6.1	Suhu pada kedudukan 1 dengan suhu purata 273.3 °C	60
6.2	Suhu pada kedudukan 2 dengan suhu purata 225.0 °C	60
6.3	Suhu pada kedudukan 3 dengan suhu purata 113.4 °C	61
6.4	Suhu pada kedudukan 4 dengan suhu purata 82.8 °C	61
6.5	Suhu pada kedudukan 5 dengan suhu purata 57.2 °C	61
6.6	Suhu pada kedudukan 6 dengan suhu purata 47.6 °C	62
6.7	Suhu pada kedudukan 7 dengan suhu purata 47.7 °C	62
6.8	Suhu pada kedudukan 8 dengan suhu purata 46.9°C	62
6.9	Suhu (°C) Melawan Masa (Jam)	63

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 LATAR BELAKANG PROJEK**

Projek ini adalah sambungan projek penggasan biojisim yang lalu. Memandangkan ia akan digunakan secara komersial, penyelidikan secara terperinci haruslah dijalankan supaya tidak berlaku masalah ketika sistem beroperasi suatu hari nanti. Pengubahsuaian terhadap sistem telah dilakukan dan setiap kali pengubahsuaian dilakukan, satu ujikaji akan dijalankan bagi memastikan sistem yang direkabentuk menepati spesifikasi yang dikehendaki.

Projek ini juga bertujuan untuk mengurangkan penggunaan bahan api diesel sebanyak 60% yang digunakan oleh janakuasa bagi penghasilan kuasa 20 kW. Oleh sebab petrol dan diesel di Malaysia dijangka akan kehabisan dalam tempoh 20-30 tahun lagi, maka adalah perlu langkah-langkah ini dilakukan untuk mengurangkan penggunaannya.

Antara kriteria-kriteria yang dipertimbangkan di dalam penghasilan sistem penggasan biojisim yang praktikal adalah seperti berikut :

- mudah untuk dibina dan ringkas.
- Kos penghasilan dan operasi yang murah.
- Selamat digunakan.
- Mudah dikendalikan. Tidak perlu kemahiran yang tinggi.
- Keboleharapan yang tinggi (tahan lama)
- Sistem yang dibangunkan adalah mesra alam.

## 1.2 OBJEKTIF PROJEK

Objektif utama projek ini ialah untuk membuat pengubahsuaian sistem penggasan biojisim yang sedia ada bagi membekalkan gas hasilan kepada janakuasa diesel 20 kW. Komponen yang sedia ada dalam sistem ini seperti penggas, rotameter, peniup, janakuasa diesel 20 kW dan pencucuh gas LPG telah siap dipasang. Langkah-lagkah pengubahsuaian masih dijalankan kerana gas hasilan dari penggas kurang berkualiti seperti kandungan wap air dan tar yang tinggi . Gas hasilan ini masih perlu dibersihkan sebelum di masukkan ke enjin bagi memastikan enjin tersebut tahan lebih lama.

Pengubahsuaian yang telah dijalankan seperti pemasangan dan penukar haba jenis spiral dan merekabentuk penukar haba bagi mengurangkan 'sensible heat' pada gas hasilan sebelum dihantar ke enjin janakuasa. Ini bertujuan merendahkan suhu gas hasilan pada penukar haba spiral supaya wap air akan terkondensasi seterusnya memastikan gas hasilan yang akan dihantar ke janakuasa tidak mempunyai kandungan wap air dan tar yang tinggi.

Pengubahsuaian yang lain seperti memasang penapis udara *oil bath* pada sistem supaya lebih banyak lagi kotoran seperti habuk dapat dihalang daripada memasuki enjin janakuasa.

## 1.3 SKOP PROJEK

Skop atau had projek adalah seperti dibawah :

1. Sistem yang dibangunkan akan digunakan dikawasan pendalaman terutamanya di kawasan perkampungan orang asli.
2. Sistem penggasan mampu membekalkan gas hasilan bagi menjana kuasa elektrik 20 kW dengan menggunakan janakuasa diesel.
3. Mengutamakan ciri-ciri keselamatan seperti sistem boleh beroperasi dalam masa yang lama (8 jam tanpa henti), penyelenggaraan yang mudah, dan tidak memerlukan kemahiran yang tinggi.

4. Kos merekabentuk yang murah, bentuk yang mudah direkabentuk dan bahan binaan yang mudah didapati seperti paip galvanis dan sebagainya.
5. Boleh beroperasi dengan menggunakan biojisim yang berlainan seperti pelepah kelapa sawit, tempurung kelapa sawit, kayu getah, kayu hutan dan sebagainya.

#### **1.4 PERANCANGAN PROJEK**

Bagi menyiapkan projek ini, perancangan perlu dibuat dengan teliti dan teratur. Berikut merupakan perancangan ringkas bagi menyiapkan projek ini sepanjang sidang akademik 2000/2001.

##### Semesta 1 :

- Mengumpul maklumat mengenai projek
- menjalankan kajian ilmiah
- membuat pengubahsuaian terhadap komponen yang belum sempurna.

##### Cuti antara semesta :

- menyiapkan modifikasi sistem seperti pemasangan penukar haba jenis spiral dan sebagainya.
- mencari dan menyediakan biojisim seperti kayu getah di kilang kayu tronoh, tempurung kelapa sawit di Bota, Perak dan pelepah kelapa sawit di ladang kelapa sawit di tronoh.
- membuat ujikaji

##### Semesta 2

- menyambung ujikaji/eksperimen.
- membuat penganalisan terhadap data yang diperolehi.
- membuat perbincangan dan kesimpulan terhadap hasil ujikaji.
- menyediakan laporan keseluruhan projek.

## **1.5 Pembahagian laporan.**

Laporan ini dibahagikan kepada 7 bab yang merangkumi perkara-perkara Berikut :

### Bab 1 : Pendahuluan

Dalam bab ini, diterangkan perkara-perkara penting projek. Ini termasuklah latar belakang projek, objektif projek, skop projek, perancangan projek dan pembahagian laporan. Tujuan utama bab ini ialah untuk memberikan gambaran ringkas mengenai keseluruhan projek.

### Bab 2 : Tenaga Biojisim.

Bab ini menjelaskan tentang keseluruhan tenaga biojisim termasuk latar belakang tenaga biojisim, sumber tenaga biojisim, hubungan biojisim tenaga dan proses penukaran tenaga biojisim. Bagi memudahkan penerangan, rajah-rajah yang berkaitan disertakan bagi setiap topik. Kesemua fakta dan teori diperolehi dari buku-buku rujukan dan melalui internet. Bab ini amat penting kerana semua teori dan fakta akan digunakan bagi merekabentuk sistem penggasan ini.

### Bab 3 : Proses penggasan biojisim

Dalam bab ini, teori dan tindakbalas termokimia proses penggasan akan dibincangkan dengan teliti untuk membentuk pemahaman dalam setiap peringkat proses penggasan iaitu pengeringan, pirolisis, pembakaran dan penurunan.

### Bab 4 : Ciri-ciri Penggasan Biojisim.

Dalam bab ini, penggas biojisim diberi perhatian dengan memperkenalkan jenis-jenis penggas yang berlainan. Bagi beberapa penggas yang lazim digunakan, ciri-ciri penggas, kebaikan dan kelemahan, aplikasi serta kualiti gas yang terhasil dibandingkan. Selain itu, faktor-faktor yang diambilkira dalam pemilihan jenis penggas juga disenaraikan.

Bab 5 : Rekabentuk Dan Modifikasi.

Bab ini membincangkan tentang rekabentuk dan modifikasi yang dibuat terhadap sistem yang sedia ada. Rekabentuk tertumpu kepada penukar haba dan tumpuan diutamakan terhadap penghasilan gas hasilan yang berkualiti tinggi. Setiap rekabentuk dan modifikasi yang dibuat akan dibuktikan dengan pengiraan terlebih dahulu.

Bab 6 : Keputusan dan Perbincangan.

Dalam bab ini, setiap ujikaji yang dibuat akan dibincangkan dan dibuat kesimpulan beserta dengan rajah, jadual dan graf. Kejayaan projek ini adalah bergantung kepada ujikaji dan perbincangannya. Sekiranya sistem yang dibina tidak menepati kehendak projek maka setelah dibuat analisis maka sedikit modifikasi terhadap sistem perlulah dibuat. Ini akan dibincangkan dalam bab seterusnya.

Bab 7 : Cadangan dan kesimpulan.

Bab 7 merupakan bab yang terakhir dengan menyenaraikan cadangan-cadangan untuk menjayakan projek pada masa hadapan. Cadangan-cadangan tersebut dihasilkan setelah menganalisa pencapaian keseluruhan projek ini. Selain itu, kesimpulan yang berkenaan juga diberikan.

## **BAB 2**

### **TENAGA BIOJISIM**

#### **2.1 LATAR BELAKANG**

Masalah kekurangan bahan api fosil seperti minyak petrol dan diesel semakin menjadi-jadi sejak kebelakangan ini. Bagi mengawal penggunaannya, banyak negara pengguna menaikkan harga minyak sehingga membebankan kepada pelanggannya. Contohnya, negara Thailand telah menaikkan harga minyaknya sehingga terdapat pihak tertentu telah mengambil kesempatan di atas kestabilan harga minyak petrol di Malaysia. Maka pihak Thailand terpaksa mengawal sempadan bagi menjaga kepentingan minyaknya.

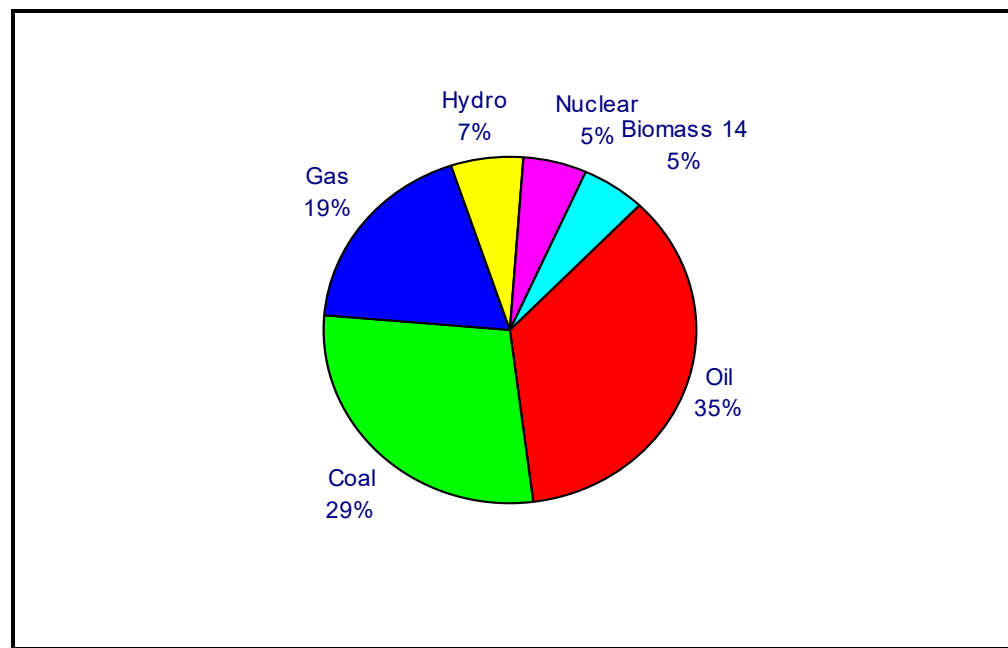
Dengan penurunan sumber tenaga dalam simpanan dan ketidaktentuan harga bahan api fosil, suatu sumber tenaga alternatif perlu dicari bagi memastikan keperluan tenaga dunia mencukupi. Justeru itu wajarlah sumber tenaga biojisim ini dimajukan bagi memastikan keperluan tenaga dunia terkawal. Biojisim adalah sumber tenaga ke empat terbesar di dunia dengan menyumbangkan kira-kira 14% daripada tenaga utama. Bagi negara membangun, secara keseluruhannya, memperolehi 35% tenaga mereka daripada biojisim (D.O. Hall, 1991).

Menurut laporan Price (1995), dalam masa 50 tahun yang akan datang penggunaan bahan api fosil seperti pemecahan nuklear akan merosot. Price juga menyatakan penggunaan petroleum akan mencapai maksimum pada tahun 1990an, penggunaan gas asli pada 2020an dan pemecahan nukleus daripada atom uranium pada 2060. Memandangkan penggunaan bahan api fosil ini akan merosot, langkah yang bijak bagi mengatasi masalah ini ialah dengan memajukan tenaga yang boleh diperbaharui seperti tenaga biojisim. Tenaga biojisim ini diperolehi daripada bahan-bahan organik seperti kayu, bahan buangan haiwan, sisa-sisa makanan manusia dan sebagainya. Secara purata, dalam setahun proses fotosintesis menyimpan 5-8 kali lebih tenaga dalam biojisim berbanding penggunaannya oleh manusia dari semua sumber (D.O. Hall, 1991). Penggunaan

biojisim juga sekiranya tidak dikawal akan mendatangkan masalah kepada alam sekitar seperti kesan rumah hijau dan masalah pencemaran udara yang serius.

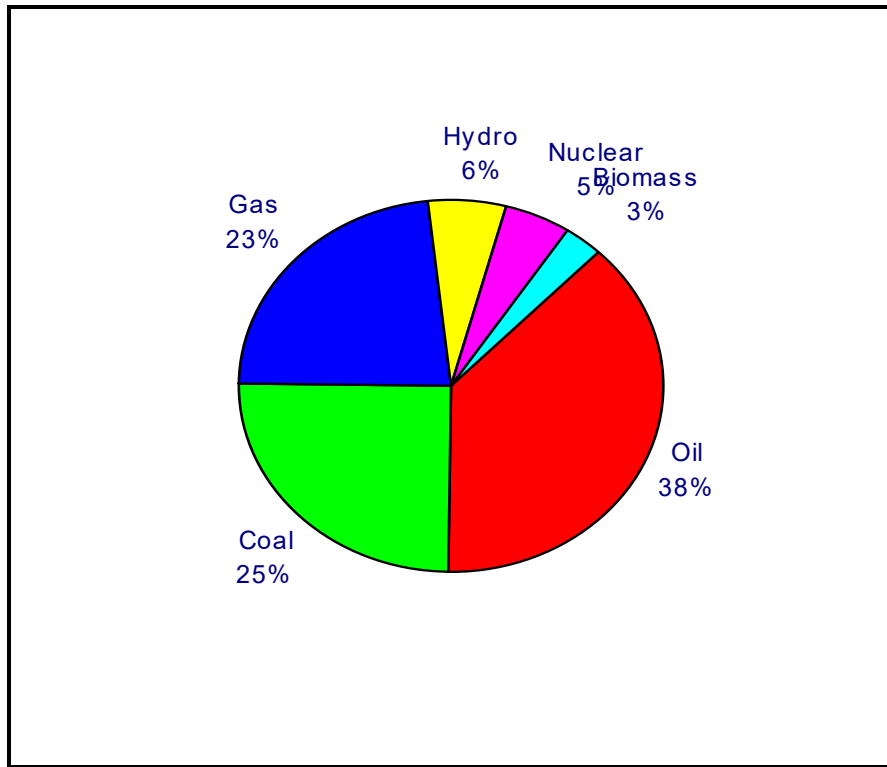
## 2.2 BIOJISIM SEBAGAI SUMBER TENAGA

Biojisim didefinisikan sebagai bahan organik atau bahan terbitan daripada organisma tumbuh-tumbuhan. Ia meliputi suatu julat bahan api yang luas seperti kayu, sisa pertanian, sisa hutan dan juga berkaitan dengan bahan api yang lain seperti sisa buangan pepejal dan gambut (Rensfelt, 1985). Rajah 2.1 menunjukkan pelbagai jenis sumber bahan api yang digunakan oleh negara maju dan negara membangun di dunia ini (Hall,1992). Rajah 2.1a menunjukkan biojisim hanya menyumbang 5% daripada tenaga yang diperlukan di dunia ini berbanding dengan bahan api fosil yang menyumbang lebih kurang 80%. Rajah 2.1b dan 2.1c menunjukkan penggunaan biojisim sebagai tenaga di negara membangun adalah 10 kali ganda lebih daripada negara maju.

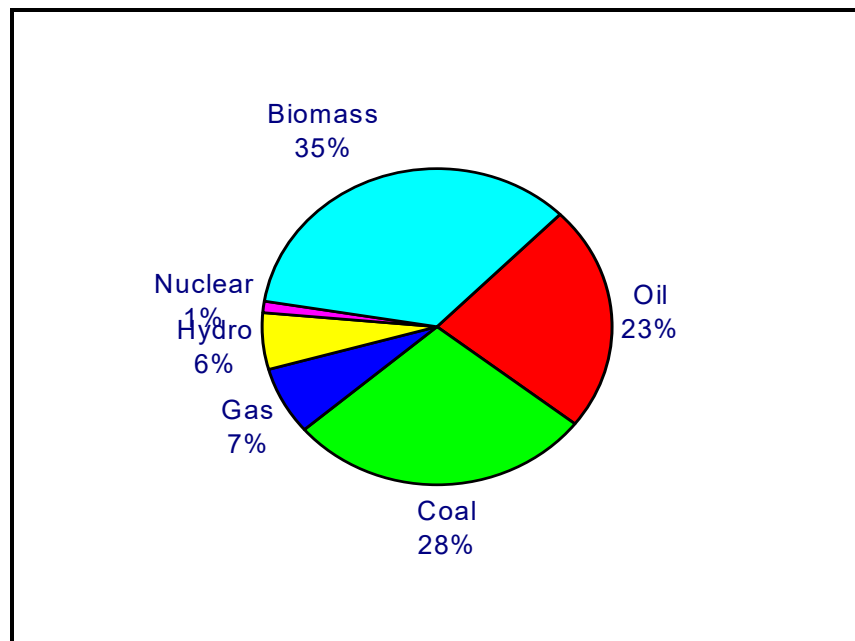


Rajah 2.1a: Sumbangan biojisim kepada kegunaan tenaga di dunia



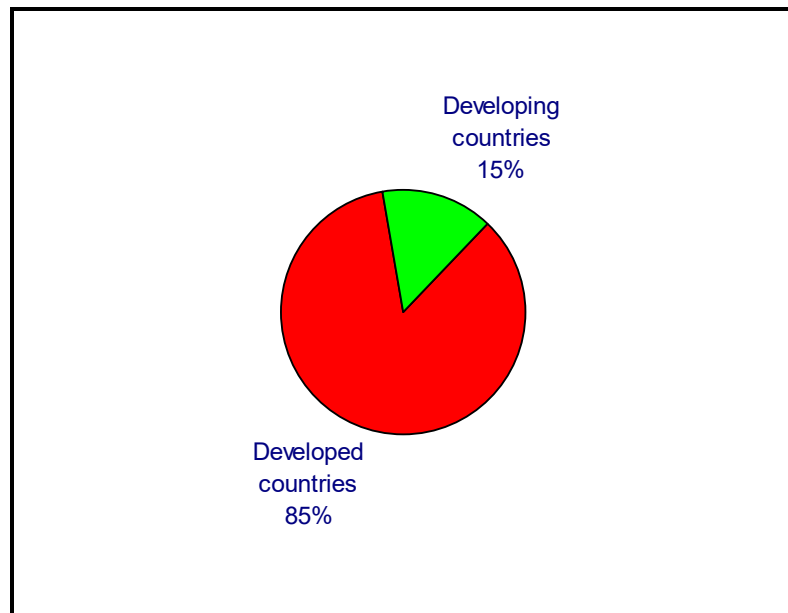


Rajah 2.1b: Sumbangan biojisim kepada tenaga yang digunakan di negara-negara maju

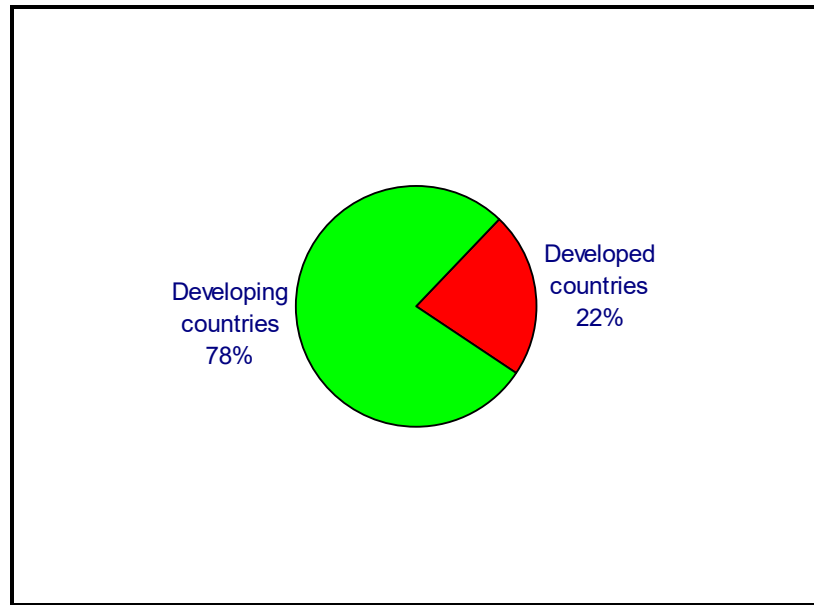


Rajah 2.1c: Sumbangan biojisim kepada tenaga yang digunakan di negara-negara membangun

Keadaan ini jelas dilihat kerana kebanyakan negara-negara maju adalah negara industri, manakala negara-negara membangun yang biasanya di Afrika dan Asia pula terdiri daripada negara pertanian dan pembalakan yang banyak menghasilkan biojisim. Ilmu pengetahuan yang terkini tentang penggunaan tenaga di dunia berkaitan dengan populasi dunia adalah diperlukan jika keupayaan penghasilan tenaga biojisim diketahui dan dilaksanakan. Ini dapat ditunjukkan dalam Rajah 2.2 (Williams,A 1995).Rajah 2.2a dan 2.2b menunjukkan lebih kurang 85% tenaga yang dihasilkan di dunia ini digunakan di negara maju yang hanya terdiri daripada 22% populasi dunia. Dengan kata lain, penggunaan tenaga per kapita secara purata di negara maju adalah lebih kurang 5 toe, manakala bagi negara membangun pula hanya 1 toe. Memandangkan harga yang tinggi di negara maju, penggunaan tenaga alternatif merupakan penyelesaiannya dan juga mengurangkan pergantungan kepada bahan api fosil.



Rajah 2.2a: Seluruh pengagihan tenaga sebanyak 6862 Mtoe

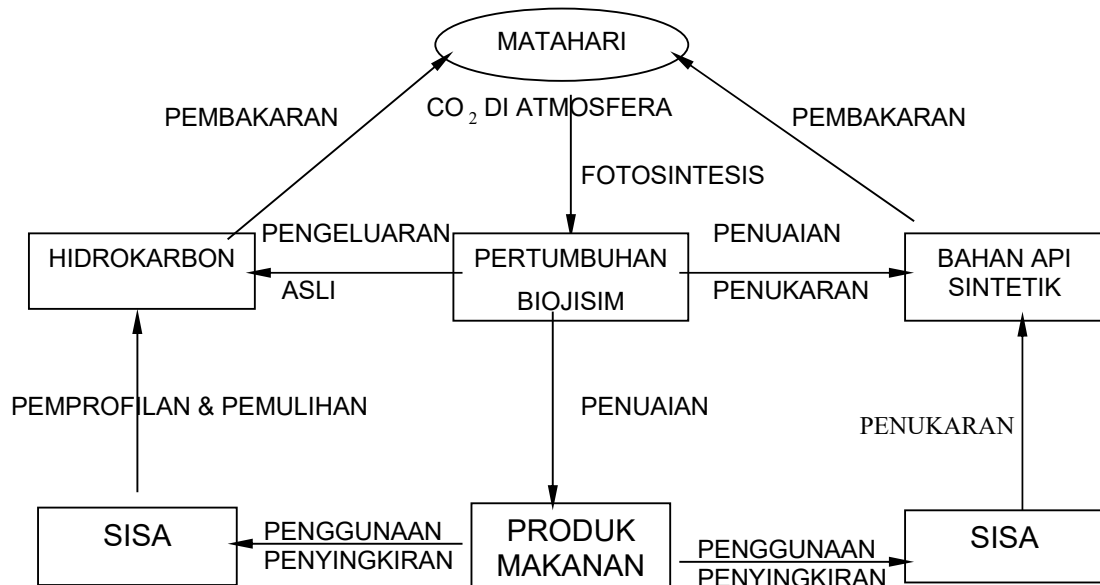


Rajah 2.2b: Pengagihan populasi di dunia (5.3 billion)

### 2.3 HUBUNGAN BIOJISIM TENAGA

Secara teori biojisim yang dibiarkan dapat menghasilkan bahan api fosil selepas tempoh masa yang lama. Dalam proses ini masa menjadi satu faktor yang penting. Sekiranya faktor masa diabaikan, maka biojisim dan sebarang sisa yang dihasilkan boleh secara langsung ditukarkan menjadi bahan api sintetik dengan melalui proses penukaran yang tertentu. Rajah 2.3 menunjukkan ciri-ciri teknologi biojisim tenaga. Jumlah kandungan tenaga daripada biojisim di bumi dianggarkan sebanyak 40.6 ribu juta ton setara minyak (*million tons oil equivalent, MTOE*) atau 7 kali penggunaan tenaga komersial dunia pada tahun 1980(L W Faidley 1984). Teknologi ini melibatkan penghasilan cecair dan gas seperti etanol dan metanol daripada sumber biojisim yang boleh digunakan sebagai bahan api. Contoh penggunaan biojisim adalah seperti Bagasse, bahan buangan daripada tanaman tebu telah berjaya menyumbang 10% daripada jumlah keseluruhan penggunaan elektrik di Hawaii(*Asiaweek*, 1996) dan kerajaan Thailand telah

berjaya menggunakan sekam padi untuk menghasilkan tenaga elektrik. Di samping itu, 11 jenis bahan buangan daripada sektor pertanian telah dikenalpasti dan dipercayai mampu menghasilkan tenaga sebanyak 28 juta ton setara minyak (*million tons oil equivalent, MTOE*) setiap tahun.



Rajah 2.3: Teknologi biojisim ke tenaga

## 2.4 PROSES PENUKARAN TENAGA BIOJISIM

Bagi memudahkan kita memperoleh tenaga daripada biojisim, kita perlu menukarkan biojisim tersebut kepada bentuk yang mudah terbakar seperti arang, minyak dan gas. Secara lazimnya proses tersebut mestilah melalui 2 cara :

1. Penukaran secara biologi.
2. Penukaran secara termokimia (Thermochemical conversion process).

### **2.4.1 Proses Penukaran Biologi**

Proses ini melibatkan penghasilan tenaga yang boleh disimpan melalui proses biologi. Kaedah ini merangkumi proses fermentasi yang berlaku dengan kehadiran oksigen dan menghasilkan alkohol sebagai produk akhir. Pencernaan anaerobik(*anaerobic digestion*) merupakan satu lagi kaedah yang berlaku dalam keadaan kekurangan oksigen dan menghasilkan metana sebagai produk akhir.

Gas yang terhasil daripada pencernaan anaerobik dinamakan biogas. Najis lembu merupakan satu sumber yang ideal untuk tujuan ini memandangkan ia tidak memerlukan sebarang rawatan awal atau sebarang bahan kimia selain air. Biogas mengandungi gas boleh bakar yang agak banyak iaitu antara 50-60% metana dengan nilai kalori 22.3-22.4 MJ/m<sup>3</sup>. Pembakaran gas ini adalah bersih dan tidak mencemarkan. Ia akan membakar dengan nyalaan berwarna biru.

Satu penghad yang menyebabkan penggunaan proses ini tidak popular ialah kadar penjanaan biogas yang rendah. Untuk setiap 1kg buburan(*slurry*) dalam julat suhu 25-37°C, 0.5kg biogas dapat dihasilkan dalam masa sehari(Ali.I, 1994).

### **2.4.2 Proses penukaran secara termokimia.**

Proses penukaran secara termokimia terbahagi kepada tiga jenis proses yang menghasilkan bahan api dari biojisim yang kering. Proses-proses tersebut adalah

1. pirolisis
2. penggasan
3. pembakaran secara terus

#### **2.4.2.1 Proses pirolisis**

Pirolisis adalah proses di mana biojisim direputkan dalam keadaan kehadiran udara atau oksigen yang terhad pada suhu yang agak tinggi untuk menghasilkan produk seperti arang minyak dan gas. Komposisi hasilan

bergantung kepada suhu proses, pada suhu yang rendah lebih banyak arang dihasilkan berbanding dengan minyak dan gas. Pirolisis merupakan proses yang asal dalam proses penukaran secara termokimia. Biojisim yang mempunyai kelembapan melebihi 35-40% adalah tidak sesuai untuk proses pirolisis. Nilai haba untuk arang ialah 25.5-31.5MJ/kg dan untuk minyak pula dari 23-30MJ/kg. Tenaga yang lazim mengandungi 8MJ/m<sup>3</sup>.

#### **2.4.2.2 Penggasan**

Penggasan adalah sama dengan proses pirolisis kecuali proses ini berlaku pada keadaan kekurangan oksigen. Gas yang dihasilkan mengandungi nilai haba yang rendah dan kandungan utama adalah karbon monoksida dan hidrogen. Biojisim mempunyai nilai haba yang rendah jika ia digunakan dalam bentuk pepejal untuk tujuan memasak dan memanaskan air untuk mendapatkan stim. Kebaikan bahan api dalam bentuk gas berbanding dengan bentuk cecair dan pepejal adalah:

- 1) Pembakaran gas adalah lebih berkesan berbanding dengan cecair dan pepejal.
- 2) Gas adalah lebih senang dihantar dalam paip.
- 3) Gas mempunyai kadar pembebasan haba yang lebih tinggi.
- 4) Kadar penghasilan tenaga adalah lebih senang dikawal dan disesuaikan.
- 5) Kurang menghasilkan kekotoran dalam peralatan yang digunakan.
- 6) Sangat kurang zarah dihasilkan.
- 7) Kurang pencemaran udara.

- 8) Bahan api gas dengan kualiti yang tinggi boleh digunakan dalam janakuasa elektrik.

#### **2.4.2.3 Proses pembakaran secara terus**

Proses pembakaran secara terus telah digunakan sejak beratus tahun yang lalu. Tujuan utama proses pembakaran secara terus adalah digunakan untuk pemanasan di negara-negara sejuk, memasak dan menghasilkan stim untuk menjanakan janakuasa elektik. Sehingga kini, pembakaran secara terus masih merupakan proses penghasilan tenaga yang terbesar di negara-negara membangun. Dijangkakan terdapat 1.8 billion penduduk dikawasan pedalaman di negara membangun masih menggunakan batang kayu yang sudah kering sebagai bahan api (Gao, 1989).

Disebabkan manusia mengikut cara pemasakan nenek moyang yang kurang berkesan dari beratus tahun yang lalu. Keadaan ini menyebabkan lebih daripada 80% tenaga yang dihasilkan semasa pembakaran telah hilang begitu sahaja. Jika manusia dapat menukar cara pembakaran kepada cara yang lebih berkesan, keperluan untuk kayu dijangka dapat dikurangkan sehingga 80% ke atas (La Fontaine).

## **BAB 3**

### **PROSES PENGGASAN BIOJISIM**

#### **3.1 PENGENALAN**

Penggasan termokimia telah mendapat perhatian para penyelidik sejak 1789 di England dan Perancis. Proses ini melibatkan penukaran biojisim seperti kayu atau arang kepada gas boleh bakar dalam keadaan suhu yang tinggi dan bekalan oksigen yang terhad. Secara amnya, penggasan boleh didefinisikan sebagai proses penukaran bahan api dari bentuk pepejal kepada bentuk gas (Rensfelt, 1985). DeGroot & Shafizadeh (1985) pula mendefinisikan penggasan sebagai proses penukaran bahan api daripada pepejal kepada gas-gas yang boleh bakar dalam kehadiran agen penggasan yang sesuai. Proses penggasan memberi makna yang besar kerana dapat menukarkan tenaga dari sumber-sumber yang boleh diperbaharui kepada bentuk yang boleh disimpan, dipindah atau diangkut serta dapat dibakar dengan lebih berkesan. Tambahan pula bahan-bahan biojisim boleh didapati dengan senang dari industri seperti industri pemprosesan makanan dan industri perhutanan yang mempunyai kandungan sulfur, plumbum dan abu yang lebih rendah berbanding dengan arang batu serta menjamin penggunaan biojisim sebagai agen penggasan.

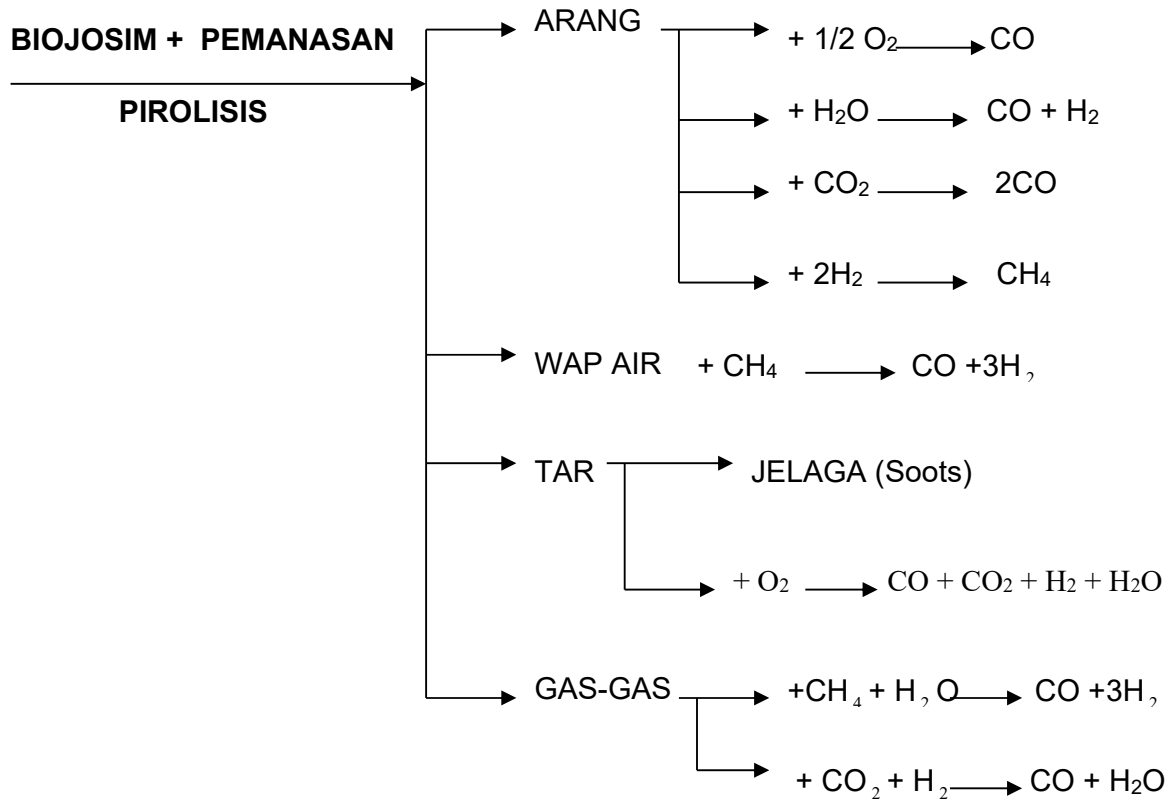
Kepentingan dan keperluan penggasan biojisim adalah seperti berikut:

1. Mengembangkan bidang menggunakan biojisim sebagai bahan mentah iaitu sebagai:
  - Bahan api gas yang lebih bersih dan murah untuk kegunaan.
  - Pengeluar bahan api cecair seperti metanol dan gasolin sintetik.
  - Pengeluar bahan kimia seperti ammonia, hidrogen, etilena dan gas sintetik.
2. Menjamin kebersihan persekitaran / kurang mencermarkan persekitaran dengan menggunakan proses penulenan gas yang murah sebelum pembakaran.
3. Lebih cekap daripada proses pembakaran terus untuk kebanyakan keadaan seperti pengeluar kuasa kitar gabungan dan penggas skala kecil (1-10MW).



**3.2 TINDAKBALAS TERMOKIMIA DALAM PENGGAS**

Rajah 3.1 menunjukkan tindakbalas kimia dalam penggasan yang melibatkan pelbagai proses seperti proses pengeringan, pirolisis, pembakaran dan penurunan sebelum gas dihasilkan.

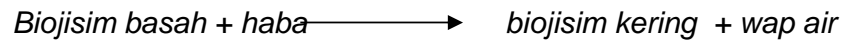


Rajah 3.1: Tindakbalas termokimia dalam penggas

**3.2.1 Proses pengeringan**

Dari kajian yang didapati, biojisim yang digunakan dalam penggas tidak boleh mengandungi kelembapan yang tinggi. Bagi penggas alir bebas atas, kelembapan yang paling tinggi adalah antara 35-40%. Manakala bagi penggas alir bebas bawah pula, biojisim yang mempunyai kandungan kurang daripada 25% adalah sesuai digunakan. Biojisim yang didapati biasanya mempunyai kelembapan yang agak tinggi. Ini bermakna biojisim itu tidak kering sepenuhnya dan ia dipanggil biojisim basah. Biojisim basah itu perlu melalui proses pengeringan sebelum menjalankan proses pirolisis. Dalam proses pengeringan biojisim tersebut dikeringkan oleh haba dari pembakaran biojisim di zon

pembakaran. Selepas pengeringan, biojisim yang kering dan wap air akan dihasilkan. Secara ringkas, proses pengeringan boleh diringkaskan seperti persamaan di bawah:



### 3.2.2 Proses pirolisis

Secara amnya, istilah proses pirolisis dalam kajian termokimia biojisim boleh dibahagikan kepada tiga jenis, iaitu: pirolisis konvensional, pirolisis kilat dan pirolisis pantas. Perkataan pirolisis telah didefinisikan dalam bab 2. Walau bagaimanapun, istilah pirolisis akan diterangkan dengan lebih jelas dalam bab ini.

Pirolisis adalah proses di mana biojisim diuraikan dalam keadaan kehadiran udara atau oksigen yang terhad pada suhu yang agak tinggi (lebih daripada 200°C) untuk menghasilkan produk seperti arang minyak dan gas. Menurut Graham (1985), pirolisis didefinisikan sebagai penguraian terma bahan organik yang berlaku dalam keadaan bekalan udara (oksigen) yang terhad. Selain daripada itu, Jonsson (1985) pula mendefinisikan pirolisis sebagai proses pemanasan bagi menghasilkan gas untuk sesuatu bahan dalam atmosfera lengai.

Haba untuk proses pirolisis  $h_p$  diperolehi daripada proses pembakaran melalui pemindahan haba secara konduksi dan perolakan. Haba untuk proses pirolisis  $h_p$  boleh didefinisikan sebagai haba yang diperlukan untuk menjadikan permukaan luar biojisim kepada suhu  $T_s$ . Haba untuk proses pirolisis  $h_p$  adalah lebih kurang 2150KJ/kg (lebih kurang 10% daripada haba pemanasan).

#### 3.2.2.1 Pirolisis konvensional

*Pirolisis konvensional* lazimnya dicirikan seperti:

1. Suhu proses yang rendah iaitu kurang daripada 500°C dan boleh berlaku pada suhu serendah 300°C.
2. Masa mastautin relatif pepejal dan gas yang agak lama, iaitu lebih daripada 5 saat untuk gas dan beberapa minit hingga beberapa hari untuk pepejal.
3. Kadar pemanasan stoksuan yang perlahan iaitu kurang daripada 2°C/saat

HASIL PRODUK (% BERAT)	PERUBAHAN SUHU (°C)			
	500	650	800	900
GAS	12.3	18.6	23.7	24.4
CECAIR	61.1	59.2	59.7	58.7
ARANG	24.7	21.8	17.2	17.7
<b>HASIL GAS BOLEH BAKAR</b>				
Dalam m <sup>3</sup> /kg	0.114	0.166	0.216	0.202
Dalam MJ/kg	1.39	2.63	3.33	3.05

Jadual 3.1: Kesan peningkatan suhu kepada proses pirolisis konvensional

Jadual 3.1 menunjukkan hasil komposisi gas dan arang yang dipengaruhi oleh suhu daripada proses pirolisis konvensional. Didapati penghasilan gas meningkat dengan kenaikan suhu. Apabila suhu meningkat dari 500°C ke 900°C, penghasilan arang dan cecair berkurang. Sebaliknya nilai hasil gas boleh bakar meningkat sehingga suhu 800°C dan berkurang sedikit pada suhu 900°C.

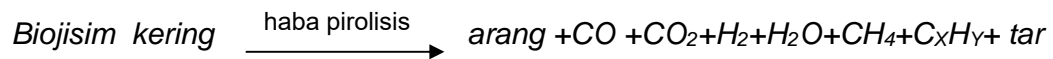
#### 3.2.2.2 Pirolisis kilat

*Pirolisis kilat* merupakan proses pirolisis dengan kadar pemanasan yang pantas iaitu lebih daripada 2°C/saat dan berlaku pada suhu yang sederhana (400°C-600°C). Masa mastautin wap yang terhasil dari pirolisis kilat adalah kurang daripada 2 saat. Dalam proses ini, tar dan minyak cecair dihasilkan pada tahap maksimum.

#### 3.2.2.3 Pirolisis pantas

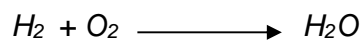
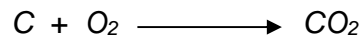
*Pirolisis pantas* berbeza daripada pirolisis kilat terutamanya dari segi suhu, masa mastautin wap dan produk akhir. Ia dicirikan dengan kadar pemanasan yang sangat pantas iaitu lebih kurang 10<sup>5</sup> °C/saat, suhu yang tinggi (lebih daripada 600°C) dan masa mastautin wap yang pendek iaitu kurang daripada 0.5 saat. Gas yang berkuliti tinggi dapat dihasilkan dalam pirolisis pantas.

Tindakbalas proses pirolisis adalah seperti di bawah:



### 3.2.3 Proses pembakaran

Arang dan bahan meruap yang terhasil daripada proses pirolisis akan terbakar dengan lengkap. Oleh itu, proses pembakaran dalam penggas adalah pembakaran lengkap. Proses berlaku pada suhu antara 700°C-1100°C. Haba yang terhasil dalam proses ini digunakan untuk proses pirolisis dan proses penurunan. Hasil dalam proses ini adalah karbon dioksida dan air.



Tar juga akan berlaku tindakbalas di bahagian pembakaran dan menghasilkan karbon monoksida, karbon dioksida, hidrogen dan air.



### 3.2.4 Proses penurunan atau penggasan

Proses penurunan atau proses penggasan adalah proses penghasilan gas (khususnya karbon monoksida) dari arang dalam keadaan kekurangan oksigen. Proses ini wujud antara proses pirolisis dengan proses pembakaran. Penggasan arang biasanya bermula dalam julat suhu 600°C-700°C. Penggasan yang menggunakan oksigen sebagai agen penggasan akan menghasilkan gas dengan nilai kalori sekitar 8MJ/m<sup>3</sup>. Bagi penggasan yang menggunakan udara sebagai agen pula akan menghasilkan gas dengan nilai kalori sekitar 4-5MJ/m<sup>3</sup>. Jadual 3.2 menunjukkan set tindakbalas penggasan yang dinyatakan oleh Buekens dan Schoeters (1985).

<b>TINDAKBALAS HETEROGEN (PEPEJAL-GAS)</b>		
Pengoksidaan karbon		H(KJ/mole)
1.	$C + \frac{1}{2} O_2 = CO$	-110.6
2.	$C + O_2 = CO_2$	-393.8
Tindakbalas Boudouard		
3.	$C + CO_2 = 2CO$	172.6
Tindakbalas air-gas		
4.	$C + H_2O = CO + H_2$	131.4
Pembentukan metana		
5.	$C + 2H_2 = CH_4$	-74.9
<b>TINDAKBALAS HOMOGEN (FASA GAS)</b>		
6.	$CO + H_2O = CO_2 + H_2$	-41.2
7.	$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$	-201.9

Jadual 3.2: Set tindakbakas penggasan

## BAB 4

### CIRI-CIRI PENGGASAN BIOJISIM

#### 4.1 PENGENALAN

Penggas merupakan suatu alat yang digunakan untuk menukarkan bahan-bahan organik kepada gas yang boleh bakar melalui proses-proses yang telah dibincangkan dalam bab 3. Bagi memastikan sistem penggasan beroperasi dengan cekap, bolehpercayaan dan selamat, sesebuah penggas perlu memiliki beberapa komponen serta proses seperti berikut :

1. Penerimaan, penstoran, dan pemprosesan bahan api.
2. Pengangkutan dan penyuaapan bahan api.
3. Penggasan.
4. Pembersihan dan penyejukan gas.
5. Pengendalian dan pembuangan sisa.
6. Operasi enjin.
7. Enjin kuasa aci/haba.

Secara amnya, terdapat pelbagai jenis penggas, hanya penggas lapisan tetap yang akan dibincangkan dengan teliti dalam bab ini.

#### 4.2 JENIS PENGGAS

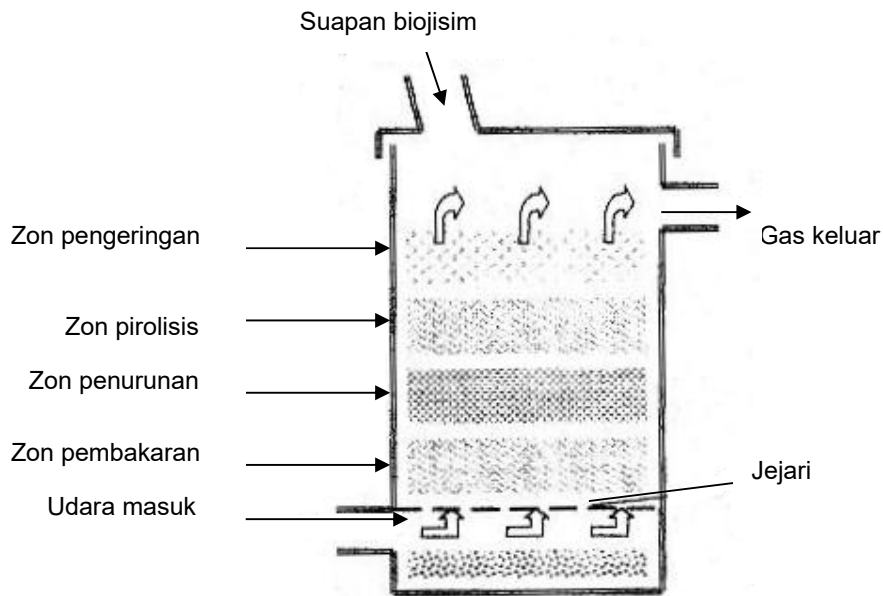
Penggas biojisim boleh dibahagi kepada dua kategori :

- a) Penggas lapisan tetap.
- b) Penggas lapisan terbendalir.

##### 4.2.1 Penggas lapisan tetap

Penggas lapisan tetap merupakan penggas yang paling biasa digunakan kerana rekabentuk dan cara kendalian yang mudah dan kos pembuatan yang murah. Penggas lapisan tetap boleh dibahagikan kepada tiga kelas berdasarkan arah aliran udara dalam penggas. Ketiga-tiga kelas itu adalah :

- a) Penggas aliran bebas atas arus berlawanan (*updraft / counter current gasifier*).
- b) Penggas aliran bebas bawah (*downdraft / co-current gasifier*).
- c) Penggas aliran silang (*crossdraft gasifier*).



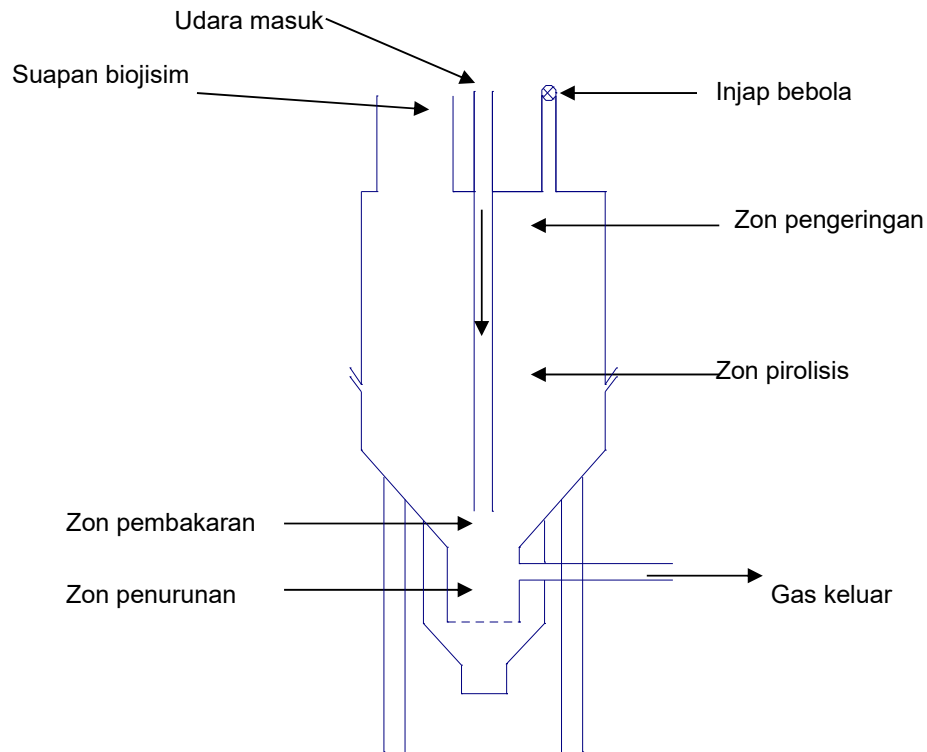
Rajah 4.1: Penggas aliran bebas atas lapisan tetap

#### 4.2.1.1 Penggas alir bebas atas

Penggas alir bebas atas merupakan penggas dalam kategori penggas lapisan tetap yang paling awal dicipta. Rajah 4.1 menunjukkan penggas alir bebas atas lapisan tetap. Susunatur bagi proses dalam penggas alir bebas tetap bermula dari bahagian atas adalah proses pengeringan, proses pirolisis, proses penurunan dan proses pembakaran. Pergerakan udara dan gas adalah berlawanan dengan susunatur proses di atas.

Di zon proses pembakaran, biojisim yang telah melalui proses pirolisis akan dibakar sepenuhnya untuk menghasilkan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Gas karbon dioksida akan bertindak balas dengan arang (di zon penurunan) yang panas serta-merta untuk menghasilkan gas karbon monoksida ( $\text{CO}$ ) yang panas. Gas karbon monoksida yang panas ini merupakan sumber haba untuk proses pirolisis dan proses pengeringan. Oleh sebab kekurangan oksigen dan biojisim yang digunakan kurang kering. Maka selepas proses pirolisis, bahan api akan turun ke bawah dan lebih banyak gas karbon monoksida dengan kandungan tar yang tinggi lebih kurang 30% daripada jisim masukan akan dihasilkan (Renfelt & Reed, 1985). Gas monoksida akan bergerak ke atas dan tar yang terhasil sangat susah diasingkan dan bersifat mengakis.

Kebaikan menggunakan penggas alir bebas atas ialah, ia boleh menggunakan biojisim dengan kandungan kelembapan yang tinggi iaitu 30%-50% dan gas yang dihasilkan adalah pada suhu yang agak rendah berbanding dengan penggas alir bebas bawah dan penggas alir silang. Suhu gas yang dihasilkan adalah lebih kurang 200°C, suhu yang lebih rendah ini membolehkan masalah untuk menurunkan suhu gas dapat dilakukan dengan lebih senang berbanding dengan suhu gas yang dihasilkan oleh penggas alir bebas bawah iaitu 900°C. Keburukan penggas ini ialah terlalu banyak tar dihasilkan dalam gas hasilan. Keadaan ini akan menyebabkan kecekapan penggas menurun. Jejambat (bridging) dan lubang tikus (rat-holing) akan dihasilkan terutamanya menggunakan bahan api di luar spesifikasi seperti sisa buangan pepejal.



Rajah 4.2: Penggas alir bebas bawah lapisan tetap

#### 4.2.1.2 Penggas aliran bebas bawah

Rajah 4.2 penggas aliran bebas bawah. Penggas aliran bebas merupakan kaedah yang paling murah untuk menghasilkan gas boleh bakar dengan kandungan tar yang paling rendah iaitu lebih kurang 0.1% atau 200ppm hingga 2000ppm. Berbeza dengan penggas aliran bebas atas, proses dalam penggas



aliran bebas bawah adalah proses pengeringan, proses pirolisis, proses pembakaran dan proses penurunan.

Perolakan dan pengaliran bebas haba yang berlaku dalam penggas membantu memanaskan zon pirolisis di bahagian atas zon pemanasan. Dalam penggas alir bebas bawah, semua produk yang terhasil di zon pirolisis termasuk gas dan tar akan melalui zon pemanasan. Di zon pemanasan, tar akan diturunkan dan diuraikan pada suhu lebih kurang 900°C-1100°C dengan sepenuhnya untuk menghasilkan karbon monoksida, karbon dioksida, hidrogen dan air. Gas-gas yang terhasil itu akan bertindak dengan arang yang terdapat di zon penurunan pada suhu yang tinggi dalam keadaan kekurangan oksigen yang terhad untuk menghasilkan karbon monoksida dan hidrogen (komponen utama gas boleh bakar). Tindakbalas ini adalah tindakbalas endotermik di mana haba diserap dalam proses ini dan tindakbalas ini biasanya pada suhu antara 700°C hingga 800°C.

Rekabentuk penggas dengan bahagian zon pembakaran dikenakan untuk memastikan semua tar dan biojisim yang telah melalui proses pirolisis dapat melalui zon pembakaran dan dibakar sepenuhnya.

Kebaikan penggas alir bebas bawah adalah gas yang terhasil mengandungi kandungan tar yang sangat rendah ( lebih kurang 0.1%). Gas itu adalah sesuai digunakan dalam operasi enjin, sintesis kimia dan kegunaan aliran paip (Reed & Markson,1985). Walaubagaimanapun, gas itu perlu melalui proses pembersihan sebelum digunakan.

Kelemahan penggas jenis ini ialah biojisim yang digunakan mesti mempunyai saiz yang seragam dan kandungan kelembapan biojisim mesti kurang daripada 25%. Suhu untuk pembentukan gas boleh bakar adalah lebih kurang 750°C. Suhu ini menurun apabila kandungan kelembapan biojisim yang digunakan meningkat. Perencatan proses penggasan berlaku apabila suhu pembakaran menurun sehingga kurang daripada 500°C iaitu apabila keadaan kandungan kelembapan mencapai tahap ketepuan iaitu lebih kurang 36%. Haba