

TEKNOIN

JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI

ISSN 0853-8697

Volume 18, Nomor 4, Desember 2012

Studi Usabilitas Website Agoda dan Tripadvisor
Amarria Dila Sari, Gayuh Minang Lati

Pengaruh Suhu Pengeringan terhadap Kualitas Lembaran Plastik Kitosan
Ani Purwanti

Pemodelan Respon Dinamik Thruster
Mohammad Faizun

Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Pembimbingan Akademik
untuk Mahasiswa yang Bermasalah (Perspektif DPA)
Nur Wijayaning R

Manufacturing Performance Improvement Through Simulation Modelling :
a National Extractive Manufacturing Industry Case Application
Sri Indrawati, Karenina Maharani

Manufaktur Benang Tex 30 Menggunakan Blending Serat Daun Nanas dan
Serat Rayon Sistem Ring Spinning
Sukirman

Hidrogen dari Biomassa - Skenario Sekarang dan
Prospeknya di Masa Depan
Sutarno, H. Malik KH, dan Faisal RM

TEKNOIN

Jurnal Teknologi Industri

Jurnal Teknologi Industri TEKNOIN adalah jurnal yang mengkaji masalah yang berhubungan dengan teknologi industri. Penelitian yang dilaporkan dapat berupa penelitian untuk pengembangan keilmuan atau terapan.

Jurnal ini terbit empat kali dalam setahun,
setiap bulan Maret, Juni, September, dan Desember

Pelindung
Gumbolo Hadi Susanto

Pemimpin Umum
Agus Taufiq

Pemimpin Redaksi
Muhammad Ridlwan

Sekretaris Redaksi
Firdaus

Dewan Redaksi
Muhammad Ridwan Andi Purnomo
Hari Purnomo
Asmanto Subagyo
Sri Kusumadewi
Izzati Muhimmah
Hendra Setiawan
Risdiyono

Administrasi
Agus Sumarjono
Pangesti Rahman
Sarjudi

Alamat Redaksi
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km. 14,5 Yogyakarta 55501
Telp. (0274) 895287, Faks. (0274) 895007
E-mail: teknoin@fti.uii.ac.id

DAFTAR ISI

- 70-78 **STUDI *USABILITAS WEBSITE* AGODA DAN TRIPADVISOR**
Amarria Dila Sari, Gayuh Minang Lati
- 79-88 **PENGARUH SUHU PENGERINGAN TERHADAP KUALITAS**
LEMBARAN PLASTIS KITOSAN
Ani Purwanti
- 89-94 **PEMODELAN RESPON DINAMIK *THRUSTER***
Mohammad Faizun
- 95-107 **PEMANFAATAN TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI**
DALAM PEMBIMBINGAN AKADEMIK UNTUK MAHASISWA YANG
BERMASALAH (PERSPEKTIF DPA)
Nur Wijayaning R
- 108-116 **MANUFACTURING PERFORMANCE IMPROVEMENT THROUGH**
SIMULATION MODELLING: A NATIONAL EXTRACTIVE
MANUFACTURING INDUSTRY CASE APPLICATION
Sri Indrawati, Karenina Maharani
- 117-123 **MANUFAKTUR BENANG TEX 30 MENGGUNAKAN *BLENDING* SERAT**
DAUN NANAS DAN SERAT RAYON SISTEM *RING SPINNING*
Sukirman
- 124-140 **HIDROGEN DARI BIOMASSA – SKENARIO SEKARANG DAN**
PROSPEKNYA DI MASA DEPAN
Sutarno, H. Malik KH dan Faisal RM

Redaksi menerima tulisan yang belum pernah diterbitkan atau dalam proses penerbitan dari kalangan akademisi dan peneliti. Redaksi berhak mengubah tulisan tanpa mengurangi atau mengubah maksudnya. Pedoman penulisan tercantum pada bagian akhir Jurnal ini.

STUDI USABILITAS WEBSITE AGODA DAN TRIPADVISOR

Amarria Dila Sari¹⁾, Gayuh Minang Lati²⁾

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang km. 14 Sleman Yogyakarta^{1,2)}.
E-mail : amarria@uii.ac.id¹⁾, minanglati@gmail.com²⁾

ABSTRACT

Usability study was conducted to identify usability problems as well as recommendations for improvement for two travel sales websites. The two website tested were Agoda.com and Tripadvisor.com. The study intends to evaluate the usability of multimedia application interface in aspects of effectiveness, efficiency, and satisfaction. The usability evaluation methods applied in this study are performance measurement, thinking aloud and interview. Ten respondents participated in this study, between the ages of 18-25. Each participant was given general instructions and a pre-survey to determine their demographics and level of Internet experience. The usability study tested participants on the task of finding the same itinerary on each travel website. The participant during testing was under observation of the experimenter that maintained an observation log. A post-survey along with a debriefing session was conducted to gather additional feedback. The average testing time for participants was 30 minutes. Based on the results of performance measurement method for measuring the efficiency of the website showed that the average task completion on the two websites, the amount of processing time on the Agoda website is 239.1 seconds while the total completion time Tripadvisor website task is 149.2 seconds.

Keywords : Usability Testing, Travel website, Efficiency.

1. PENDAHULUAN

Traveling merupakan salah satu kegiatan yang banyak digemari saat ini. Mulai dari *traveling* dalam negara maupun luar negara. Fasilitas yang ditawarkan dalam travelling juga banyak seperti layanan pesawat *booking* hotel, dan *tour guide*. Informasi yang didapat bisa mudah diakses melalui internet. *Traveller* dapat mengakses dengan mudah dan cepat dengan hanya membaca informasi tersebut dari situs internet tanpa harus mengeluarkan biaya transportasi untuk telepon atau survei langsung. Seperti layanan *booking* pada pesawat atau layanan untuk *booking* hotel. Rata - rata 90 juta *traveler* Amerika menggunakan situs *on-line traveling* untuk merencanakan perjalanan mereka pada tahun 2009. Survei Trip Barometer oleh Tripadvisor, sebuah situs perjalanan, mengungkapkan bahwa 69 persen

dari wisatawan di dunia menggunakan situs *web review* perjalanan saat mencari informasi dan merencanakan perjalanan mereka. Lebih dari setengah responden atau sekitar 62 persen di Asia dan hampir setengah atau 46 persen dari responden di Indonesia melihat situs *web review* perjalanan wisata. Tingginya jumlah pengguna internet di Indonesia yang diperkirakan pada 2015 mencapai 26 juta pengguna merupakan potensial besar dalam membuat bisnis *e-commerce* semakin berkembang, salah satu yang jadi primadona adalah situs *booking on-line* hotel.

Bahkan bagi para *traveller* pemesanan kamar hotel via *on-line* kini menjadi pilihan karena memberikan banyak kemudahan. Agoda (www.agoda.com) dan Tripadvisor (www.tripadvisor.com) merupakan situs *on-line* yang menawarkan informasi *traveling* khususnya informasi dan reservasi hotel secara on line yang ada di seluruh dunia yang

bekerjasama dengan *website* tersebut. *Website* ini memberi informasi mengenai negara tujuan, hotel yang terkenal di negara tersebut, tipe kamar, harga kamar hotel, tarif reservasi, info kuliner, info *map* (peta), info transportasi menuju hotel tersebut hingga foto dan seluruh gambaran hotel bahkan *rating* hotel sesuai dengan *voting* para pengunjung sebelumnya. Halaman utama situs agoda dapat dilihat pada gambar 1, sedangkan halaman utama situs tripadvisor dapat dilihat pada gambar 2.

Usabilitas merupakan salah satu atribut penting dalam sebuah *website*. Permasalahan *usabilitas* pada sebuah *website* diantaranya navigasi dan konteks, sulitnya menggunakan *website* perjalanan menjadi sebuah permasalahan bagi pengguna *website*. Sehingga walaupun situs *booking on-line* tersebut sangat membantu dalam pencarian informasi, akan tetapi tidak sedikit orang yang mengeluhkan bahwa *website* yang ada saat ini membingungkan dan susah mendapatkan informasi yang dibutuhkan. Hal ini bisa disebabkan karena tampilan *website* yang kurang informatif serta *icon* yang susah di akses. Penelitian menunjukkan tingkat frustrasi saat melakukan perencanaan perjalanan secara *on-line*. Bahkan, hanya memasukkan data reservasi pada *item* kalender pemesanan dan mencari informasi harga dapat mempengaruhi pengguna dalam menggunakan situs tersebut. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk menganalisa permasalahan, efisiensi, *error* dan kepuasan pengguna terhadap situs *booking on-line* agoda dan tripadvisor, sehingga bisa menjadi masukan bagi pemilik situs untuk perbaikan dan pengembangan situs serta bisa memudahkan pengguna dalam mengakses *on-line booking* dan dapat meningkatkan kepercayaan terhadap kedua situs tersebut.



Gambar 1. Halaman utama situs agoda.



Gambar 2. Halaman utama situs tripadvisor.

2. DASAR TEORI

Usabilitas merupakan sebuah kunci dalam konsep desain *interface* yang berkaitan dengan pembuatan sistem yang mudah untuk dipelajari. Hal ini didukung oleh penelitian *Dubey* dan *Rana* (2011) yang menyatakan bahwa *usabilitas* merupakan salah satu faktor penting dalam *software engineering* yang

menunjang kesuksesan dalam pengembangan aplikasi *software*. *Usabilitas* merupakan kemudahan yang meliputi aspek efektivitas, efisiensi dan *satisfaction*. Aspek efektivitas merupakan aspek kesuksesan responden dalam menyelesaikan tugas yang diberikan. (ISO, 1998; Maguire, 2001). Efisiensi merupakan berapa lama waktu yang digunakan oleh *user* untuk menyelesaikan tugas yang diberikan, sedangkan aspek kepuasan/*satisfaction* merupakan tingkat kenyamanan responden terhadap sistem yang digunakan. Pengujian *usabilitas* merupakan teknik yang digunakan untuk mengevaluasi sebuah produk atau sistem dimana proses pengujian produk/sistem tersebut melibatkan pengujian langsung pada responden yang *representative*. Masih menurut Rubin dan Chisnell (2008), tujuan dari pengujian *usabilitas* adalah sebagai berikut :

- a. Menginformasikan desain.
- b. Menghilangkan masalah desain.
- c. Meningkatkan keuntungan.

Ada 8 langkah dalam *Usability Testing* (Rubin dan Chisnell, 2008) :

- a. Merencanakan pengujian.
- b. Menyiapkan alat untuk pengujian.
- c. Mencari dan menyeleksi responden.
- d. Menyiapkan material tes.
- e. Melakukan tes (*Conduct Test Session*).
- f. Memberi pengarahan pada responden.
- g. Menganalisa data dan observasi.
- h. Membuat laporan dan rekomendasi.

Salah satu metode dalam evaluasi *usabilitas* yaitu wawancara, tujuan dari metode wawancara adalah untuk menggali informasi tentang kebutuhan *user*, *stake holder* dan *domain expert* terhadap sistem baru (Maguire, 2001).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode *Thinking Aloud*, pengukuran perfomansi dan wawancara terhadap responden *software* tersebut. Tujuan penelitian ini untuk mengukur efektivitas, efisiensi, tingkat

kepuasan, *error* dan problem yang dihadapi oleh responden terhadap dua *website* tersebut. Kuisisioner demografi dilakukan diawal untuk mendapatkan informasi awal mengenai data demografi responden seperti nama, pekerjaan, jenis kelamin, seberapa sering menggunakan komputer, seberapa sering mengakses internet dan seberapa sering menggunakan fasilitas *booking* hotel.

Metode *Performance Measurement* dilakukan untuk mengetahui tingkat efisiensi waktu pengerjaan tiap task dan perbandingan *error* pada dua *website* tersebut. Sejumlah *task* akan diberikan kepada 10 responden untuk dikerjakan, *task - task* tersebut antara lain (Tabel 1) :

Tabel 1. *Tasks*.

No	<i>Tasks</i>
1	Mencari Hotel <i>Carlton</i> yang ada di <i>Singapore</i> .
2	Meihat <i>rating</i> hotel tersebut, dan mencari berapakah jumlah <i>voter "family"</i> pada hotel tersebut.
3	Melakukan <i>check - in</i> pada tanggal 10 Juli 2013.
4	Meihat photo dan fasilitas pada hotel tersebut.
5	Melihat letak hotel melalui peta (<i>map</i>) dari <i>website</i> tersebut.
6	Kembali ke <i>Home</i> .
7	Mencari destinasi hotel terbaik atau terpopuler (<i>Best In 2013</i> atau <i>Top Selling City In The Word</i>).

Sedangkan metode *Thinking Aloud* dilakukan untuk mengetahui tingkat kepuasan, dengan memasang kamera saat responden melakukan task, yaitu *webcam* dari *laptop / notebook* yang digunakan responden untuk mengerjakan *task* yang diberikan, sehingga peneliti dapat menangkap ekspresi kesulitan atau ekspresi spontan responden saat melakukan *task*. Perlu diingat bahwa pada metode *Thinking Aloud* ini responden harus merasa nyaman dengan kondisi dan tidak keberatan dengan perekaman yang dilakukan. Hasil perekaman tersebut kemudian ditransformasikan ke

dalam angka tingkat kepuasan dengan melihat tingkat stress yang dialami responden, yaitu dengan kriteria 4 level penilaian yaitu sebagai berikut :

- 1 = tidak terlihat ada kesulitan.
- 2 = sedikit kesulitan.
- 3 = kesulitan dan terlihat bingung.
- 4 = sangat kesulitan dan tertekan.

Dengan 4 kriteria level penilaian tersebut, peneliti menganalisis ekspresi ditangkap melalui kamera, kemudian pada setiap task peneliti memberikan nilai ekspresi. Kemudian dapat dianalisis bahwa makin tinggi tingkat stress yang dialami responden, maka makin kecil tingkat kepuasan responden terhadap *website*. Dari situlah peneliti akan membandingkan *usabilitas website* Agoda dan Tripadvisor untuk melihat tingkat kepuasan terhadap *website*. Metode *Interview* / Wawancara, metode *interview* dilakukan dengan melakukan wawancara terhadap 10 responden yang telah melakukan task atau kegiatan pada *website* tersebut. Kemudian, diberikan pertanyaan mengenai kesulitan, perbedaan kemudahan antara 2 *website* tersebut, dan rekomendasi terhadap *website*. Metode ini memberikan perbandingan secara emosional dibandingkan dengan 2 metode sebelumnya yang lebih memberikan gambaran secara kuantitatif, dimana responden memberikan jawaban sesuai dengan apa yang dirasakan responden. Dengan Metode ini juga termasuk ke dalam metode *ergonomic participatory* dimana responden memberikan usulan mengenai *website* dan memberikan inspirasi berupa perbaikan dan perbandingan *usabilitas website*. Menurut *Rubbin* dan *Chisnell* (1998), proses dalam *usability testing* adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan Pengujian

Tujuan dari *usability testing* adalah untuk mengevaluasi apakah *website* tripadvisor dan agoda sudah termasuk

software yang efektif, efisien, dan kepuasan terhadap kemudahannya.

2. Menyiapkan Alat dan Bahan untuk Pengujian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan 2 *laptop / notebook* dengan fasilitas *webcam* dan *stopwatch* untuk mengukur waktu kerja dari penyelesaian tugas.

3. Mencari dan Menyeleksi Responden

Kuisiонер demografi digunakan untuk menyeleksi responden yang sesuai dengan kriteria yang ditetapkan yaitu :

- a. Usia 18-25 tahun.
- b. Bersedia untuk menjadi responden.
- c. Merupakan responden computer.
- d. Belum pernah menggunakan *website* tripadvisor dan agoda.

Berdasar seleksi responden tersebut didapat 10 puluh responden.

4. Menyiapkan Material Tes

- a. Kuesiонер Demografi
Kuesiонер disini bertujuan untuk menyeleksi responden yang nantinya akan digunakan untuk melakukan *usability testing*.
- b. Website Tripadvisor dan Agoda

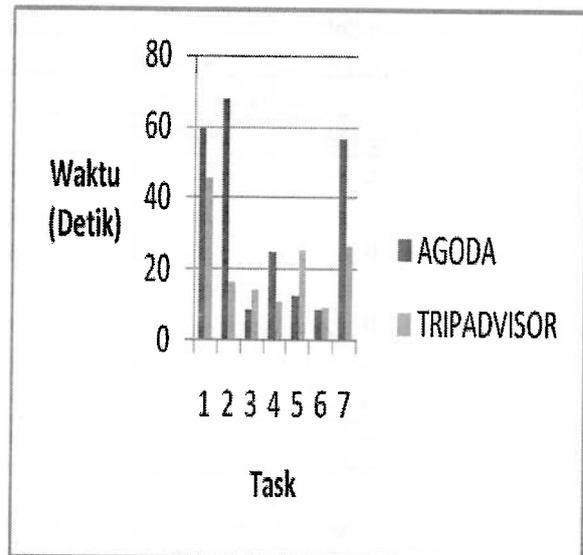
5. Melakukan Tes (*Conduct Test Session*)

Untuk melakukan *usability test*, sebelumnya dilakukan uji tes awal (*pilot test*) untuk meminimalkan kesalahan. Setelah *pilot test* dilakukan uji *usabilitas* dengan 10 responden, berusia 18 - 35 tahun.

6. Memberi Pengarahan pada Responden

Sebelum memulai *usability test*, responden akan diberikan pengarahan mengenai prosedur selama *usability testing*. Tahap dalam pengerjaan *usability test* adalah sebagai berikut :

- a. Menjelaskan tentang tujuan mengenai tes yang akan dilakukan dan menginformasikan apa yang akan dilakukan responden saat tes.
- b. Memberikan waktu kepada responden untuk melakukan tes pengenalan terhadap *software* yang nantinya akan digunakan.
- c. Memberikan tugas kepada responden untuk menyelesaikan tugas yang diberikan.
- d. Setelah tugas yang diberikan selesai dikerjakan, akan dilakukan wawancara langsung kepada responden mengenai *problem* / masalah yang ditemui selama mengerjakan tugas.



Gambar 3. Grafik perbandingan efisiensi waktu agoda dan tripadvisor.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, dapat dilakukan analisis sebagai berikut :

1. Metode *Performance measurement*

Metode *performance* disini digunakan untuk mengukur efisiensi *website*, yaitu dengan mengukur rata - rata waktu pengerjaan tiap *task* yang diberikan kepada responden. Hasil data rata - rata waktu penyelesaian dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 3.

Tabel 2. Perbandingan efisiensi waktu pengerjaan *website* agoda dan tripadvisor.

Task	Rata-rata Waktu Penyelesaian (detik)	
	AGODA	TRIPADVISOR
1	59.4	45.3
2	67.8	16.4
3	9.1	14.7
4	24.8	11.1
5	12.6	25.7
6	8.8	9.5
7	56.6	26.5
Total	239.1	149.2

Dari gambar 3 terlihat jelas perbedaan efisiensi waktu antara Agoda dan Tripadvisor, dimana *website* Tripadvisor memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi. Dibutuhkan lebih sedikit waktu untuk melakukan kegiatan pada *website* tripadvisor dibandingkan dengan *website* Agoda. Selain melalui waktu pengerjaan, perbandingan efisiensi *website* juga dilakukan dengan mengukur jumlah *error* yang terjadi pada tiap *website*. Dimana *error* disini merupakan jumlah kesalahan yang terjadi atau *error* yang dilakukan oleh *user* dalam menjalankan tiap *task*. Dari tujuh *task* yang diberikan kepada responden, *error* terjadi pada *website* agoda maupun tripadvisor.

Error yang terjadi antara lain karena responden melewati *icon* yang yang harusnya dipilih dan berputar - putar pada beberapa *pages* karena tidak menemukan *icon* atau tujuan yang diinginkan. *Error* juga dapat dilihat misalnya dari responden yang tidak menemukan tujuan atau destinasi hotel yang dimaksudkan. Beberapa *error* yang terjadi ditunjukkan dalam tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan jumlah error pada website agoda dan tripadvisor

Task	Jumlah Error	
	AGODA	TRIPADVISOR
1	8	3
2	5	1
3	0	0
4	2	3
5	0	4
6	11	4
7	0	0
Total	26	15

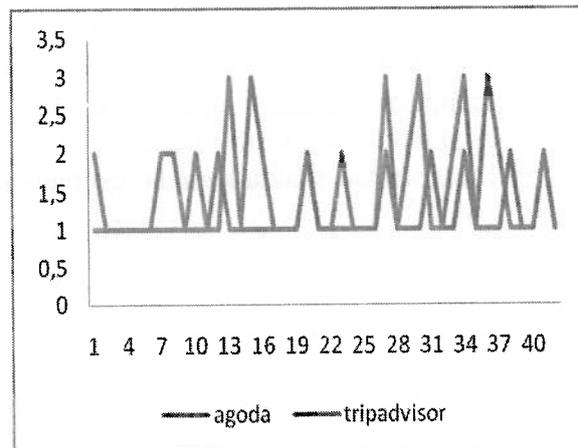
Berdasarkan jumlah *error* yang terjadi pada tiap *task* dan jumlah error dari website Agoda dan Tripadvisor dapat diketahui bahwa jumlah *error* paling banyak adalah pada website Agoda, sehingga Tripadvisor memiliki nilai efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan Tripadvisor.

2. Metode Thinking Aloud

Metode *thinking aloud* ini dilakukan dengan mengamati ekspresi responden melalui video pada saat responden melakukan task yang diperintahkan. Peneliti memperhatikan dan menilai ekspresi responden melalui ekspresi muka atau ucapan spontan responden saat melakukan task, kemudian diberikan penilaian tingkat kesulitan ekspresi responden dengan kriteria sebagai berikut:

- 1 = tidak ada kesulitan
- 2 = sedikit kesulitan
- 3 = kesulitan dan lama dalam mengerjakan
- 4 = terlihat stress atau frustrasi.

Dari data yang diperoleh, dihasilkan grafik tingkat kepuasan responden sebagai berikut:



Gambar 4. Tingkat kepuasan responden.

Dari gambar tersebut dapat dibandingkan bahwa responden lebih banyak stres (tidak puas dengan website Agoda, sehingga tingkat kepuasan responden terhadap Tripadvisor lebih tinggi dibandingkan dengan Agoda.

3. Metode Wawancara

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan, kesulitan atau masalah yang dialami oleh responden seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Permasalahan pada situs agoda.

No	Problem	Responden
1	Search engine tidak jelas, tombol <i>search</i> ditulis " <i>search rate</i> " sehingga membingungkan.	R1, R2, R3, R6, R9, R10
2	Icon rating hotel sulit ditemukan.	R1, R2
3	Font toolbox menu home kurang besar dan tidak berwarna.	R2, R3, R9
4	Halaman Home terlalu ramai dan membuat bingung.	R4, R5, R7, R10
5	Pencarian destinasi terbaik (<i>Best Seller</i>) tidak jelas dan sulit ditemukan.	R3, R5, R8
6	Saat melakukan <i>search</i> hotel, tidak langsung tampil daftar hotel atau nama tempat yang diketikkan.	R4

Berdasarkan hasil pengujian *usabilitas*, permasalahan paling banyak yang ditemukan pada situs Agoda ketika digunakan untuk menyelesaikan *tasks* adalah permasalahan berkaitan dengan *search engine* yang tidak jelas karena tombol search ditulis "*search rate*" sehingga membingungkan *user* untuk mencari kata kunci pada situs tersebut, sebanyak 6 responden menyatakan permasalahan ini. Saat mengetikkan destinasi hotel lalu meng - *enter*, *website* tidak memproses pencarian, dan hanya melakukan pencarian saat meng - klik "*search rate*". Selain itu 4 responden menyatakan permasalahan yang ada yaitu halaman *home* yang terlalu ramai untuk mendapatkan informasi inti. Selebihnya 3 responden menyatakan *font toll box* pada *home* kurang besar, tidak berwarna dan pencarian destinasi *best seller* sulit untuk ditemukan, lainnya *icon rating* hotel juga sulit ditemukan. Ikhtisar permasalahan yang terjadi pada situs agoda dapat ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Permasalahan pada situs tripadvisor.

No	Problem	Responden
1	Icon Home dan sebagainya yang ada pada <i>toolbox</i> menu <i>font</i> nya kurang besar	R2, R3, R5, R10

Kesulitan pada tripadvisor yang paling banyak dialami adalah mencari "*best in 2013*" atau hotel terbaik atau terlaris karena terdapat pada *toolbox* menu yang kurang besar. Dari 10 responden yang diteliti, 70% responden menyatakan lebih mudah menggunakan tripadvisor daripada agoda karena lebih rapi dan lebih mudah dipelajari.

5. KESIMPULAN

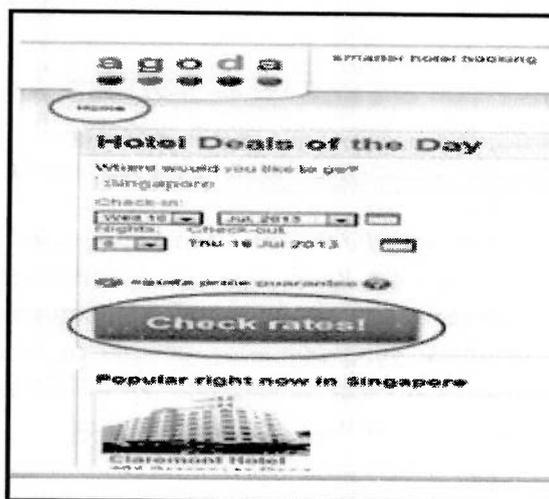
Berdasarkan hasil metode *performance measurement* untuk mengukur efisiensi *website* didapatkan hasil bahwa rata - rata penyelesaian task pada dua *website* tersebut, lama pengerjaan lebih besar pada *website* agoda dibandingkan tripadvisor, jumlah

waktu pengerjaan pada *website* Agoda yaitu 239,1 detik sedangkan pada *website* Tripadvisor waktu total penyelesaian task adalah 149,2 detik sehingga efisiensi Tripadvisor lebih tinggi daripada Agoda. Selain itu melalui *Performance measurement* dilihat dari jumlah *error* yang lebih banyak pada *website* Agoda dapat dikatakan efisiensi Tripadvisor lebih tinggi. Dari hasil *Thinking aloud*, ekspresi kesulitan atau tidak puas lebih banyak pada *website* Agoda daripada Tripadvisor. Dari hasil wawancara, responden lebih banyak mengeluhkan fitur - fitur yang ada pada Agoda daripada Tripadvisor.

Rekomendasi

Berdasarkan kesimpulan yang telah didapat, maka rekomendasi perbaikan terhadap *website* yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Pada *website* Agoda, *font "Home"* sebaiknya diperbesar dan diberi warna sehingga mudah ditangkap fokus mata, karena pada *website* ini, *font Home* sangat kecil dan berwarna hitam sehingga lebih sulit untuk ditemukan.



Gambar 5. Rekomendasi tampilan *home* dan *search engine*.

2. Pada *website* Agoda pada halaman *Home*, untuk melakukan pencarian (*search engine*) destinasi kota, sebaiknya

untuk mencari, ganti “*Check Rate*” dengan bahasa yang lebih mudah dimengerti seperti “*find*” atau “*check hotel*” atau “*find hotel*”. Sedangkan pada kecanggihan *searching*, apabila mengetikkan nama kota atau hotel sebaiknya langsung ada beberapa deret kota atau hotel yang dituju untuk langsung dipilih seperti pada tampilan *google* saat memasukkan *keyword*, tidak hanya mengeluarkan nama negaranya saja.

3. Peletakkan *rating* pada Agoda sebaiknya berada lebih diatas, karena pencarian *rating* dan rincian jumlah *voter* diletakkan pada bagian tengah sehingga sulit dalam mencari *rating*.



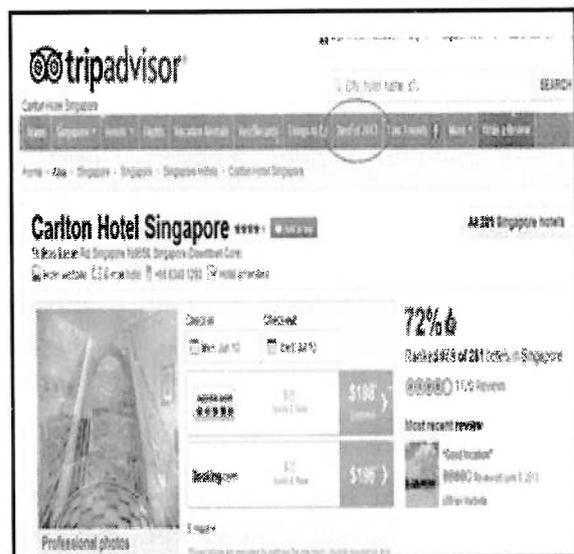
Gambar 6. Rekomendasi letak rating situs agoda.

4. Untuk *website* Agoda “*top selling city*” juga terlihat kecil dan berada dibawah gambar sehingga sulit untuk menemukan destinasi yang populer, sebaiknya *font* diperbesar dan peletakkan lebih ditata kembali agar tidak membingungkan.



Gambar 7. Top selling city situs agoda.

5. Pada *website* Tripadvisor, responden juga cukup kesulitan mencari destinasi hotel terbaik “*best 2013*” karena *font* kecil dan berjajar diantara *toolbox* menu yang lain, sehingga *font* perlu diperbesar atau *toolboxes* lebih disederhanakan lagi.



Gambar 8. Rekomendasi situs tripadvisor.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S. M. Z. 2008. *A comparison of usability techniques for evaluating information retrieval system interfaces. Performance Measurement and Metrics*, 9(1), 48–58.
- Detik 2013, *Tips memesan hotel via online*, [online] Available at: <http://travel.detik.com/read/2013/04/19/182723/2225475/1048/5-tips-memesan-hotel-via-online>. [Diakses pada tanggal 25 Agustus 2013].
- Dubey, S. K., & Rana, A. 2011. *Usability Estimation of Software System by Using Object-Oriented Metrics*. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 36(2), 1–6.
- ISO. 9241-11: 1998 *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)-Part 11: guidance on usability*. Geneve, CH: ISO, 1998.
- Kompas. 2013. *Situs on - line pengaruhi perjalanan wisata*, [online] Available at: <http://travel.kompas.com/read/2013/03/16/10340020/Situs.Online.Pengaruhi.Perjalanan.Wisatawan> [Diakses pada tanggal 25 Agustus 2013].
- Maguire, M. 2001. *Methods to Support Human-Centred Design*. International Journal of Human-Computer Studies, 55(4), 587–634.
- Ni Nielsen, J. 1993. *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Pan B, Zhang L, Smith K. 2011. *A Mixed-Method Study Of User Behavior And Usability On An Online Travel Agency*, Information Technology and Tourism Journal, Volume 13, Number 4 , pp. 353-364(12).
- Rubin, J., & Chisnell, D.(2008) *Handbook of Usability Testing: How to plan, design and conduct effective tests*, Wiley-India.
- Suara Pembaruan. 2013, *Booking Kamar Hotel Semakin Mudah Saja*, [online] Available at: <http://www.suarapembaruan.com/ekonomidanbisnis/booking-kamar-hotel-semakin-mudah-saja/31114> [Diakses pada tanggal 25 Agustus 2013].
- Travel association 2010. *Traveller's Use of The Internet*, U.S Travel Association.

PENGARUH SUHU PENGERINGAN TERHADAP KUALITAS LEMBARAN PLASTIS KITOSAN

Ani Purwanti

*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, IST AKPRIND
Jl. Kalisahak No. 28, Kompleks Balapan, Tromol Pos 45, Yogyakarta 55222*

ABSTRACT

The material that used in food wrapping is plastic, which has a resistance to oxygen, water vapor to extent shelf life of the product. Today it is beginning to develop packaging materials that are safe for consumption and environmentally friendly, it is called biodegradable or edible film. Chitosan that is obtained from dried shrimp waste can be used as materials for edible film. The aim of this study is to study the effect of drying temperature of chitosan solution on the characteristic parameters of chitosan film (water vapor permeability, tensile strength, and elongation). In this experiment, glycerol is used as plastisezer at various concentrations of 0; 0,0025; 0,005; 0,0075; 0,01; 0,0125 g / mL solution of chitosan. Then, the chitosan solution dried in a convective drying oven with the air velocity of 5 mL / s at different temperature, i.e. 60⁰C, 65⁰C, 70⁰C, and 75⁰C. The results of this study show that the optimum edible chitosan film properties are obtained at glycerol concentration of 0.05 g / (mL chitosan solution) with drying conditions of 60⁰C. The values for water vapor permeability, tensile strength, elongation, and equilibrium moisture content are 0.042829 ng.m / (s.m2.Pa), 7.16 MPa, 9.37%, and 14,44 – 39.14%, respectively.

Keywords : Edible film, Chitosan, Drying.

1. PENDAHULUAN

Pengemasan merupakan sesuatu hal yang sangat mendukung dalam perkembangan teknologi pangan terutama dalam hal peningkatan produk pangan yang baru. Hampir seluruh bahan pangan memerlukan kemasan dalam pemasarannya. Kemasan ini berfungsi untuk memperpanjang umur bahan makanan tersebut. Bahan kemasan yang banyak digunakan adalah plastik, dimana plastik ini mempunyai ketahanan terhadap oksigen, uap air, sehingga dapat menambah ketahanan bahan makanan. Tetapi plastik mempunyai sifat yang tidak dapat diuraikan dalam jangka waktu singkat, sehingga menyebabkan semakin banyak penggunaan kemasan plastik maka akan semakin banyak pula limbah yang dapat mencemari lingkungan. Sekarang ini sudah mulai dikembangkan bahan kemasan yang mempunyai ketahanan menyerupai plastik tetapi lebih aman untuk lingkungan,

yaitu lembaran plastis dari bahan yang aman untuk dikonsumsi. Kemasan ini lebih dikenal dengan nama *edible film* atau *biodegradable film*.

Edible film dapat berfungsi sebagai penghalang migrasi uap air dan gas bahan makanan. Untuk keperluan ini *edible film* dapat digunakan untuk melapisi permukaan bahan makanan, misalnya sebagai pelapis pada permukaan luar pada buah-buahan (Meyers et al., 2007). Komponen penyusun dari *edible film* dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu hidrokoloid, lemak, dan komposit. Bahan yang termasuk hidrokoloid antara lain protein, turunan selulosa, alginat, pektin, pati, dan polisakarida yang lainnya. Sedangkan bahan yang tergolong lemak antara lain wax, *acylglycerols*, dan asam lemak (Donhowe and Fennema, 1994). Menurut Meyers et al. (2007), kitosan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan *edible film* yang merupakan lapisan tipis

yang menyatu dengan bahan pangan yang dilindungi.

Kitosan merupakan senyawa turunan kitin yang banyak dimanfaatkan dalam bidang pengolahan limbah, bidang teknologi pangan, industri farmasi, industri kosmetik, maupun bidang pertanian (Nadarajah, 2005). Menurut *Yoshida et al.* (2009) kitosan dapat diperoleh dari limbah udang. Limbah udang mengandung kitin, kitin yang sudah diambil dapat diolah menjadi kitosan. Di Indonesia, setiap tahunnya dihasilkan limbah udang sekitar 298 ribu ton dengan hasil kitin sebanyak 170 ribu ton dan kitosan sebanyak 10 – 19 ribu ton (Hartarti dkk., 2002).

Menurut Nadarajah (2005) sifat *edible film* yang dibuat dari bahan kitosan dipengaruhi oleh derajat deasetilasi dan berat molekul kitosan yang digunakan. Selain itu juga dipengaruhi juga oleh pemakaian bahan tambahan (*plastisizer*) untuk mengurangi kerapuhan *edible film* (*Yoshida et al.*, 2009) dan proses pembuatan film, dalam hal ini adalah suhu pengeringan larutan kitosan menjadi *edible film* kitosan (*Srinivasa et al.*, 2004). Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan (*Yoshida et al.*, 2009; Marbelia, 2008; Laila, 2008; *Srinivasa et al.*, 2004), pengeringan larutan kitosan untuk membentuk film yang dilakukan pada suhu pengeringan yang lebih tinggi akan menghasilkan *edible film* yang kurang kuat, elongasi yang lebih tinggi, serta mempunyai *water vapor permeability* yang lebih besar apabila dibandingkan dengan *edible film* dengan pengeringan pada suhu yang lebih rendah. Sedangkan penambahan bahan aditif yang berupa *plastisizer* ke dalam larutan yang akan dibuat *edible film* menyebabkan peningkatan peregangan film, sorpsi film terhadap uap air, dan *water vapor permeability* film, tetapi nilai *tensile strength* menurunkan tahanan mekanik film.

Penelitian tentang *edible film* kitosan dari hasil alam limbah udang di Indonesia terus dikembangkan. Marbelia (2008) telah melakukan penelitian pembuatan film kitosan dengan pengeringan menggunakan oven pada

suhu antara 60°C sampai 75°C. *Edible film* yang dihasilkan mempunyai karakteristik *water vapor permeability* antara 0,0422 – 0,2917 ng.m / (s.m².Pa). Sedangkan nilai *water vapor permeability* dari polimer sintesis *low density polyethylene* sebesar 5,50.10⁻⁴ ng.m/(s.m².Pa).

Butler et al. (1996) telah melakukan pengeringan larutan film kitosan dengan pelarut asam asetat 1% dengan *plastisizer* gliserol (0,006 dan 0,012 g / mL larutan) pada suhu ruang menghasilkan *edible film* yang mempunyai karakteristik kuat tarik sebesar 18,7 MPa dan 14,6 MPa serta persen elongasi sebesar 45,9% dan 76%. Pembuatan *edible film* kitosan juga dilakukan oleh Laila (2008), dengan melakukan pengeringan larutan film menggunakan oven pada suhu 60°C sampai dengan suhu 90°C didapatkan hasil kuat tarik film kitosan mengalami penurunan dengan penambahan gliserol sebanyak 0,023 g gliserol / mL larutan kitosan dan penurunan dari 2,75 MPa menjadi 0,37 MPa dengan penambahan sorbitol sebanyak 0,02 g sorbitol / mL larutan. Harga kuat tarik film kitosan yang dihasilkan ini masih tergolong cukup rendah apabila dibandingkan dengan kuat tarik dari *low density polyethylene* yang berkisar antara 8,6 MPa sampai dengan 17,3 MPa.

Dalam penelitian ini ingin dipelajari pengaruh suhu pengeringan larutan kitosan dalam oven dengan laju alir udara dengan kecepatan tertentu terhadap karakteristik *edible film* yang dihasilkan yaitu sifat *water vapor permeability* dan sifat mekanik *edible film* yang meliputi kuat tarik dan persen mulurnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kitosan merupakan suatu polimer dari 2-amino-2-deoksi-β-D-glukosa yang dapat diperoleh dari kitin. Untuk menghasilkan kitosan, kitin dihilangkan gugus asetilnya menggunakan basa pekat (*Yoshida et al.*, 2009). Kitin yang mempunyai derajat deasetilasi di atas 70% biasa disebut dengan

kitosan. Kitosan dengan berat molekul antara 100 kDa – 1.200 kDa banyak digunakan secara komersial (Li et al., 1997).

Kitosan tidak larut dalam air, kelarutannya dalam asam anorganik sangat terbatas, tetapi larut dalam pelarut asam organik dengan pH di bawah 6 (Nadarajah, 2005). Sedangkan menurut Rinaudo (2006), kitosan banyak digunakan dalam aplikasi yang berbeda baik dalam bentuk larutan, gel, ataupun film karena mempunyai sifat yang larut dalam larutan asam, misalnya sebagai perekat, membran, hidrogel, dan pengemas makanan dalam bentuk *edible film*.

Untuk membentuk *edible film*, kitosan dapat dilarutkan dalam asam lemah encer yang selanjutnya membentuk larutan kental (Meyers et al., 2007). Beberapa asam lemah yang dapat digunakan untuk melarutkan kitosan dalam pembuatan *edible film* antara lain asam asetat, asam formiat, asam laktat, dan asam propionat (Caner et al., 1998). Sedangkan menurut Nadarajah (2005), larutan asam asetat dengan kadar 1% merupakan pelarut yang banyak digunakan untuk membuat larutan kitosan. Dengan pelarut ini, *edible film* yang dihasilkan mempunyai karakteristik *water vapor permeability* yang terendah apabila dibandingkan dengan *edible film* yang dibuat dari kitosan yang dilarutkan dengan pelarut asam propionat, asam formiat, dan asam laktat (Caner et al., 1998).

Sebagai media pengemas bahan makanan kebaikan dari *edible film* dilihat dari ketahahannya terhadap uap air, yaitu kemampuan untuk mencegah transfer uap air yang dinyatakan sebagai nilai permeabilitas uap air film dan sifat penyerapan uap air pada film yang dinyatakan sebagai *water sorption isotherm* (Srinivasa et al., 2007). Permeabilitas film didefinisikan sebagai kemampuan dari lapisan (film) untuk dapat menahan laju suatu solut baik yang berupa gas maupun cairan yang menembus film tersebut. Bahan yang mempunyai permeabilitas tinggi memungkinkan uap air lebih banyak melewatinya dibandingkan

bahan dengan permeabilitas yang lebih rendah (Gennadios, 2002).

Selain itu suatu bahan pengemas juga harus mempunyai sifat tahan terhadap kerusakan sehingga *edible film* dapat berfungsi dengan baik sebagai bahan pelapis makanan dan dapat melindunginya dari pengaruh lingkungan. Untuk menyatakan karakter ini, kualitas *edible film* dilihat dari karakteristik mekanik yang meliputi kuat tarik (*tensile strength*), kemampuan elongasinya (*percent elongation to break*) (Alyanak, 2004), dan elastisitas (*elastic modulus* atau *young modulus*). Sifat mekanik ini berkaitan dengan kemampuan film untuk mempertahankan keutuhannya jika dikenai gaya dari luar (Bicerano, 2002). Pengukuran kuat tarik digunakan untuk mengetahui besarnya gaya tarikan maksimum pada setiap satuan luas area film untuk memanjang sampai film dapat tetap bertahan sebelum putus (Krochta dan Mulder-Johnston, 1997). Sedangkan nilai persentase pemanjangan menyatakan kemampuan *edible film* untuk meregang yaitu merupakan fraksi perubahan panjang bahan sebagai akibat dari deformasi (Alyanak, 2004).

Sedangkan *water sorption isotherm* dinyatakan sebagai jumlah air yang dijerap atau dilepaskan yang merupakan fungsi dari aktivitas air (a_w). *Water sorption isotherm* dari suatu bahan merupakan hubungan kesetimbangan antara kandungan uap air setimbang dengan aktivitas air (a_w) pada suhu dan tekanan yang konstan (Gennadios, 2002).

Beberapa persamaan matematis untuk mengevaluasi nilai *water sorption isotherm* untuk bahan makanan antara lain persamaan Brunauer-Emmett-Teller (BET), Caurie, Chen, Chung-Pfost, Day-Nelson, Guggenheim-Anderson-de Boer (GAB), Halsey, Henderson, Iglesias-Chirife, Linear, Kuhn, Oswin, dan Smith (Gennadios, 2002). Model Brunauer-Emmett-Teller (BET) merupakan persamaan yang sering digunakan untuk menyatakan *sorption isotherm* dengan kondisi kelembaban (RH) sampai 50%.

Sedangkan untuk RH sampai dengan 95% direkomendasikan untuk memakai model matematis *Guggenheim-Anderson-de Boer* (GAB). Persamaan model matematis GAB seperti terlihat pada persamaan (1) di bawah ini (Enrione et al., 2007):

$$M = \frac{M_m (C k a_w)}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)} \dots \dots \dots (1)$$

dengan :

- M = kandungan uap air (*dry basis*).
- a_w = aktivitas air.
- M_m = kandungan uap air basis kering yang ekuivalen dengan lapisan air *monomolecular*.
- C = konstanta Guggenheim yang berkaitan dengan panas adsorpsi lapisan pertama.
- k = konstanta yang berkaitan dengan panas total adsorpsi multilayer.

3. METODOLOGI PENELITIAN

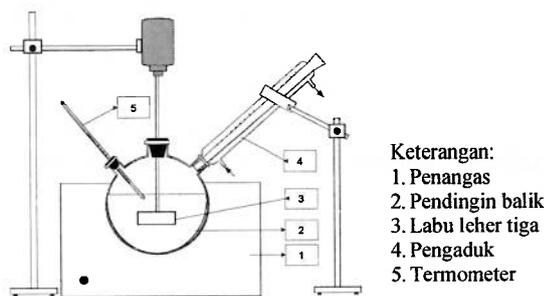
Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan untuk menghasilkan kitosan adalah limbah udang (kepala, kulit, dan ekor), berasal dari Semarang, Jawa Tengah, asam klorida (HCl) 37%, p.a., Merck, diperoleh dari CV. General Labora, Yogyakarta. Natrium hidroksida (NaOH), yang berupa padatan putih, diperoleh dari CV. Bratachem, Yogyakarta. Limbah udang kering mempunyai kadar air 7%, kadar abu 42%, dan kadar protein 30% (basis berat kering). Sedangkan bahan untuk pembuatan *edible film* kitosan antara lain asam asetat (CH₃COOH) 96%, p.a., merek dagang Merck, diperoleh dari CV. Bratachem, Yogyakarta, gliserol (C₃H₅(OH)₃), berat molekul 92,09 g/gmol, kadar 75,4%, rapat massa 1,23 g/mL, diperoleh dari CV. Bratachem, Yogyakarta.

Untuk mendapatkan kitosan serbuk cangkang udang kering dengan diolah melalui tahapan deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi. Serbuk limbah udang kering (ukuran -60 + 70 *mesh*) dihilangkan

proteinnya dengan menambahkan larutan NaOH 1N dengan perbandingan berat serbuk cangkang udang dengan larutan NaOH 1 N sebesar 1:10 (berat / volume). Campuran kemudian dicampur dengan kecepatan pegadukan 500 rpm selama 60 menit pada suhu 65 °C. Padatan dipisahkan dari campuran kemudian dilakukan pencucian padatan yang diperoleh sampai pH netral. Padatan dikeringkan sampai kering (kadar air 5 – 10% berat kering).

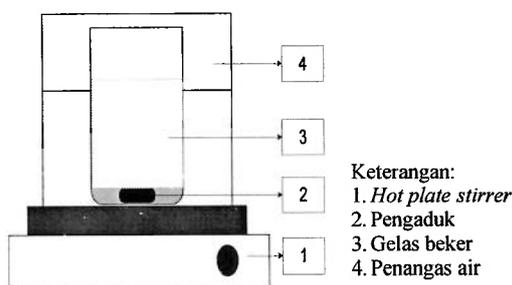
Hasil deproteinasi kemudian didemineralisasi dengan menambahkan larutan HCl 1 N dengan perbandingan 1:15 (berat serbuk hasil demineralisasi / volume larutan). Proses demineralisasi dilakukan selama 30 menit pada suhu ruang. Kitin yang dihasilkan dipisahkan kemudian dilakukan pencucian menggunakan air sampai dengan netral. Padatan yang diperoleh kemudian dikeringkan sehingga mempunyai kadar air 5 – 10%. Untuk menghasilkan kitosan, kitin dipanaskan dalam larutan NaOH 50% pada suhu 90°C selama 2 jam dengan jumlah NaOH yang ditambahkan adalah 1:10 (berat padatan / volume larutan). Padatan dipisahkan kemudian dicuci sampai pH netral, dan dikeringkan sampai kadar air antara 5 – 10%. Kitosan kemudian dianalisis menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengetahui derajat deasetilasinya dan dianalisis berat molekul rata - rata dengan menggunakan metode pengukuran viskositas intrinsiknya. Alat yang digunakan untuk proses deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Dalam penelitian ini, *edible film* kitosan dibuat dengan variasi suhu pengeringan larutan kitosan (60; 65; 70; 75°C) dan dengan variasi kadar plastisizer (gliserol) yang ditambahkan dalam larutan kitosan (0; 0,0025; 0,005; 0,0075; dan 0,01 g *plastisizer* / mL larutan).



Gambar 1. Rangkaian alat deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi

Proses pencetakan *edible film* dilakukan dengan mencampur 2 gram serbuk kitosan dengan 200 mL larutan asam asetat 1% dengan pengadukan menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 400 rpm (Gambar 2) selama 30 menit pada suhu kamar. Untuk menghilangkan kotoran yang terlarut, larutan disaring. Gliserol kemudian dicampur ke dalam larutan kitosan. Larutan film yang dituang ke dalam cetakan Teflon (25 cm x 25 cm) dikeringkan dengan *oven* dengan suhu tertentu (60; 65; 70; dan 75⁰C) dengan kecepatan udara pengering 5 mL / detik sampai film dapat diambil dari cetakan. *Edible film* kemudian dievaluasi nilai permeabilitas uap air, dan sifat mekanik film yang meliputi kuat tarik film dan persen elongasinya. *Edible film* dengan karakteristik permeabilitas uap air dan sifat mekanik yang optimum kemudian dilakukan evaluasi karakteristik penyerapan uap airnya.



Gambar 2. Rangkaian alat pembuatan larutan kitosan dalam asam asetat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan baku pembuatan *edible film* kitosan ini menggunakan kitosan dengan derajat deasetilasi sekitar 79% dan berat molekul sebesar 818 kg / gmol, dan kadar air sebesar 6%. Kitosan yang digunakan berupa serbuk berwarna putih kecoklatan. Sebagai bahan pelindung atau pelapis bahan makanan, *edible film* diharapkan mempunyai sifat penghalang yang baik yaitu permeabilitas uap air, sifat mekanik, dan penyerapan uap air (Nadarajah, 2005).

Sifat penghalang terhadap air sangat penting karena air dapat meningkatkan reaksi pencoklatan, meningkatkan aktivitas mikroorganisme, dan juga dapat menyebabkan perubahan tekstur makanan. Sebagai pelindung bahan makanan, kemasan dari kitosan ini juga harus memiliki ketahanan mekanis yang dinyatakan dalam uji tarik dan elongasi film.

4.1 Pengaruh Suhu Pengeringan Larutan Film terhadap Permeabilitas Uap Air *Edible Film*

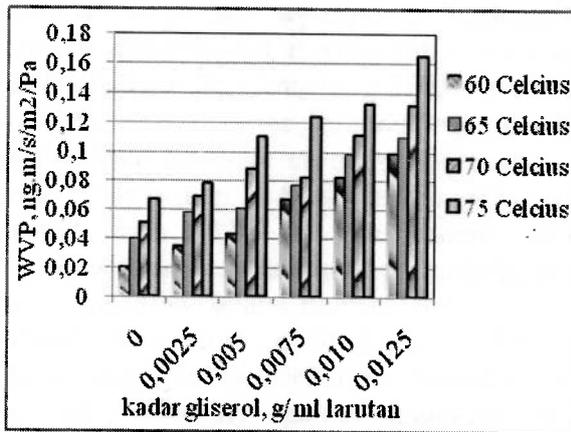
Percobaan yang dilakukan untuk mendapatkan data pengaruh suhu pengeringan larutan film kitosan dengan plastisizer gliserol pada berbagai konsentrasi terhadap permeabilitas uap air (*water vapor permeability*) *edible film* dari kitosan adalah dengan memvariasikan jumlah gliserol yang ditambahkan ke dalam larutan kitosan yang kemudian dikeringkan pada berbagai suhu pengeringan. *Edible film* yang terbentuk mempunyai kenampakan transparan tetapi sedikit kekuningan. Untuk pengujian nilai permeabilitas *edible film* menggunakan lembaran yang sudah kering dengan ketebalan yang hampir sama, yaitu sekitar 0,028±0,005 mm. Kondisi pengukuran *water vapor permeability* (WVP) film pada suhu 29⁰C.

Dari percobaan pembuatan film kitosan tanpa plastisizer dengan suhu pengeringan larutan film sebesar 60; 65; 70; dan 75⁰C diperoleh nilai *water vapor permeability* masing-masing sebesar 0,020507, 0,040474,

0,050559, dan 0,067261 ng.m / (s.m².Pa). Pengaruh suhu pengeringan larutan film kitosan yang terplastisasi dengan gliserol pada berbagai konsentrasi gliserol yang ditambahkan tercantum pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 1. Nilai permeabilitas uap air *edible film* kitosan dengan *plastisizer gliserol* pada berbagai suhu pengeringan.

adar, g/mL	Permeabilitas Uap Air, ng.m/(s.m ² .Pa)			
	Tp = 60°C	Tp = 65°C	Tp = 70°C	p = 75°C
0	0,020507	0,040474	0,050559	0,067261
0,0025	0,034753	0,058741	0,069261	0,078691
0,005	0,042829	0,061359	0,087966	0,109873
0,0075	0,067401	0,077261	0,082632	0,123947
0,01	0,082303	0,098768	0,110928	0,132347
0,0125	0,098373	0,109827	0,130982	0,165373



Gambar 3. Nilai *water vapor permeability* pada berbagai kadar *plastisizer*

Dari data hasil penelitian yang tercantum pada Tabel 1 diatas, secara umum untuk *edible film* tanpa menggunakan *plastisizer* maupun dengan *plastisizer*, terlihat bahwa semakin tinggi suhu pengeringan larutan kitosan maka film yang dihasilkan mempunyai *water vapor permeability* yang lebih tinggi. Suhu pengeringan yang digunakan mempunyai pengaruh dalam memodifikasi sifat fisik *edible film*. Hal ini dimungkinkan karena pada suhu pengeringan larutan yang lebih tinggi, pelarut akan

menguap dengan lebih cepat sehingga *edible film* yang terbentuk menjadi lebih mudah kering. Proses pengeringan yang terjadi ini kemungkinan akan mempengaruhi susunan rantai polimer dalam *edible film* yaitu membentuk jaringan dengan struktur yang kurang rapat sehingga dapat mempengaruhi sifat permeabilitas uap air yang dihasilkan.

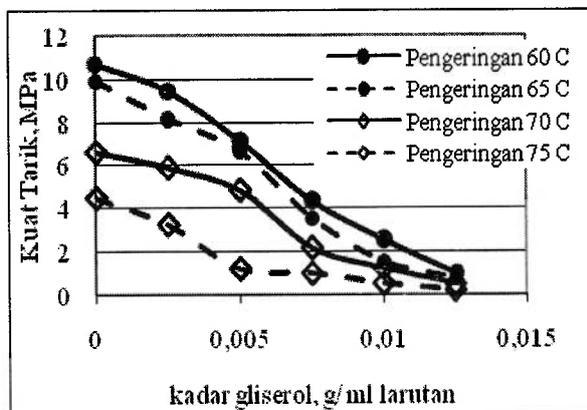
Pengaruh suhu pengeringan larutan kitosan terhadap nilai WVP juga disampaikan oleh Marbelia (2008). Hasil yang diperoleh menyebutkan bahwa ada kecenderungan peningkatan nilai WVP dengan semakin tinggi suhu pengeringan film. Nilai permeabilitas *edible film* kitosan tanpa *plastisizer* pada suhu pengeringan 60°C dan 75°C masing - masing 0,0422 – 0,0441 ng.m/(s.m².Pa) dan 0,0786 – 0,1142 ng.m / (s.m².Pa).

4.2 Pengaruh Suhu Pengeringan Larutan Film terhadap Sifat Mekanik *Edible Film*

Dalam penelitian ini dievaluasi nilai kuat tarik dan nilai *percent elongation of break* dari film kitosan sebagai sifat mekanik *edible film*. Dengan penambahan gliserol ke dalam larutan film diperoleh data percobaan yang memperlihatkan pengaruh kadar gliserol dalam *edible film* terhadap kuat tarik *edible film* kitosan yang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 4. Pada rentang kadar *plastisizer* 0 – 0,005 g / ml larutan, semakin besar kadar *plastisizer*, nilai kuat tarik film semakin kecil. Pada kisaran ini, kuat tarik film dengan gliserol semakin menurun dengan penambahan *plastisizer* dan film dengan *plastisizer sorbitol* juga menunjukkan kecenderungan yang sama.

Tabel 2. Nilai kuat tarik *edible film* pada berbagai kadar gliserol dengan variasi suhu pengeringan.

Kadar, g/mL	Kuat Tarik (MPa)			
	Tp = 60°C	Tp = 65°C	Tp = 70°C	Tp = 75°C
0	10,7028	0,040474	0,050559	0,067261
0,0025	9,4658	0,058741	0,069261	0,078691
0,005	7,1558	0,061359	0,087966	0,109873
0,0075	4,3443	0,077261	0,082632	0,123947
0,01	2,5421	0,098768	0,110928	0,132347
0,0125	0,9987	0,109827	0,130982	0,165373



Gambar 4. Pengaruh jumlah gliserol terhadap kuat tarik *edible film* pada berbagai suhu pengeringan larutan kitosan

Dari hasil yang diperoleh terlihat bahwa semakin banyak jumlah gliserol yang ditambahkan ke dalam larutan kitosan maka menyebabkan makin berkurangnya nilai kuat tarik *edible film* yang dihasilkan. Hal ini dimungkinkan karena adanya molekul-molekul gliserol sebagai *plastisizer* dalam *edible film* tersebut yang terletak diantara rantai-rantai polimer berinteraksi membentuk ikatan hidrogen pada ikatan antar polimer sehingga menyebabkan berkurangnya interaksi antara molekul-molekul polimer yang berdekatan (Wypych, 2004). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Srinivasa et al. (2007) juga mempunyai kecenderungan yang sama. Dengan penambahan *plastisizer sorbitol* (0,005 g / mL larutan) kuat tarik film mengalami penurunan menjadi 11,26 MPa

jika dibandingkan dengan tanpa *plastisizer* (39,1 MPa). Dengan menggunakan bahan baku yang berbeda yaitu kitosan dengan berat molekul yang lebih tinggi (817,6 kDa), nilai kuat tarik film tanpa *plastisizer* pada penelitian ini adalah 10,7 MPa dan sebesar 9,5 MPa pada penambahan 0,0025 g gliserol /mL larutan dengan suhu pengeringan larutan kitosan sebesar 60°C. Perbedaan hasil penelitian yang diperoleh kemungkinan karena perbedaan berat molekul kitosan yang digunakan, pengaruh *plastisizer* terhadap kuat tarik film sangat signifikan pada film kitosan dengan berat molekul yang lebih tinggi, serta pengaruh besarnya suhu pengeringan yang digunakan. Dari penelitian yang lain, misalnya Bulter et al. (1996) membuat *edible film* dari kitosan dengan berat molekul rendah (konsentrasi 3% berat / volume) yang menggunakan *plastisizer* gliserol dengan konsentrasi 0,006 g gliserol/mL mempunyai kuat tarik 18,7±4,9 MPa dan film dengan penambahan gliserol sebanyak 0,012 g gliserol / mL menghasilkan film dengan kuat tarik sebesar 14,6±4,8 MPa.

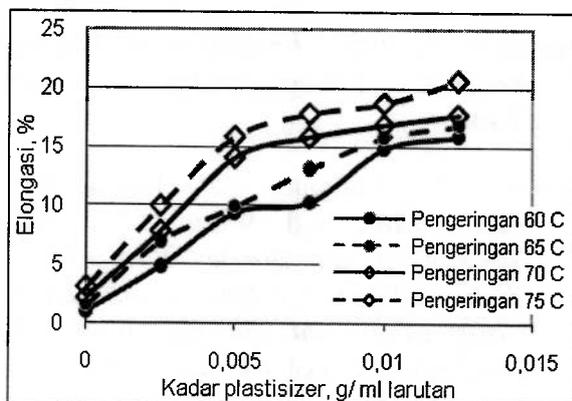
Pada penelitian ini nilai kuat tarik *edible film* yang dihasilkan dari pengeringan pada suhu antara 60 – 75°C dan dengan penambahan konsentrasi gliserol sebesar 0 – 0,015 g / mL larutan adalah berkisar antara 0,1984 – 10,728 MPa. Kuat tarik dengan nilai dibawah 10 MPa tergolong pada *edible film* golongan rendah (Krochta dan De Mulder-Johnston, 1997). *Edible film* yang dihasilkan dari penelitian ini memang memiliki nilai kuat tarik yang jauh lebih kecil apabila dibandingkan dengan *edible film* yang dihasilkan oleh Srinivasa et al. (2004). Srinivasa et al. (2004) membuat *edible film* dari kitosan dengan berat molekul 100 kDa dicetak dengan metode pengeringan oven pada suhu 80, 90, dan 100°C. Nilai kuat tarik yang dihasilkan dari *edible film* tersebut berkisar 50±5,18 MPa.

Sedangkan untuk sifat mekanik *edible film* yang lain yaitu karakter elongasi film. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Nilai persen mulur *edible film* kitosan pada berbagai kadar gliserol dengan variasi suhu pengeringan.

Kadar, g/mL	Mulur (%)			
	Tp = 60°C	Tp = 65°C	Tp = 70°C	Tp = 75°C
0	1,02	1,52	2,14	3,05
0,0025	4,87	6,94	7,84	9,97
0,005	9,37	9,88	14,10	15,87
0,0075	10,28	13,10	15,82	17,83
0,01	14,84	15,79	16,88	18,74
0,0125	15,84	16,78	17,74	20,69

Semakin banyak jumlah gliserol yang dimasukkan ke dalam larutan film kitosan akan menghasilkan nilai persen mulur yang semakin tinggi. Misalnya pada pengeringan pada suhu 60°C, dengan penambahan gliserol sebanyak 0,0125 g / mL larutan terjadi kenaikan persen mulur *edible film* kitosan dari 1,02% untuk film tanpa plastisizer menjadi sebesar 15,84% untuk film dengan kandungan gliserol sebanyak 0,0125 gram. Penambahan *plastisizer* gliserol ini menyebabkan pengurangan nilai fleksibilitas serta kekakuan dari suatu *edible film*, dimungkinkan karena adanya pengurangan interaksi di dalam molekul-molekul polimer film kitosan yang diakibatkan karena adanya molekul *plastisizer* yang terletak diantara rantai polimer yang membentuk struktur ikatan hydrogen dengan polimer tersebut (Wypych, 2004).



Gambar 5. Nilai elongasi film kitosan yang dihasilkan pada beberapa suhu pengeringan film

Pengaruh penambahan gliserol ke dalam pembuatan *edible film* dari kitosan juga dilaporkan oleh Srinivasa *et al.* (2007), dimana terjadi kenaikan mulur dari 10,8% menjadi 34% pada penambahan gliserol sampai dengan konsentrasi 0,004 g / mL dengan metode pengeringan menggunakan infra merah. Perbedaan metode dan suhu pengeringan larutan kitosan ini membuat *edible film* kitosan yang dihasilkan mempunyai struktur film yang menyebabkan nilai elongasi yang relatif lebih tinggi dari elongasi film pada penelitian ini.

4.3 Evaluasi Karakteristik Penyerapan Uap air *Edible Film*

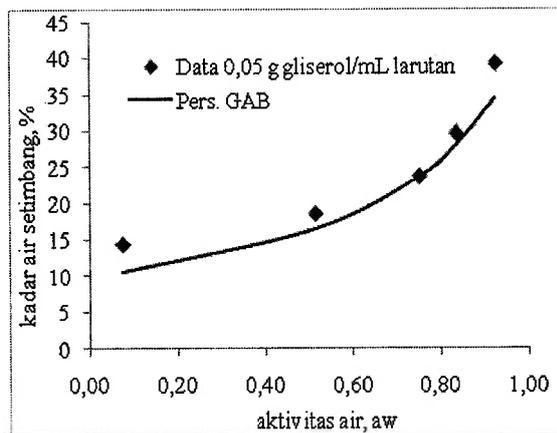
Hasil percobaan dengan menggunakan variasi jumlah *plastisizer* gliserol yang ditambahkan ke dalam larutan kitosan dan variasi suhu pengeringan larutan kitosan, terlihat bahwa *edible film* dengan karakteristik permeabilitas uap air (*water vapor permeability*) dan sifat mekanik (kuat tarik film dan persen elongasi) yang optimal diperoleh dari data dengan penambahan gliserol sebanyak 0,05 g / mL larutan kitosan dan suhu pengeringan dalam oven sebesar 60°C. *Edible film* dengan karakteristik optimal tersebut kemudian dilakukan evaluasi karakteristik penyerapan uap airnya.

Karakteristik penyerapan uap air dari film kitosan merupakan suatu hal yang penting dalam aplikasi *edible film* sebagai bahan pengemas pada kelembaban udara yang bervariasi. Dalam penelitian ini dievaluasi *water sorption isotherm* film kitosan dengan kandungan gliserol 0,05 g / mL larutan kitosan yang dikeringkan pada suhu 60°C. Besarnya kadar air kesetimbangan pada berbagai aktivitas air, yaitu 0,075; 0,325; 0,515; 0,751; 0,925, untuk film kitosan tersebut terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai kadar air kesetimbangan film kitosan dengan kandungan gliserol 0,05 g/ml larutan kitosan yang dikeringkan pada suhu 60⁰c yang diukur pada berbagai nilai aktivitas air (aw).

Aktivitas air, aw	Kadar Air Kesetimbangan (%)
0,0750	14,4442
0,5150	18,6125
0,7510	23,6776
0,8350	29,5207
0,9250	39,1433

Dalam penelitian ini model *sorption isotherm* yang digunakan adalah model GAB. Nilai konstanta persamaan tersebut adalah sebagai berikut: $M_m = 9,9833$; $c = -6101,0167$; $k = 0,7674$. Persamaan GAB ini cukup cocok untuk mengevaluasi *sorption isotherm* film kitosan dengan plastisizer gliserol, hal ini dapat dilihat dari nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh sebesar 0,9332. Data kadar air kesetimbangan percobaan dan data hasil hitungan yang diperoleh dari persamaan GAB untuk film kitosan dengan *plastisizer* pada suhu pengeringan larutan kitosan 60⁰C dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Moisture sorption isotherm* film dengan plastisizer gliserol dengan suhu pengeringan 60⁰c.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penambahan *plastisizer* gliserol pada larutan kitosan dengan konsentrasi penambahan 0 – 0,0125 g / mL larutan kitosan menyebabkan kenaikan nilai permeabilitas dan persen mulur film, tetapi menurunkan nilai kuat tarik film yang dihasilkan.
2. Peningkatan suhu pengeringan larutan film dari suhu 60 – 75⁰C menyebabkan kenaikan nilai permeabilitas dan persen elongasi film, tetapi menurunkan nilai kuat tarik film.
3. Pada konsentrasi film kitosan 1% (berat kitosan/ mL asam asetat) dengan suhu pengeringan 60⁰C, 65⁰C, 70⁰C, dan 75⁰C, diperoleh sifat *edible film* kitosan dengan karakteristik yang relatif paling baik pada kondisi pengeringan 60⁰C dengan *plastisizer* gliserol sebanyak 0,05 g / mL dengan nilai *water vapor permeability* 0,042829 ng.m / (s.m².Pa), kuat tarik sebesar 7,1558 MPa, persen elongasi 9,37%, dan kadar air kesetimbangan sebesar 14,4442% sampai dengan 39,1433%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alyanak, D., 2004, *Water Vapour Permeable Edible Membranes*, a Thesis in Biotechnology and Bioengineering Program, Izmir Institute of Technology.
- Bicerano, J., 2002, *Prediction of Polymer Properties*, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Butler, B.L., Vergano, P.J., Testin, R.F., Bunn, J.M., and Wiles, J.L., 1996, *Mechanical and Barrier Properties of Edible Chitosan Films as affected by Composition and Storage*, Journal of Food Science, Vol. 61, No. 5, 953 – 956.
- Caner, C. , Vergano, P.J., and Wiles, J.L., 1998, *Chitosan Film Mechanical and*

- Permeation Properties as Affected by Acid, Plasticizer, and Storage*, Journal of Food Science, Vol. 63, No. 6, 1049 – 1053.
- Donhowe, G. and Fennema, O., 1993, *Water Vapor and Oxygen Permeability of Wax Films*, Journal of the American Oil Chemists' Society, 70(9), 867 – 873.
- Enrione, J.I., Hill, S.E., and Mitchell, J.R., 2007, *Sorption and Diffusional Studies of Extruded Waxy Maize Starch-Glycerol Systems*, Starch/Stärke, 59, 1 – 9.
- Gennadios, A., 2002, *Protein-Based Films and Coatings*, CRC Press, London, New York.
- Hartarti, F., Tri, S., Rakhmadioni, dan Loekito, A., 2002, *Faktor-faktor yang Berpengaruh terhadap Deproteinasi dalam Pembuatan Kitin dari Cangkang Rajungan*, Biosain, Vol. 2(1).
- Krochta, J.M. and Mulder-Johnstone, 1997, *Edible and Biodegradable Polymer Film: Challenges and Opportunities*, J. Food Tech., 51(2), 61 – 74.
- Laila, U., 2008, *Pengaruh Plastisizer dan Suhu Pengeringan terhadap Sifat Mekanik Edible Film dari Kitosan*, Laporan Penelitian Laboratorium Teknik Pangan dan Bioproses, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Li, J., Revol, J.F., and Marchessault, R.H., 1997, *Effect of Degree of Deacetylation of Chitin on the Properties of Chitin Crystallites*, J. Appl. Polym. Sci., 65(2), 373 – 380.
- Marbelia, L., 2008, *Pengaruh Plastisizer dan Suhu Pengeringan terhadap Permeabilitas Uap Air Edible Film dari Kitosan*, Laporan Penelitian Laboratorium Teknik Pangan dan Bioproses, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Meyers, S.P., No, H.K., Prinyawiwatkui, W., and Xu, Z., 2007, *Applications of Chitosan for Improvement of Quality and Shelf Life of Foods: A Review*, Journal of Food Science.
- Nadarajah, K., 2005, *Development and Characterization of Antimicrobial Edible Film from Crawfish Chitosan*, Dissertation in Department of Food Science, University of Paradeniya.
- Rinaudo, M., 2006, *Chitin and Chitosan: Properties and Applications*, Prog. Polym. Sci., 31, 603 – 632.
- Srinivasa, P.C., Ramesh, M.N., Kumar, K.R., and Tharanathan, R.N., 2004, *Properties of Chitosan Films Prepared under Different Drying Conditions*, Journal of Food Engineering, 63, 79 – 85.
- Srinivasa, P.C., Ramesh, M.N., and Tharanathan, R.N., 2007, *Effects of Plastisizers and Fatty Acids on Mechanical and Permeability Characteristics of Chitosan Films*, Journal of Food Hydrocolloids, Vol. 21, 1113 – 1122.
- Wypych, G., 2004, *Handbook of Plasticizers*, ChemTec Publishing, Transcontinental Printing Inc., Ontario.
- Yoshida, C.M.P., Junior, E.N.O., and Franco, T.T., 2009, *Chitosan Tailor-Made Films: The Effects of Additives on Barrier and Mechanical Properties*, Packaging Technology and Science, 22, 161 – 170.

PEMODELAN RESPON DINAMIK *THRUSTER*

Mohammad Faizun

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang Km14,5 Yogyakarta
E-mail: 115250101@uii.ac.id*

ABSTRACT

The aim of this research is to find the mathematical model of thrusters. There were three variables had been examined: percentage of duty cycle of PWM applied, the rotational speed of the propeller, and the thrust exerted. Three functions had been formulated from those variables, i.e. the function that relates the percentage of duty cycle of PWM applied and the rotational speed of the propeller, the function that relates the percentage of duty cycle of PWM applied the thrust exerted by the propeller, and the function that relates the rotational speed of the propeller and the thrust exerted. All those functions are used to design the robust control system of the underwater robots.

The thrusters are comprised of two main components: a propeller and a dc motor to drive that propeller. The electrical power supplied to the motor is adjusted via PWM signals. The rotational speed of the propeller was measured by tachometer. The thrust exerted by the propeller was measured by using dynamometer.

From the result obtained, it can be concluded that all the functions above can be approximated by linear ones. The correlations of these approximations are more than 96%. These facts are very surprising that we can develop the control systems of the underwater robots in a simpler way.

Keywords: thruster, duty cycle, PWM, thrust, propeller.

1. PENDAHULUAN

Ada banyak penelitian dan kegiatan eksplorasi lain yang dilakukan di dalam laut seperti pemantauan dan perbaikan konstruksi, kabel, dan pipa gas dalam air, pencarian kapal yang tenggelam, observasi permukaan dasar laut, serta pemantauan kondisi dan kerusakan lingkungan bawah laut. Sebagian besar hasil riset telah ditransfer dan diterapkan di pihak pemerintah, industri, dan militer. (Musa, *et. al.* 2002). Semua kegiatan tersebut cukup membahayakan bagi manusia yang menjalankannya. Pada kondisi ini robot dalam air sangat diperlukan.

Mengingat Indonesia adalah negeri maritim yang kaya akan potensi kelautan dan saat ini masih sangat sedikit dieksplorasi, maka ke depannya robot yang bisa bergerak dan bekerja secara otonomi dalam air akan

banyak diperlukan untuk meningkatkan kegiatan eksplorasi tersebut.

Robot dalam air mengharuskan bodi robot yang kedap air untuk melindungi sistem di dalamnya. Kebanyakan robot dalam air menggunakan *thruster* untuk dapat bergerak (Tsukamoto, *et.al.* 1997), bukan menggunakan kaki atau roda seperti robot di atas permukaan tanah.

Perilaku dinamik dari *thruster* mendominasi permasalahan kendali pada robot dalam air (Yoerger, *et.al.* 1990). Model yang menggambarkan karakter *thruster* sangat diperlukan untuk mendesain sistem kendali robot yang handal. Sistem kendali yang menggunakan model *thruster* ini menghasilkan *positioning* robot yang lebih superior daripada yang tidak menggunakan model (Whitcomb, *et.al.*, 1999). Dari kenyataan tersebut, penelitian ini akan

memfokuskan pada pemodelan respon dinamik *thruster*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Bachmayer et al., 2000 melaporkan metode untuk menentukan kurva nonsinusoidal dari gaya angkat dan gaya drag. Model yang dipakai menggunakan parameter aliran fluida aksial dan kurva sinusoidal gaya angkat dan gaya drag. *Vonnet et al.*, 2008 melaporkan pemodelan, identifikasi, dan validasi model *thruster* dengan menggunakan pendekatan domain frekuensi. Mereka menyarankan untuk melakukan investigasi interaksi antara model motor DC dengan model dinamik propeller. Beberapa studi lain tentang dinamik *thruster* telah banyak dilakukan diantaranya oleh *Healey, et.al.*, 1995, dan *Zhifei, et.al.*, 2003. Penelitian mereka dilakukan untuk mendapatkan model dinamik dari *thruster* dengan menggunakan kontrol kanal terbuka (*open loop control*).

Sarkar, et.al., 2002, menggunakan model yang dipakai oleh *Healey* dan mereka menyatakan bahwa perilaku dinamik *thruster* sangat kompleks dan tidak bisa dinyatakan dengan tepat oleh persamaan yang dipakai. *Kim, et.al.*, 2005, mengajukan model berdasarkan sudut datang, yakni sudut antara arah gaya dorong dengan arah kecepatan robot, yang dianggap akurat. Model ini ditujukan untuk memperbaiki akurasi gaya dorong jika robot bergerak pada air yang mengalir. Model yang diajukan masih bergantung pada persamaan-persamaan empiris.

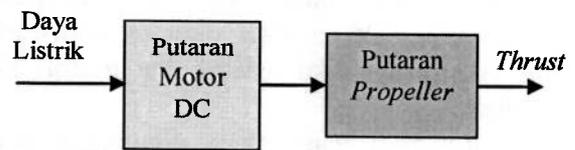
Ishak, et.al., 2010, membuat *thruster* dengan motor bermagnet 3 fase. Tujuannya untuk mendapatkan motor yang diaktuator dengan listrik secara langsung. Kecepatan motor dikendalikan dengan mengatur besarnya tegangan listrik.

Model yang menggambarkan hubungan antara PWM dengan besarnya gaya dorong belum diteliti. Penelitian yang diajukan ini akan menambahkan *rotary encoder* sehingga

didapat kontrol kanal tertutup untuk memperbaiki model interaksi catu daya dengan respon dinamik dari *thruster*.

3. LANDASAN TEORI

Thruster terdiri dari dua komponen utama: bagian pertama sejenis baling-baling (*propeller*), yang kedua motor DC untuk menggerakkan *propeller* tersebut (lihat Gambar 1). Dari putaran baling-baling (*blades*) itulah dihasilkan daya dorong untuk menggerakkan robot.



Gambar 1. Diagram *thruster*.

Masing-masing komponen tersebut memiliki model persamaan baku sendiri. Model persamaan motor DC pada *thruster*:

$$\frac{\omega(s)}{V_a(s)} = \frac{K_{ma}/L_a}{(s + R_a/L_a)(s + c/J)(K_b K_{ma}/L_a)} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

- $\omega(s)$: fungsi *laplace* kecepatan rotasi *armature*.
- $V_a(s)$: fungsi *laplace* tegangan *armature*.
- K_{ma} : konstanta arus *armature*.
- L_a : koefisien induktansi *armature*.
- J : momen inersia *armature*, poros, dan turbin.
- c : koefisien redaman dari poros motor.
- K_b : koefisien *back emf* motor.

Model hidrodinamik pada kondisi tunak untuk *propeller thruster* berupa persamaan :

$$T = \rho A l \gamma \dot{v}_p + A(P_d - P_u) \dots\dots\dots(2)$$

dengan,

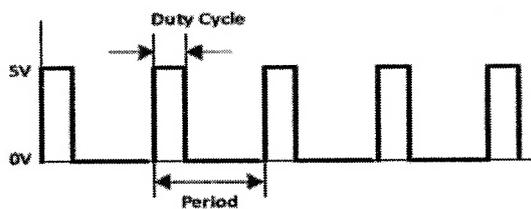
- T : gaya dorong *thruster*.
- ρ : masa jenis fluida.

- A : Luasan *thruster duct*.
- l : panjang *duct*.
- γ : koefisien *added mass*.
- v_p : kecepatan fluida pada baling - baling (*propeller*),
- P_d : tekanan fluida pada sisi baling - baling belakang,
- P_u : tekanan fluida pada sisi baling - baling depan

Husaeni, et. al., 2007, menyatakan bahwa *thruster* yang *optimum* memiliki *blade* 3 buah dengan diameter 0,1 meter.

Salah satu cara mengatur kecepatan putar motor DC adalah dengan mensuplai dan mengatur nilai PWM ke motor DC tersebut.

Catu daya yang akan digunakan pada penelitian ini adalah tegangan dalam bentuk PWM (*Pulse Width Modulation*) seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sinyal PWM.

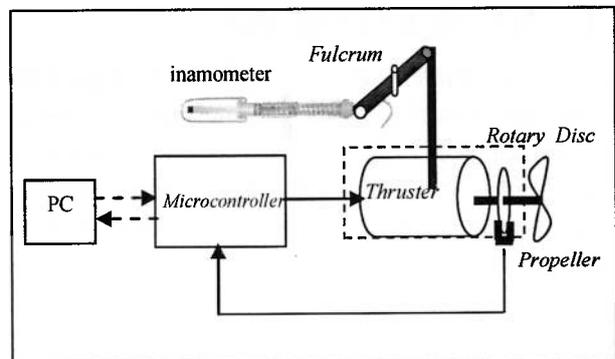
Selama ini *thruster* yang tersedia di pasar tidak menyertakan sensor apapun dan penelitian yang sudah dilakukan pun masih menggunakan kontrol kanal terbuka (*open loop control*). Sistem ini tidak mengambil umpan balik (*feedback*) dari nilai output sehingga untuk kondisi lingkungan yang dinamis sistem ini kurang handal (*reliable*), yakni simpangan (*error*) yang terjadi cukup besar dan sering.

4. METODE PENELITIAN

Di dalam usulan penelitian ini akan dilakukan eksperimen untuk mengetahui respon dinamik (berupa gaya dorong / *thrust*) dari *thuster* yang disuplai sinyal PWM. Air yang dipakai sebagai lingkungan uji berupa air tawar.

4.1 Sistem Uji

Gambar di bawah adalah skema dari sistem uji yang digunakan.



Gambar 3. Skema sistem uji.

Thruster dibuat sendiri memakai motor DC 100 watt, dan *propeller* dibuat dengan bahan ABS menggunakan mesin *3D printing*.

Board Mikrokontroler dibuat dengan menggunakan Atmega8535 dan diprogram dengan CVAVR digunakan untuk membangkitkan sinyal PWM yang akan diberikan ke *thruster* dan untuk membuat *PID controller*.

Kecepatan putar *propeller* diukur menggunakan *rotary disc*. Dinamometer dipakai untuk mengukur besarnya gaya dorong (*thrust*).

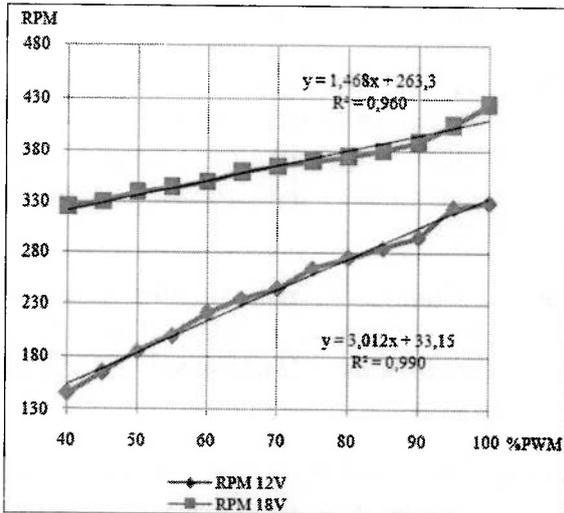
4.2 Pengambilan Data

Data - data yang diambil adalah: nilai gaya dorong yang dihasilkan oleh *thruster*, PWM yang disuplai ke motor, serta kecepatan putar *propeller*. Besar gaya dorong diukur menggunakan dinamometer dengan skala maksimum 500 gram. Nilai *duty cycle* PWM di set menggunakan *keypad 3x4* yang nilainya ditampilkan oleh layar LCD 2x16. Kecepatan rotasi *propeller* juga ditampilkan oleh layar LCD tersebut. Data tersebut akan diregresikan untuk mendapat-kan fungsi hubungan frekuensi PWM dengan gaya dorong *thruster*.

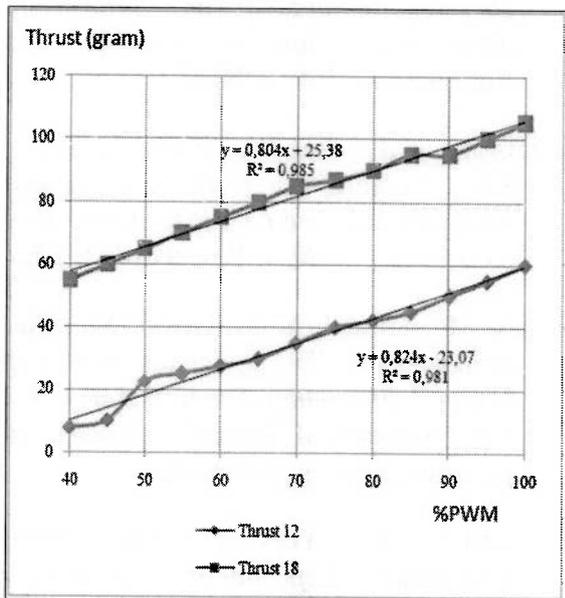
5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran ditampilkan dalam tiga kelompok data :

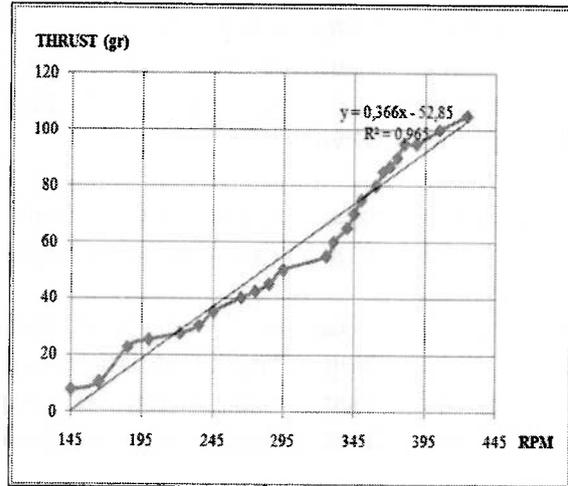
- Duty cycle* PWM vs putaran *propeller* (Gambar 4).
- Duty cycle* PWM vs *thrust* (Gambar 5).
- Putaran *propeller* vs *thrust* (Gambar 6).



Gambar 4. *Duty cycle* PWM vs putaran *propeller*.



Gambar 5. *Duty cycle* PWM vs thrust.



Gambar 6. Putaran *propeller* vs thrust.

Hasil pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa fungsi yang menghubungkan antara persentase *duty cycle* PWM dengan kecepatan putar *propeller* adalah fungsi linier. Hal ini terjadi pada tegangan 12 volt maupun tegangan 18 volt. Fungsi yang dimaksud adalah :

$$N = a \cdot P + b \dots\dots\dots(3)$$

dengan,

- N : putaran (rpm).
- P : persentase *duty cycle* PWM.
- a : koefisien dengan nilai 1,468 pada tegangan 12 volt, dan 3,012 pada tegangan 18 volt.
- b : konstanta dengan nilai 263,3 pada tegangan 12 volt, dan 33,15 pada tegangan 18 volt.

Hasil pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa fungsi yang menghubungkan antara persentase *duty cycle* PWM dengan *thrust* (gaya dorong) adalah fungsi linier. Fungsi yang dimaksud adalah :

$$T = c \cdot P + d \dots\dots\dots(4)$$

dengan,

- T : *thrust* (gaya dorong) dalam *gram-force*.
- C : koefisien dengan nilai 0,804 pada tegangan 12 volt, dan 0,824 pada tegangan 18 volt.

P : persentase *duty cycle* PWM.
 d : konstanta dengan nilai 25,38 pada tegangan 12 volt, dan -23,7 pada tegangan 18 volt.

Kenaikan tegangan catu daya terlihat hanya menggeser garis fungsi ke atas dengan gradien tetap.

Hasil pada Gambar 6 memperlihatkan bahwa fungsi yang menghubungkan antara kecepatan putar dengan *thrust* (gaya dorong) adalah fungsi linier. Fungsi yang dimaksud adalah :

$$T = p \cdot N + q \dots\dots\dots(5)$$

dengan,

T : *thrust* (gaya dorong) dalam *gram-force*.

p : koefisien dengan nilai 0,366.

N : putaran (rpm).

q : konstanta dengan nilai 25,38 pada tegangan 12 volt, dan -52,85.

KESIMPULAN

Hubungan antara :

- a. *Duty cycle* PWM dengan kecepatan putar *propeller*.
- b. Persentase *duty cycle* PWM dengan *thrust* (gaya dorong).
- c. Kecepatan putar dengan *thrust* dapat didekati dengan fungsi linier dengan nilai korelasi lebih dari 96%.

DAFTAR PUSTAKA

Bachmayer, L., Whitcomb, L.L., Grosenbaugh, M.A. 2000. *An Accurate Four-Quadrant Nonlinear Dynamical Model for Marine Thrusters: Theory and Experimental Validation*. IEEE Journal of Oceanic Engineering.

Healey, A.J., Rock, S.M., Cody, S., Miles, D., Brwon, J.P. 1995. *Toward an Improved Understanding of Thruster Dynamics for Underwater Vehicles*. IEEE Journal of Oceanic Engineering.

Ishak, D., Manap, N.A.A., Ahmad, M.S., Arshad, M.R. 2010. *Electrically Actuated Thrusters for Autonomous Underwater Vehicle*. 11th IEEE International Workshop.

Kim, J., Han, J., Chung, W.K., Yuh, J. 2005. *Accurate Thruster Modeling with Non-Parallel Ambient Flow for Underwater Vehicles*. IEEE Proceeding.

Musa, A.W., Marshal, S., Chapman, R. (2002). *An object-oriented rule-based image segmentation system for underwater autonomous vehicles*. IEEE.

Park, J., Chung, W., Yuh, J. 2000. *Nonlinear H_{∞} Optimal PID Control of Autonomous Underwater Vehicles*. IEEE.

Sarkar, N., Podder, T.K. 2002. *Fault-Accommodating Thruster Force Allocation of an AUV Considering Thruster Redundancy and Saturation*. IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol 18. No.2.

Tsukamoto, C.L., Lee.W., Yuh. J., Choi, S.K., Lorentz, J. 1997. *Comparison Study on Advanced Thruster Control of Underwater Robots*. Proceeding IEEE.

Vonnet, M., Ahmed, N.A., Loron, L. 2008. *Marine Propeller Dynamics Modeling Using A Frequency Domain Approach*. 5th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices.

Whitcomb, L.L., Yoerger, D.R., 1999. *Preliminary Experiments in Model-Based Thruster Control for Underwater Vehicle Positioning*. IEEE Oceanic Engineering.

Yoerger, D.R., Cooke, J.G., Slotine, J.J. 1990. *The influence of Thruster Dynamics on Underwater vehicle*

Behavior and their Incorporation Into Control System Design. IEEE Journal of Oceanic Engineering.

Zhifei, C., Yaejun, A., Hongmei, L., Changzhi, S. 2003. *Parameter Estimation of Thruster Motor for Underwater Robot through Weighted Least Square Method.* Proceeding IEEE.

PEMANFAATAN TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI DALAM PEMBIMBINGAN AKADEMIK UNTUK MAHASISWA YANG BERMASALAH (PERSPEKTIF DPA)

Nur Wijyaning R

*Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Indonesia
Email: nmur@fti.uii.ac.id*

ABSTRACT

Both students and university perceive the successful study is a very important thing. However, facts showed that problematic students exist in all universities, especially who has late study problem which in turn could cause Drop Out (DO). A problem solving contributed by university to fulfil the students ? right is increasing the role of Academic Advisor. While continuing to upgrade professionalism, Academic Advisor can use Information and Communication Technology (ICT) in the form of a simple phone call, Short Message Service, and department website to deal with such problems. This research focuses on the use of ICT to handle 36 students of Informatics Department of Universitas Islam Indonesia who had late study problems. The problems vary from theory completion status to the completion status of internship, Kuliah Kerja Nyata (KKN) and thesis. During nine months, the researcher who also acts as an Academic Advisor served as an academic consultant, motivator, facilitator and also reminder of academic procedures. These findings show that Academic Advisor who care for students didnt ? need sophisticated technology to communicate and monitor academic progress. At the end of this research, 25% of students obtained theory completion status, no one completed internship, 80% of students finished KKN, and nearly one-third of students have been graduated. These various achievements need to be discussed later by involving student perspective and psychological review.

Keywords: late study problem, university students, ICT, Academic Advisor.

1. PENDAHULUAN

Keberhasilan dalam menapaki jenjang perguruan tinggi adalah harapan setiap mahasiswa, orang tua dan perguruan tinggi. Akan tetapi, tidak semua mahasiswa lancar dan berhasil dalam kuliah dikarenakan ada masalah - masalah yang dihadapi, seperti Indeks Prestasi (IP) rendah, keterlambatan studi, bahkan *Drop Out* (DO). Penelitian ini berfokus pada masalah keterlambatan studi yang dialami oleh sebagian mahasiswa Jurusan Teknik Informatika UII (JTI UII). Lama studi merupakan ukuran yang sangat penting bagi semua pihak, antara lain sebagai kepuasan mahasiswa, poin penting akreditasi program studi, dan sekaligus kebanggaan orang tua. Sampel data di JTI UII menunjukkan bahwa hanya sebesar 51,2%

mahasiswa angkatan 2006 yang lulus kurang dari lima tahun kuliah. Penelitian di kampus lain juga menunjukkan fakta yang serupa. Sejumlah 87% mahasiswa Fakultas Psikologi UKSW angkatan 2006 tidak lulus tepat waktu (Riyani, 2012). Rerata lama studi untuk jurusan Psikologi Universitas Diponegoro pada tahun akademik 2004/2005 adalah 5 tahun 11 bulan (Husetia, 2010). Bahkan penelitian di Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya juga menunjukkan bahwa rata - rata di setiap semester terdapat sejumlah 170 mahasiswa S1 yang DO (Khoirunnisak & Iriawan, 2010). Oleh karena itu, mahasiswa JTI UII yang terindikasi akan atau sudah terlambat lulus perlu di identifikasi dan ditangani dengan segera.

Kondisi mahasiswa bermasalah bisa diatasi dengan tindakan, baik dari mahasiswa, program studi maupun keluarga. Dalam hal ini, program studi bisa membantu dalam bentuk pembimbingan akademik. Dalam pelaksanaannya, beberapa institusi perguruan tinggi mengalami beberapa kendala dan hasil pembimbingan akademik yang kurang memuaskan. Di Institut Pertanian Bogor (IPB), hasil survei ke 600 mahasiswa menunjukkan hasil bahwa sebagian besar (86,4%) mahasiswa Tahun Persiapan Bersama menyatakan tidak puas terhadap kinerja DPA. Angka ketidak puasan membesar di tahun - tahun berikutnya karena sejumlah 90% mahasiswa mayor minor juga menyatakan hal yang sama (Retnaningsih, Simanjuntak, & Khairati, 2009). Hal serupa juga terjadi pada 98 mahasiswa D-III Kebidanan STIKES A. Yani Yogyakarta yang terbagi dalam tiga kategori, yaitu 25,5% mendapatkan bimbingan akademik baik, 69,4% mendapatkan bimbingan akademik cukup dan sejumlah 5,1 % mendapatkan bimbingan akademik kurang (Sunarsih, 2012).

Banyak peneliti yang memberi usulan perbaikan kinerja DPA, antara lain dengan mengarahkan mahasiswa untuk mendistribusikan penyebab - penyebab keberhasilan dan kegagalannya dengan hal - hal yang adaptif (Mashoedi & Markum, 2010), meningkatkan frekuensi bimbingan dan mengadakan buku panduan / prosedur tetap pembimbingan (Sunarsih, 2012), serta membantu mahasiswa agar bisa menyelesaikan masalahnya sendiri (Haryani, 2011). Peran DPA juga bisa dioptimalkan dengan bantuan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), seperti adanya sistem pakar untuk konsultasi akademik sehingga mahasiswa tidak perlu bertatap muka dengan DPA (Farid, 2010). Dari hasil penelusuran di internet, telah banyak Perguruan Tinggi yang menerapkan sistem rencana studi *on-line*, akan tetapi belum ada laporan penerapan teknologi untuk pembimbingan akademik secara nyata dan komprehensif, terutama

terhadap mahasiswa yang terlambat studi. Pembimbingan secara tatap muka dengan mengharapkan mahasiswa proaktif datang sendiri ke kampus juga sulit dilakukan karena mahasiswa terlambat studi sudah mulai jarang ke kampus. Oleh karena itu, penelitian berfokus pada pola pemanfaatan teknologi yang beragam dalam pembimbingan akademik mahasiswa terlambat studi.

2. RUMUSAN MASALAH

Masalah utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana TIK dapat digunakan oleh DPA di JTI UII guna membantu mahasiswa yang bermasalah dengan keterlambatan studi.

3. KERANGKA KONSEP

3.1. Peran TIK dalam pendidikan

Menurut *Blurton*, Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) di definisikan sebagai sekumpulan kakas dan sumber daya teknologi yang digunakan untuk mengkomunikasikan, membuat, mendiseminasikan, menyimpan dan mengelola informasi (Tinio, 2004). Termasuk dalam TIK adalah komputer, internet, teknologi *broadcast* (radio dan televisi) serta telepon. Dengan bantuan TIK, banyak informasi yang bisa disimpan, diambil dan di transmisikan pada kecepatan dan skala tertentu yang dulunya dianggap tidak mungkin (*Williams & Sawyer*, 2007).

Perkembangan pesat TIK sangat mempengaruhi kemajuan bidang pendidikan, baik dalam komunikasi antar civitas akademik maupun dalam pembelajaran yang semakin interaktif. TIK yang tidak mengenal batas ruang dan waktu sangat berpotensi untuk meningkatkan kapabilitas interaksi dosen dan mahasiswa, baik di dalam maupun di luar ruang perkuliahan. *Website* kampus, *Short Message Service* (SMS), *chat*, *learning-management software* (LMS) untuk *e-learning* dan media sosial adalah beberapa contoh TIK yang sudah populer di Indonesia. Dengan menggunakan teknologi ponsel yang

paling sederhana, SMS sangat cocok untuk meninggalkan pesan penting dimana telpon tidak memungkinkan (*Williams & Sawyer, 2007*).

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa sebanyak 99% mahasiswa di Yogyakarta memiliki ponsel dan 80% di antaranya menggunakan ponsel hanya untuk bertukar pesan SMS (*Kurniawan, 2008*).

3.2. Peran DPA

Dalam pasal 106 Peraturan Pemerintah no 30 tahun 1999 disebutkan bahwa salah satu hak mahasiswa adalah mendapat bimbingan dari dosen yang bertanggung jawab atas program studi yang diikutinya dalam penyelesaian studinya (*Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 1990*). Secara riil, peranan Dosen Pembimbing Akademik (DPA) juga dirasa sangat penting oleh mahasiswa (*Sunarsih, 2012*).

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (*Kemendikbud*) mendefinisikan peran pembimbing akademik, yaitu (1) mengusahakan agar setiap mahasiswa yang berada di wilayah tanggung jawabnya memperoleh pengarahan yang tepat dalam menyusun program dan beban belajarnya serta dalam memilih mata kuliah yang akan diambilnya, (2) memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk membicarakan masalah - masalah yang dialami khususnya yang berkenaan dengan pendidikan, dan (3) membantu mahasiswa agar dapat mengembangkan sikap dan kebiasaan belajar yang baik. Layanan akademik yang baik akan bisa diberikan oleh dosen yang menguasai prinsip - prinsip dasar dan teknik bimbingan, psikologi belajar, teori - teori belajar, waktu yang tepat untuk melakukan bimbingan, dan materi bimbingan (*Haryani, 2011*). Hasil penelusuran di internet tentang jumlah ideal mahasiswa bimbingan pada setiap kampus juga berbeda - beda, mulai dari 12 mahasiswa (*Sunarsih, 2012*), 15 mahasiswa (*Universitas Sriwijaya, 2008*), hingga 20 mahasiswa per DPA (*Universitas Bina Dharma, 2012*).

4. KONTEKS DAN METODE PENELITIAN

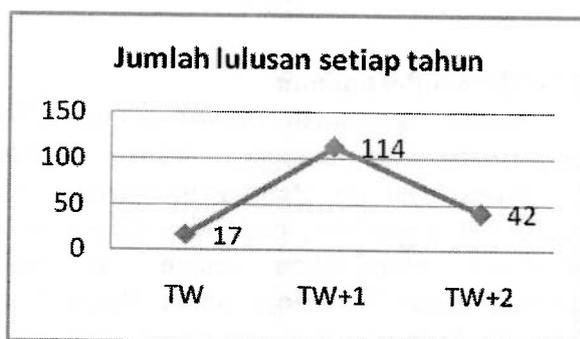
4.1. Konteks Penelitian

Subyek penelitian ini adalah sebagian mahasiswa JTI UII angkatan 2006 yang terlambat studi. Secara historis, mahasiswa tercepat lulus di angkatan 2006 ini mempunyai lama studi 3,7 tahun (lulus 25 Maret 2010), dan mahasiswa seharusnya lulus tepat waktu di tahun 2010. Perbedaan jumlah kelulusan di tiap tahun menunjukkan penurunan secara drastis di tahun kedua setelah tepat waktu (TW+2). Informasi dari data sekunder menunjukkan bahwa rerata mahasiswa lulus di tahun tersebut jatuh signifikan hingga 50% dibandingkan tahun sebelumnya. Mahasiswa yang masih belum lulus tersebut bisa terancam menjadi mahasiswa abadi jika tidak ditangani lebih lanjut.

Penelitian ini mengambil sampel sejumlah 36 mahasiswa yang terlambat studi yang berada dalam asuhan peneliti yang juga mengemban amanah sebagai DPA. Ditinjau dari latar belakang pendidikan, peneliti murni lulusan teknik, sehingga prinsip dasar bimbingan akademik didapatkan dari pelatihan - pelatihan, dan materi bimbingan dipelajari secara otodidak sesuai kebutuhan mahasiswa. Peneliti belum banyak menguasai psikologi belajar dan teori belajar. Jumlah bimbingan akademik yang diasuh juga tergolong banyak, dan terbagi dalam tiga angkatan : 2006, 2009 dan 2011.

Secara akademik, rerata IPK ke-36 mahasiswa angkatan 2006 hanya 2,64 dengan IPK tertinggi sebesar 3,28. Mahasiswa yang belum lulus hingga tahun ke-5 kuliah memiliki masalah akademik yang beragam, bukan hanya sekadar belum menyelesaikan tugas akhir. Terdapat juga beberapa mahasiswa yang belum menyelesaikan mata kuliah wajib universitas atau wajib jurusan. Oleh karena adanya perbedaan akar masalah, maka cara penyelesaian untuk setiap mahasiswa menjadi beragam dan lebih cenderung bersifat individualistik. Frekuensi kunjungan mahasiswa ke kampus yang sudah

berkurang drastis dan hanya di waktu - waktu tertentu (karena berbagai alasan) juga menjadi tantangan tambahan dalam penyelesaian masalah. Secara lebih detail, ragam masalah yang dialami oleh ke-36 mahasiswa dibahas di sub bab “Pemanfaatan Teknologi untuk Pemecahan Masalah Mahasiswa”.



Gambar 1. Jumlah lulusan di tiap tahun, dengan TW=Tahun Tepat Waktu (2010), TW+1= 2011, dan seterusnya.

4.2. Metode Penelitian

Subyek penelitian ini adalah mahasiswa JTI UII yang merupakan mahasiswa terlambat studi karena seluruhnya belum di semester ke-11. Penelitian dilaksanakan mulai April hingga November 2012 dengan tahapan :

1. Memanfaatkan beragam teknologi untuk meminta mahasiswa bertatap muka dengan DPA dan memantau kemajuan mahasiswa.
2. Menilai peran kedua macam teknologi tersebut dalam perspektif DPA.
3. Membandingkan pola komunikasi dan capaian akademik setiap semester.

5. HASIL PENELITIAN

5.1. Penggunaan Teknologi Untuk Komunikasi ke Mahasiswa

Selama kurun waktu penelitian, telah dilaksanakan dua kali pemanggilan mahasiswa melalui kanal *website* dan SMS (lihat

Tabel 1). *Website* yang digunakan adalah *website* resmi jurusan

<http://informatics.uii.ac.id>, sedangkan SMS *broadcast* di kirimkan langsung dari nomor ponsel DPA. Informasi *website* yang kurang diminati (dilihat dari jumlah hit) kemungkinan disebabkan oleh jarangya mahasiswa tingkat atas mengakses *website*. Agar informasi tersebar makin luas, pengumuman ini diperkuat dengan permintaan DPA ke salah satu alumni angkatan 2006 yang berpengaruh untuk mengumumkannya di grup *Facebook* angkatan. Pertemuan semi - massal kedua terjadi di bulan Mei 2012.

Tabel 1 Kanal informasi pertemuan massal

Pertemuan ke-	Kanal informasi	Tgl publikasi	Ket	Tgl pertemuan
1	<i>Website</i>	13 April 2012	1 hit	18 April 2012
2	SMS	30 Agustus 2012	1 kali <i>broadcast</i> SMS ke mahasiswa	3 September 2012

Kanal informasi untuk pertemuan kedua adalah melalui SMS. Nomor - nomor ponsel mahasiswa diperoleh dari pertemuan perdana dan kanal informasi via SMS *broadcast* dipilih dengan pertimbangan sifat pesan yang personal dan sedikitnya jumlah resipien. Oleh karena mahasiswa seringkali memiliki beberapa ponsel sekaligus, maka dalam pertemuan perdana tersebut DPA memastikan bahwa nomor yang diberikan ke DPA adalah nomor yang paling aktif digunakan. Separuh mahasiswa (Gambar 3) telah hadir di pertemuan perdana, sehingga dibutuhkan usaha lain untuk menghubungi separuh sisanya. Cara yang telah ditempuh adalah dengan menyebut nama - nama mahasiswa yang tidak hadir dan kemudian :

1. Menanyakan nomor kontakanya ke mahasiswa yang hadir.
2. Sebagian mahasiswa atas permintaan DPA atau inisiatif sendiri- juga langsung menghubungi teman yang tidak hadir

melalui sarana BBM (*BlackBerry Messenger*) atau akun *Facebook*-nya.

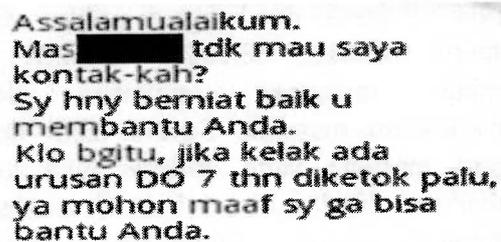
3. Karena tidak ditemukannya nomor kontak pada hari tersebut, dosen menerima nomor kontak di kemudian hari melalui pesan SMS.
4. Menanyakan dilain hari kepada mahasiswa 2006 lainnya (non anak wali).

Sepanjang tahun 2012 ini, DPA telah memperoleh 35 nomor ponsel mahasiswadan masih ada 1 mahasiswa lagi yang masih belum bisa diketahui keberadaannya (meski secara sistem akademik, mahasiswa tersebut aktif membayar SPP dan *key-in* Tugas Akhir). Nomor - nomor ini kemudian digunakan secara rutin untuk menanyakan kemajuan akademik mahasiswa via SMS.

Selain pertemuan massal, DPA juga melakukan pertemuan individual secara terpisah. Pertemuan ini bisa di inisiasi oleh kedua belah pihak (DPA atau mahasiswa), baik melalui perjanjian sebelumnya atau bertemu langsung. Janji pertemuan biasa dilakukan melalui SMS sehari sebelumnya. Dengan mempublikasikan nomor ponsel DPA ini, pembatalan pertemuan DPA - mahasiswa bisa diminimalkan (misalnya karena pada jam tersebut DPA ada rapat / kegiatan lain).

Terdapat kasus yang menarik dalam komunikasi ini, yaitu :

1. Terdapat 1 mahasiswa yang kemudian tidak bisa dihubungi oleh DPA dan teman lain karena si mahasiswa tersebut kehilangan ponsel. Putusnya komunikasi ini berlangsung lebih dari enam bulan dan berakhir setelah mahasiswa tersebut berinisiatif untuk bertemu DPA secara langsung.
2. Terdapat 2 mahasiswa dengan ponsel aktif tetapi tidak pernah mau merespon (via telpon / SMS). DPA kemudian memberi teguran keras melalui SMS tentang ancaman DO (lihat Gambar 2).



Assalamualaikum.
Mas [redacted] tdk mau saya
kontak-kah?
Sy hny berniat baik u
membantu Anda.
Klo bgitu, jika kelak ada
urusan DO 7 thn diketok palu,
ya mohon maaf sy ga bisa
bantu Anda.

7:13PM, 7 Oct

Gambar 2 Teguran keras tentang ancaman *droup out* (DO).

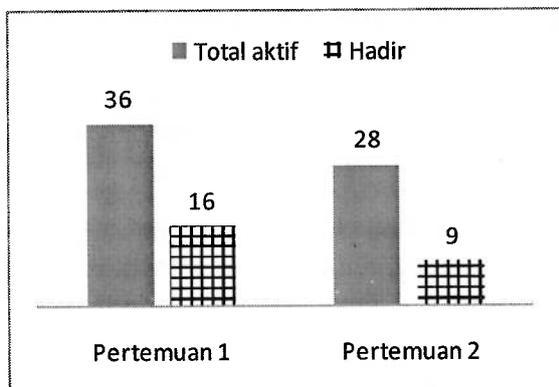
5.2. Materi Pertemuan

Materi pertemuan massal antara DPA dan mahasiswa beragam sesuai dengan kebutuhan saat itu. Pertemuan pertama (18 April 2012) berfokus pada identifikasi awal (hasilnya ditunjukkan dalam sub bab “Pemanfaatan Teknologi untuk Pemecahan Masalah Mahasiswa”), sedangkan pertemuan kedua (3 September 2012) berintikan pemeriksaan kemajuan belajar, rencana dan hasil *key-in* mahasiswa. Untuk menyemangatkan suasana, di setiap pertemuan, DPA menyediakan makananan ringan atau makan siang bersama. Biasanya, pertemuan dijadwalkan berlangsung selama dua jam, tetapi realisasinya selalu melebihi durasi tersebut karena setiap pertemuan massal terbagi menjadi dua agenda besar, yaitu:

1. Penyampaian motivasi, informasi prosedur / jadwal / aturan terbaru dan penyelesaian masalah - masalah yang umum di jumpai. Detailnya adalah sebagai berikut :
 - a. Motivasi, berupa :
 - Motivasi bahwa kelulusan adalah harapan mahasiswa sendiri dan juga jurusan. dengan adanya ijazah, mahasiswa kemungkinan besar akan berkehidupan lebih baik (dalam pekerjaan atau jodoh). Dengan tingkat rerata lama studi yang lebih pendek, jurusan juga semakin berpeluang untuk mendapatkan akreditasi lebih baik.
 - Motivasi untuk melepaskan diri dari status “mahasiswa senior” dan

- membuka diri untuk kehidupan yang baru selepas kuliah.
- Motivasi untuk menghemat uang. Meskipun besaran SPP adalah relatif bagi setiap individu, akan tetapi daripada digunakan untuk membayar SPP, uang tersebut bisa digunakan untuk hal - hal lain yang lebih berguna.
 - Informasi statistik (seperti Gambar 1) yang menunjukkan bahwa semakin lama, jumlah teman sesama mahasiswa 2006 di kampus atau bahkan di Jogja semakin sedikit. Hal ini bisa berdampak pada kesulitan mencari dukungan motivasi atau bantuan dalam pengerjaan TA. Tantangan bahwa tahun 2012 sudah menjadi jatah adik kelas mahasiswa 2009 untuk tugas akhir.
 - Setiap tahun, selalu ada lulusan Teknik Informasi dari seluruh universitas di Indonesia. Dengan demikian, peluang untuk mencari pekerjaan juga bisa semakin sempit jika mahasiswa tidak segera lulus.
- b. Informasi prosedur / jadwal / aturan terbaru yang terkadang belum diketahui (karena mahasiswa kehilangan buku Panduan Akademik) atau berubah setiap beberapa tahun. informasi ini bisa berupa
- Informasi mengenai istilah - istilah umum (misalnya tutup teori, yudisium), isu kewajiban jurnal, isu kurikulum 2010 yang baru, perhitungan IPK dan standar nilai minimal untuk mata kuliah - mata kuliah inti kompetensi.
 - Informasi tentang model Kerja Praktek (KP) dan jenis Kuliah Kerja Nyata (KKN) yang baru, berikut syarat - syaratnya.
 - Prosedur pengurusan nilai yang belum keluar (misalnya nilai praktikum yang berstatus *pending*), penghapusan mata kuliah bernilai kurang (untuk memperbaiki IPK), pengambilan remedial praktikum, dan prosedur tugas akhir hingga wisuda.
 - Jadwal tes Baca Tulis Al Quran (BTAQ), KKN, pendadaran tugas akhir dan jadwal wisuda.
2. Komunikasi dua arah berupa konsultasi individual, dengan memanfaatkan sistem informasi akademik UII yaitu *UNISYS*, kartu bimbingan dan form capaian tutup teori (dua form terakhir di inisiasi sendiri oleh DPA). Mahasiswa maju berkonsultasi secara bergiliran untuk mendiskusikan :
- a. Status kesibukan saat ini. Dalam hal ini, mahasiswa tergolong menjadi dua: terbuka menyampaikan ke DPA dan tertutup (bahkan teman - temannya pun tidak tahu atau enggan menyampaikan).
 - b. Capaian status tutup teori, KP, KKN dan Tugas Akhir dan kendalanya.
 - c. Pembahasan solusi masalah, baik langsung dijawab oleh DPA maupun jawaban yang melibatkan saran dari kawan - kawan lain agar seluruh mahasiswa bisa turut serta berempati dan membantu. Hal ini bisa disebabkan ada teman lain yang sebelumnya pernah mengalami masalah serupa.
- Pada setiap pertemuan, selalu muncul kekagetan ketika ada teman 2006 yang baru bergabung dan ternyata masih belum lulus. Karena itulah, pertemuan massal ini seperti menyatukan semua mahasiswa kembali meski dalam kondisi yang kurang menggembirakan, yaitu sama - sama belum lulus. Jumlah peserta pertemuan massal berfluktuatif (lihat Gambar 3). Peserta pertemuan ke-2 berjumlah lebih sedikit, karena tanggal tersebut bertepatan dengan tanggal libur kuliah dan sebagian besar mahasiswa tidak berada di Yogyakarta.

Meski demikian, persentase kehadirannya tidak berbeda secara signifikan (44,4% berbanding 32,1% di pertemuan 2).



Gambar 3 Jumlah peserta pertemuan massal

Di luar pertemuan massal tersebut, mahasiswa juga bisa berkonsultasi dengan DPA setiap saat, terutama di sekitar masa berlangsungnya *key-in* KRS. Sebanyak 92,1% mahasiswa melanjutkan konsultasi baik dengan bertatap muka maupun berkirim SMS. Durasi konsultasi beragam, mulai dari 5 menit hingga 90 menit, tergantung materi konsultasi. Konsultasi singkat bisa berupa pertanyaan tentang prosedur akademik dan permintaan tanda tangan persetujuan form tutup teori. Selain itu, terdapat indikasi bahwa konsultasi singkat juga terkadang disebabkan oleh keengganan mahasiswa untuk bertanya lebih lanjut. Meski demikian, keengganan di awal - awal cairnya hubungan DPA - mahasiswa ini tidak berlangsung lebih dari 1 semester, bahkan seorang mahasiswa pernah berkata, "*hubungan DPA dan para mahasiswa jadi lebih cair sehingga komunikasi menjadi enak*". Sedangkan konsultasi berdurasi lama sering disebabkan karena proses pemeriksaan KHS, pengaturan ulang strategi kuliah dan penyusunan ulang KRS.

5.3. Pemanfaatan Teknologi Untuk Pemecahan Masalah Mahasiswa

Dari identifikasi awal di pertemuan perdana, sebanyak 12 mahasiswa mengaku telah bekerja atau mengembangkan bisnis.

Hal ini memunculkan masalah tersendiri dalam hal pembagian waktu antara kampus dan kantor tempat bekerja. Selain itu, secara akademik, ke-36 mahasiswa tersebut terbagi dalam empat sisa kewajiban akademik yang belum selesai ditempuh, seperti terdapat di Tabel 2.

Tabel 2 Sisa kewajiban akademik

Kewajiban akademik	Jumlah (orang)
Belum tutup teori	21
KP belum selesai	6
KKN belum ditempuh	5
TA belum selesai	31

Detail kewajiban akademik dan contoh pemanfaatan teknologi untuk pemantauan dan pemecahan masalah akademik mahasiswa terlambat studi adalah sebagai berikut:

1. Masalah status "belum tutup teori"

Status ini bisa disebabkan oleh belum diambil / belum sempurnanya nilai untuk mata kuliah wajib kompetensi jurusan dan mata kuliah wajib universitas, si mahasiswa mengulang karena memperbaiki IPK atau si mahasiswa lalai dalam mendaftar untuk tutup teori. Dari keseluruhan mahasiswa, 5 di antaranya tergolong lalai dalam mendaftar untuk tutup teori. Keadaan ini semakin rumit karena sebagian mahasiswa tidak tahu prosedur konversi ke kurikulum baru 2010 yang menyebabkan peniadaan beberapa mata kuliah sedangkan mahasiswa belum mengambil SKS yang cukup tetapi belum mengambilnya di saat jatah regulernya pada masa lampau.

Rekor masalah terberat dialami oleh tiga mahasiswa yang masing - masing mengambil (baru / ulang) atau belum memenuhi standar nilai terhadap 13, 17 dan 22 mata kuliah. Persebaran mata kuliah ini bervariasi (lihat Lampiran 1), dan mata kuliah populer yang paling sering diambil oleh ke-14 mahasiswa adalah mata kuliah Metode Numerik dan

Rekayasa Perangkat Lunak yang keduanya diajarkan di semester 4.

Dari kesepuluh mata kuliah populer tersebut, hanya dua mata kuliah yang mensyaratkan nilai minimal C (karena termasuk inti kompetensi), sedangkan lainnya bisa bernilai minimal D. Oleh karena itu, pengambilan mata kuliah mayoritas disebabkan karena belum mengambil atau sudah mengambil tetapi nilai sebelumnya kurang dari D. Data lampiran juga mengindikasikan bahwa 80% mata kuliah yang belum diambil adalah mata kuliah - mata kuliah yang dijadwalkan diambil di semester 4 ke atas. Dengan demikian, bisa ditarik kesimpulan sementara bahwa tanda - tanda awal keterlambatan studi sudah bisa dilihat dari prestasi akademik mahasiswa di semester ke-4.

Perbedaan status mata kuliah, persyaratan SKS, nilai minimal mata kuliah, dan ketidaktahuan mahasiswa terhadap kurikulum baru adalah akar dari masalah status belum tutup teori ini, sehingga DPA melakukan upaya sebagai berikut:

- a. Motivasi untuk mengembalikan kesadaran mahasiswa tentang wajib diambilnya mata kuliah yang berstatus wajib.
- b. Sosialisasi ulang terhadap bolehnya mahasiswa menggunakan acuan kurikulum lama (2006), sehingga mahasiswa tidak perlu mengambil mata kuliah yang tidak diwajibkan. Contohnya, mata kuliah wajib seperti *Data Mining* dan *Sosio Teknologi Informasi* tidak perlu diambil jika mahasiswa sudah memiliki cadangan SKS yang mencukupi.
- c. Konsultasi pembuatan rencana akademik untuk setiap semester yang masih harus ditempuh. Hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah SKS dan mata kuliah prasyaratnya.

- d. Sosialisasi tentang prosedur, jadwal dan kebutuhan status tutup teori terhadap pendadaran.

Keempat hal di atas dilakukan DPA secara tatap muka (massal atau individual). Bagaimana peran teknologi dalam mengatasi masalah status tutup teori ini?. Kesabaran dan rutinitas DPA untuk menanyakan kemajuan akademik adalah langkah penting, karena rencana kuliah sebaik apapun tidak akan berhasil jika tidak dipantau. DPA melakukan beberapa hal, antara lain :

- a. Memeriksa kehadiran kuliah mahasiswa melalui *UNISYS*. Hal ini dilakukan terutama untuk mendukung kewajiban presensi 75% agar bisa mengikuti Ujian Akhir Semester (UAS). Hanya saja, dikarenakan jumlah mahasiswa yang dipantau sangat banyak, maka DPA mengalami keterbatasan waktu untuk melakukan hal ini.
- b. Mengirimkan SMS secara *broadcast* atau individual berisi nasihat atau sekadar mengecek kehadiran kuliah. Dalam hal ini, DPA menjadwalkan SMS rutin setiap dua bulan.
- c. Mengirimkan SMS berisi informasi pendaftaran tutup teori yang sedang dibuka (setiap tahun hanya dibuka 4periode).
- d. DPA melayani tanya jawab via SMS untuk persyaratan atau kesulitan yang dialami oleh mahasiswa dalam pengurusan nilai praktikum. Hal ini biasanya terjadi karena masalah administrasi yang ditangani langsung oleh laboratorium, sehingga komunikasi melibatkan empat pihak: mahasiswa, DPA, kepala laboratorium, dan asisten laboratorium.

Hasil dari usaha ini adalah sebanyak 8 mahasiswa berhasil tutup teori di semester genap 2011/2012, 1 mahasiswa di semester ganjil 2012/2013, dan 12 sisanya masih belum tutup teori.

2. Masalah “KP belum selesai”

Selain dalam kegiatan massal, DPA berupaya melakukan kontak personal dengan keenam mahasiswa bermasalah di KP. Sebanyak 4 dari 6 mahasiswa KP telah bekerja atau mengembangkan bisnis. Dan dari sesi konsultasi, diperoleh informasi penyebab dan solusi sebagai berikut :

- a. 1 (satu) orang menyatakan bahwa dia sudah ada topik dan sudah mencicil mengerjakan, tapi belum mengajukan KP. Alasannya adalah si mahasiswa tersebut akan menunggu hingga *software* KP-nya sudah jadi. Karena diduga ada indikasi prokrastinasi, dosen memantau perkembangan KP-nya melalui SMS di setiap semester.
- b. 1 (satu) orang mengatakan bahwa sedang mengerjakan KP, tapi tetap bermasalah di laporan dan jarang konsultasi dengan dosen. Karena juga diduga ada indikasi prokrastinasi, dosen menyarankan untuk ganti judul KP (tetapi saran tersebut ditolak) dan membantu menghubungkan mahasiswa ke dosen pembimbing KP.
- c. 1 (satu) orang mengatakan bahwa tidak bisa mengerjakan KP karena terlanjur bekerja, sehingga KP terbengkalai 2 tahun (tidak bisa diteruskan). Dosen pun menyarankan untuk ganti KP, tetapi mahasiswa menolak dan berjanji akan meneruskan.
- d. 1 (satu) orang menyatakan bahwa topik KP sulit dikerjakan. Karena itu, dosen menyarankan untuk mengganti tempat KP tetapi mahasiswa tetap bersikukuh tidak mau mengganti. Dosen hanya melakukan pemantauan via SMS dan dijawab, “*Iya, ini sedang dikerjakan, bu*”.
- e. 2 (dua) orang tidak diketahui alasannya dan tetap dinilai lalai KP. Kedua orang ini termasuk berkepribadian tertutup.

Dari pemantauan via SMS, tidak ada satupun mahasiswa yang selesai KP hingga akhir 2012. Komunikasi sudah dilakukan secara dua arah, baik secara langsung tatap muka maupun pemantauan melalui SMS, tetapi tidak ada hasil yang sesuai harapan. Bahkan, komunikasi juga dilakukan kepada orang tua wali dari tiga mahasiswa di atas. Menurut peneliti, temuan ini perlu di tindak lanjuti dengan pendalaman di bidang kajian lainnya, misalnya mengenai psikologi mahasiswa.

3. KKN belum ditempuh

Terdapat lima mahasiswa belum menempuh KKN, dan penyebabnya adalah:

- a. 2 (dua) orang menunda mengikuti KKN.
- b. 2 (dua) orang belum lulus ujian BTAQ sebagai prasyarat KKN.
- c. 1 (satu) orang belum lulus ujian BTAQ dan terancam tidak bisa mengikuti KKN karena IPK-nya kurang dari syarat pengambilan KKN (2,00).

Tahapan pendaftaran dan pelaksanaan KKN berlangsung dalam durasi beberapa bulan. Oleh karena itu, penyampaian informasi di pertemuan massal ditindaklanjuti dengan pemantauan secara kontinyu, baik untuk pendaftaran ujian BTAQ, kelulusan BTAQ, pendaftaran KKN, pesantrenisasi Pra-KKN, hingga aktivitas KKN di lapangan. Pemantauan dilakukan melalui SMS dan telepon. Bahkan DPA pernah melakukan komunikasi langsung ke penyelenggara KKN (yaitu DPPM UII) khusus untuk mahasiswa dengan penyebab (c) agar si mahasiswa tersebut bisa mengikuti KKN. Bentuk komunikasinya adalah percakapan via telpon untuk permohonan kebijakan khusus mahasiswa terancam DO dan

pengurusan surat permohonan dan berkas - berkas tambahan.

Dari keseluruhan mahasiswa tersebut, 3 diantaranya mengikuti KKN terdekat (semester antar waktu 2012), 1 (satu) orang mengikuti KKN semester ganjil 2012/2013 (diundur karena ayahnya meninggal dunia), dan 1 lagi belum mengikuti KKN karena belum lulus ujian BTAQ hingga 3 kali. Saat dinasehati untuk ujian ulang, mahasiswa terakhir hanya menyampaikan "Iya, bu, nanti saya ujian". Menurut peneliti, temuan ini perlu di tindak lanjuti dengan pendalaman agar mahasiswa bisa mengatasi masalahnya sendiri.

4. Tugas Akhir (TA) belum selesai

Status pengerjaan TA terdiri dari dua kelompok, yaitu sudah selesai 100% dan tinggal pendadadarn (4 (empat) orang) dan belum selesai TA (9 mahasiswa belum ambil judul dan 22 lainnya sudah mengambil judul tetapi belum selesai mengerjakan TA). Perlakuan terhadap kelompok terakhir ini berbeda, yaitu:

a. Kelompok belum ambil judul TA: DPA berperan sebagai fasilitator untuk memotivasi dan menjajagi judul yang sekiranya cocok sesuai dengan minat dan kemampuan mahasiswa. Selain itu, DPA juga mengarahkan agar mahasiswa menemui dosen pembimbing TA yang cocok untuk topik yang diambil. Sebagai hasilnya, di akhir tahun 2013 hanya 1 orang yang sudah mengambil judul, dan sisanya masih ragu - ragu. Bentuk motivasi dan teguran dilakukan melalui SMS broadcast (

b.

c. Gambar 4a) atau SMS individual, baik untuk pertemuan massal maupun pemanggilan khusus.

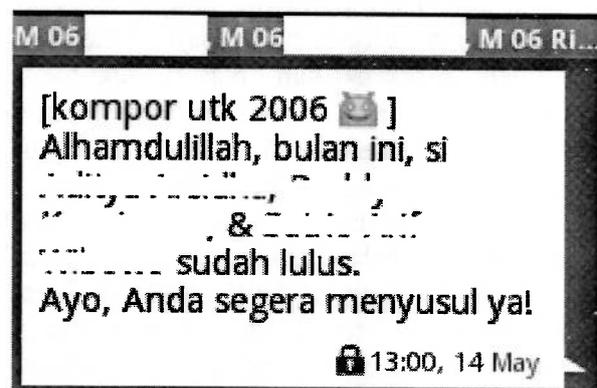
d. Kelompok belum selesai mengerjakan TA: DPA menginvestigasi terdapat tiga macam keadaan yang dialami oleh mahasiswa, yaitu:

- 5 menyatakan tidak ada masalah, dan dua dari kelima mahasiswa tersebut berhasil lulus di tahun 2012.
- 10 orang menyampaikan ada kesulitan, termasuk kesulitan algoritma program, *coding*, ketiadaan sarana komputer, dan kesulitan pencarian responden. DPA pun merangkap sebagai *problem solver*, baik dengan tatap muka maupun SMS. Sejumlah 5 mahasiswa lulus di tahun 2012 dan 1 orang kemudian ganti judul.
- 7 orang tidak menyampaikan kemudahan atau kesulitan yang dialami, dan hanya merespon, "Iya, bu, ini TA juga masih dikerjakan". Di akhir tahun 2012, tidak ada orang di kategori ini akhirnya lulus Tugas Akhir.

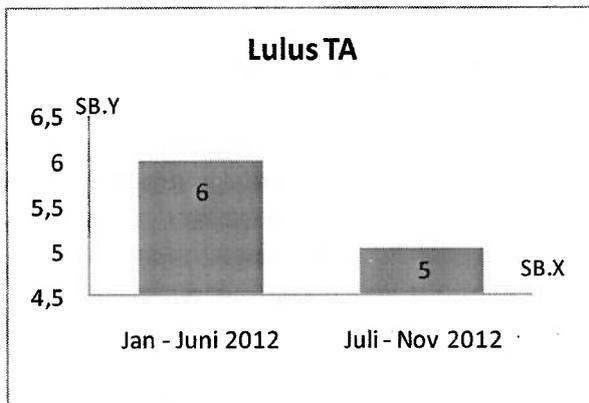
Banyak peran yang dilakukan oleh DPA dalam hal penyelesaian Tugas Akhir ini, dan komunikasi individual, pemantauan melalui SMS serta SMS *broadcast* dilakukan hampir di setiap bulan, terutama ketika salah satu di antara mahasiswa lulus (lihat

Gambar 4a). Secara keseluruhan, capaian prestasi akademik mahasiswa berupa kelulusan dapat dilihat pada

Gambar 4b, dimana tingkat kelulusan per semester masih rendah.



Gambar 4a. Motivasi untuk mahasiswa 2006 belum lulus



Gambar 4b. Jumlah mahasiswa 2006 yang lulus.

6. KESIMPULAN DAN DISKUSI

Pengetahuan tentang prinsip - prinsip penting dalam bimbingan akademik mutlak dimiliki oleh DPA, terutama untuk menangani mahasiswa - mahasiswa bermasalah dalam lama studi. Meski demikian, proses komunikasi yang kontinyu untuk memperbaiki keadaan akademik mahasiswa bermasalah tetap membutuhkan komitmen yang besar bagi DPA, baik dari sisi ketersediaan waktu, kemampuan mendengar aktif dan kreativitas dalam penggunaan teknologi. Mahasiswa 2006 JTI UII yang menjadi subjek penelitian ini memiliki masalah yang beragam, mulai dari belum tutup teori, belum selesai KP, belum menempuh KKN dan belum menyelesaikan TA. Tugas DPA pun merangkap menjadi motivator, di seminator informasi / prosedur terbaru, konsultan akademik hingga menjadi payung untuk seluruh anak wali. Penelitian ini telah membuktikan bahwa teknologi sederhana bisa dipakai untuk mengumpulkan mahasiswa, memantau perkembangan akademik, menegur kesalahan, hingga sosialisasi informasi kampus terbaru. Komunikasi melalui *website* yang satu arah harus didukung dengan komunikasi personal / massal yang bersifat dua arah berbasis ponsel, baik melalui SMS atau telpon. Dengan cairnya hubungan DPA-mahasiswa,

mahasiswa jarang absen dalam pertemuan - pertemuan rutin tatap muka yang dijadwalkan setiap semester dan pertemuan individual juga bisa berlangsung sewaktu-waktu.

Di penghujung tahun 2012, sejumlah 25% mahasiswa telah berstatus tutup teori, tidak ada mahasiswa yang berhasil menyelesaikan KP, 80% telah menempuh KKN, dan hampir sepertiga mahasiswa akhirnya lulus kuliah.

Pemantauan berbasis teknologi bisa dikembangkan lebih maju, misalnya dengan pemanfaatan media sosial atau sistem monitoring komprehensif yang difasilitasi oleh pihak kampus. Meski demikian, teknologi sederhana atau canggih tidak akan berfungsi optimal jika tidak ada kepedulian dari DPA atau pengabaian dari mahasiswa (karena tidak merasa bermasalah). Oleh karena itu, perlu ada pembudayaan terkait hak dan kewajiban pembimbingan akademik agar tercapai harapan bersama jurusan, DPA, mahasiswa, dan orang tua wali. Pendalaman penyebab dan solusi permasalahan secara menyeluruh dalam perspektif mahasiswa juga menjadi hal yang bisa didiskusikan di penelitian berikutnya. Proses identifikasi penyebab lama studi juga perlu diperdalam karena dugaan sementara mahasiswa sudah mulai bermasalah di mata kuliah-mata kuliah semester 4.

DAFTAR PUSTAKA

- Farid, R. B. (2010). *Basis Pengetahuan dan Mesin Inferensi Sistem Pakar untuk Pembimbingan Akademik di FMIPA UNY*. Yogyakarta: Eprints UNY.
- Haryani. (2011, Oktober). *Peran Ideal Dosen Pembimbing*. Diambil kembali dari http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/tmp/tugas_dosen_PA_0.pdf.
- Husetia, Y. (2010). *Hubungan Asertivitas dengan Prokrastinasi Akademik pada Mahasiswa Fakultas Psikologi Universitas Diponegoro Semarang*.

- Semarang: Diponegoro University Institutional Repository.
- Khoirunnisak, M., & Iriawan, N. (2010). *Pemodelan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Mahasiswa Berhenti Studi (Drop Out) Di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Menggunakan Analisis Bayesian Mixture Survival*. Surabaya: Digital Library ITS.
- Kurniawan, B. (2008, November 25). *Hampir 100 Persen Mahasiswa di Jogja Punya Ponsel*. Diambil kembali dari <http://inet.detik.com/read/2008/11/25/141359/1042568/317/hampir-100-persen-mahasiswa-di-jogja-punya-ponsel>
- Mashoedi, S. F., & Markum, M. E. (2010). Kaitan antara Gaya Pengasuhan dengan Gaya Atribusi Mahasiswa dalam Prestasi Akademik. *Jurnal Psikologi Sosial*, 10-21.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (1990). *Peraturan Nomor 30 Tahun 1990 tentang Pendidikan Tinggi*. Jakarta: Pemerintah RI.
- Retnaningsih, Simanjuntak, M., & Khairati, A. (2009, January). Analisis dan Strategi Meningkatkan Kepuasan Mahasiswa IPB Terhadap Penyelenggaraan Akademik. *Jurnal Ilmu Keluarga dan Konsumen*, 2(1), 64-76.
- Riyani. (2012). *Perbedaan Tingkat Prokrastinasi Akademik dalam Menyelesaikan Skripsi pada Mahasiswa Fakultas Psikologi UKSW Ditinjau dari Kepribadian Tipe A dan Tipe B*. Diambil kembali dari <http://repository.library.uksw.edu/handle/123456789/2468>.
- Sunarsih, T. (2012). Hubungan antara Motivasi Belajar, Kemandirian Belajar dan Bimbingan Akademik terhadap Prestasi Belajar Mahasiswa di STIKES Ahmad Yani Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Informasi UNRIYO*, 1.
- Tinio, V. L. (2004). *ICT in Education*. New York: United Nations Development Programme. Diambil kembali dari http://www.saigontre.com/FDFiles/ICT_in_Education.PDF.
- Universitas Bina Dharma. (2012). *Tugas dan Fungsi Pembimbing Akademik*. Palembang: Universitas Bina Dharma.
- Universitas Sriwijaya. (2008). *Panduan Akademik*. Diambil kembali dari <http://www.unsri.ac.id/?act=akademik&id=1>.
- Williams, B. K., & Sawyer, S. C. (2007). *Using Information Technology: a practical introduction to computers & communications*. McGraw-Hill.

Lampiran 1 Persebaran Mata Kuliah yang akan Diambil Mahasiswa 2006

Tabel 3 Mata kuliah yang paling sering belum diambil

No	Nama Mata Kuliah	Status Wajib	Status Pilihan	Jatah semester ke-	Jumlah mahasiswa	Penerapan kurikulum 2010*
1.	<i>Data Mining</i>	V		6	4	Ganti status
2.	Metodologi Penelitian	V		6	4	-
3.	Pemrograman Non Prosedural		V	6	4	Ganti status
4.	Peradaban dan Pemikiran Islam	V		5	4	
5.	Sosio Teknologi Informasi	V		8	4	Mata kuliah baru
6.	Animasi Komputer		V	6	5	-
7.	Matematika Diskret	V		2	5	-
8.	Praktikum PBO	V		3	5	-
9.	Metode Numerik	V		4	6	-
10	Rekayasa Perangkat Lunak	V		4	6	-

* Perbedaan status mata kuliah setelah penerapan kurikulum baru. Sebagai contoh, mata kuliah *Data Mining* merupakan mata kuliah pilihan di kurikulum 2006, tetapi berubah menjadi mata kuliah wajib di kurikulum baru 2010.

MANUFACTURING PERFORMANCE IMPROVEMENT THROUGH SIMULATION MODELLING: A NATIONAL EXTRACTIVE MANUFACTURING INDUSTRY CASE APPLICATION

Sri Indrawati¹, Karenina Maharani²

¹ Industrial Engineering Department, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

² Industrial Engineering Department, Faculty of International Program,
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, Indonesia
Email : sriindrawati@uii.ac.id

ABSTRAK

Industri yang bergerak dibidang ekstraksi menghadapi beberapa tantangan. Terdapat beberapa masalah yang harus diselesaikan dalam industri, seperti masalah tata letak, masalah penjadwalan, masalah kapasitas produksi dan lainnya. Metode optimum diperlukan untuk pemanfaatan sumber daya yang efisien dalam rangka untuk mengurangi biaya dan meningkatkan produktivitas dalam sistem produksi. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan kinerja manufaktur. Evaluasi dilakukan dengan mengembangkan model simulasi dengan software Pro Model, termasuk penerapan model yang dikembangkan, validasi dan evaluasi sistem. Pelaksanaan evaluasi ini dilakukan dalam industri nasional yang bergerak dibidang ekstraksi. Hasilnya menunjukkan bahwa model simulasi valid dan dapat digunakan dalam mengembangkan kinerja manufaktur yang lebih optimal. Model alternatif yang berkontribusi terhadap kinerja manufaktur lebih optimal adalah skenario 1, dengan satu mesin settler. Kondisi tersebut akan menghemat konsumsi bahan bakar sekitar 50% dan masih melakukan produktivitas maksimum. Utilitas mesin settler akan meningkat 13,79%.

Kata kunci: perbaikan produksi, Industri manufaktur ekstraktif, simulasi, Pro Model.

1. INTRODUCTION

Manufacturing industry is the business to process raw materials into semi-finished goods or finished goods in order to give some value added for the customers that will contribute to company profit. In this case, an extractive manufacturing industries which the raw materials is sap from the pine forests will be analyzed. The extractive manufacturing industries utilized a non-timber to process pine sap into Gum Rosin and Turpentine.

The extractive manufacturing industries faces some challenges. There are some problem that should be solved in this industries, such as layout problem, scheduling problem, production capacity problem and many others. The optimum methods is needed for efficient utilization of

its resources in order to decrease the costs and increase productivity in production systems.

Optimum model of production scheduling problem was founded using simulation [1]. The result was extracted through investigating the costs of 8 model and simulation model output. Beside that, the optimal number of work force in Garment company also have been determined using a simulation model [2]. The model give the opportunity to minimize the loss of production due to employees cost and productivity. The simulation also used to analyze of the factory layout problem [3]. The result shows that the model can minimize the material handling so that it can optimize the realization of the production targets.

The application of certain lean production tools such as statistical analysis, simulation and graphics tools are enables increasing production systems effectiveness and efficiency [4]. It can help the company in shortening the production cycle, reduces the degree of complexity of material flows, reduces the supplies and expenditure of energy resources while it creates an increased degree of functionality of the organization.

The extractive manufacturing industries has a factory production capacity reaches 60 tons per day, but only could process 30 tons per day in fact of the limitations of raw materials. Factory usually do the production process in a full 24 hours, then the factory will stop the production in the next 24 hours and used only to wait for the raw materials come until it reaches a capacity of 60 tons. Therefore, the factory only can do the production process once in every 2 days for the machine work efficiency and saving of fuel used.

The main problem faced by an extractive manufacturing industries is the amount of raw material (pine resin) from suppliers is very limited in numbers and did not reach the factory production capacity. That problem lead to company loss of production due to inefficiency of production and inability to meet the high market demand of Gum Rosin and turpentine.

The Machine utility problem that lead to inefficiency of production will be analyzed to obtain alternative solutions that can improve the machine performance for the production process of an extractive manufacturing industries. Simulation model is used to determine the optimal solution for increasing the machine utility and cost reduction.

2. THEORETICAL BACKGROUND

Simulation is the imitation of real systems process or behavior which can be done by manual or computer assisted. Simulation involves the use of historical data and observation from the system that provide the characteristics on each system modules.

The study of simulation is widely used to solve problems in the manufacturing, services, and public sector. The use of simulation in some particular industries are in the form of an emulator for the hardware. As an emulator, the simulation takes the input from a real control system (programmable controllers, microcomputers, and other), imitate the real system behavior and then give feedback to the control system. Simulation is used to test and debug real feedback to the control system before any hardware to be installed. The purpose simulation are [5]:

- a. Observing the behaviour of dynamical systems through a series of changes and analyse its implications.
- b. By studying the behaviour of the simulation model, can provide a more in-depth about the real system.
- c. Help the decision-makers to reduce the risk that the system has an (a). operate not efficient and (b). systems that fail to meet the minimum performance requirements.

According to Law and Kelton (1991), the benefits of simulation are:

- a. To solve complex issues that relatively difficult to solve by means of analysis..
- b. Help to evaluate the performance of a system in response to a set of inputs.
- c. Help to compare multiple alternatives exist to obtain the optimal alternative.
- d. Easily transform and observe a system that is technically difficult to observe due to hit the time (can be applied to systems that span a long time or system was very short).

Stages in designing an efficient simulation model are [6]:

- a. Formulate the problem and plan the study. The purpose of the study is defined.
- b. Project Planning. Plan the resourced that needed such as sufficient personnel,

good management, software and hardware.

- c. System definition. Determining the boundaries and constraints used in the process and investigate how it works.
- d. Conceptual Model Formulation. Preliminary modelling both charts, block diagrams, descriptions and interaction variables (logic) which states the system.
- e. Experimental Preliminary design. Determining the effectiveness of measures to be used in varied factors.
- f. Input data preparation. Identify and collect data input.
- g. Model Translation. Formulation of the model into a programming language.
- h. Verification and validation. Confirm that the model operates as desired output analysis and reliable. Statistical methods will allow to declare one or more system alternatives as being the optimum on some criterion [7]. Some statistical tools that can be used are:

2.1. Two Mean Test

The two-sample *t*-test [8] is used to determine if two population means are equal. A common application of this is to test if a new process or treatment is superior to a current process or treatment. A similarity test is intended to determine the performance comparison between the real system with a simulation model that translates the value of the average number of outputs from the two populations. If the test results obtained that both the average value did not differ significantly, it can be concluded that the model has sufficient validity to the output parameters of the averages.

Due to be tested is the equality of two populations, then the test will be done is two-sided test. The two sample *t* test for unpaired data is defined as:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

The statistic testing are as follows :

$$T = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{\sqrt{s_1^2/N_1 + s_2^2/N_2}} \quad (1)$$

where N_1 and N_2 are the sample sizes, \bar{Y}_1 and \bar{Y}_2 are the sample means, and s_1^2 and s_2^2 are the sample variances. If equal variances are assumed, then the formula reduces to:

$$T = \frac{\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2}{s_p \sqrt{1/N_1 + 1/N_2}} \quad (2)$$

Where

$$s_p^2 = \frac{(N_1 - 1)s_1^2 + (N_2 - 1)s_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \quad (3)$$

At significance Level : α

Critical Region : Reject the null hypothesis that the two means are equal if

$$T < -t_{(\alpha/2, \nu)} \text{ OR } T > t_{(\alpha/2, \nu)} \quad (4)$$

where $t_{(\alpha/2, \nu)}$ is the critical value of the *t* distribution with ν degrees of freedom where

$$\nu = \frac{(s_1^2/N_1 + s_2^2/N_2)^2}{(s_1^2/N_1)^2/(N_1 - 1) + (s_2^2/N_2)^2/(N_2 - 1)} \quad (5)$$

If equal variances are assumed, then

$$\nu = N_1 + N_2 - 2 \quad (6)$$

2.2. Two Variance Test

An F-test is used to test if the standard deviations of two populations are equal [8]. This test will make a statistical comparison between the variances of two data sets. Although it can be used for more than one data set by taking the highest and the lowest values, one of the homogeneity of variance tests as explained below would be more applicable. The hypotheses for the F-test are: H_0 : there is no difference between the two variances

H_1 : larger variance s_1^2 is significantly different than the smaller variance s_2^2

Statistic testing : $F = s_1^2 / s_2^2$ (7)

where s_1^2 and s_2^2 are the sample variances. The more this ratio deviates from 1, the stronger the evidence for unequal population variances. At significance Level: α Critical Region: The hypothesis that the two standard deviations are H_0 accepted if $F_{1-\alpha/2} (n_1-1, n_2-1) < F \text{ calculation} < F_{\alpha/2} (n_1-1, n_2-1)$

Ho rejected if $F \text{ calculation} > F_{\alpha/2} (n_1-1, n_2-1)$ or $F \text{ calculation} < F_{1-\alpha/2} (n_1-1, n_2-1)$

In the above formulas for the critical regions, this research follows the convention that $F_{\alpha/2}$ is the upper critical value from the F distribution and $F_{1-\alpha/2}$ is the lower critical value from the F distribution.

2.3. Chi Square Test

The chi-square test is used to test if a sample of data came from a population with a specific distribution [8]. The chi-square test is defined for the hypothesis:

H_0 : The data follow a specified distribution.

H_1 : The data do not follow the specified distribution.

Statistic testing: For the chi - square goodness - of -fit computation, the data are divided into k bins and the test statistic is defined as

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k (O_i - E_i)^2 / E_i$$
 (8)

where O_i is the observed frequency for bin i and E_i is the expected frequency for bin i . The expected frequency is calculated by

$$E_i = N(F(Y_u) - F(Y_l))$$
 (9)

where F is the cumulative Distribution function for the distribution being tested, Y_u is the upper limit for class i , Y_l is the lower

limit for class i , and N is the sample size.

Significance Level: α and the critical region: the test statistic follows, approximately, a chi-square distribution with $(k - c)$ degrees of freedom where k is the number of non-empty cells and $c =$ the number of estimated parameters (including location and scale parameters and shape parameters) for the distribution + 1. Therefore, the hypothesis that the data are from a population with the specified distribution is rejected if

$$\chi^2 > \chi_{(\alpha, k-c)}^2$$
 (10)

where $\chi_{(\alpha, k-c)}^2$ is the chi-square percent point function with $k - c$ degrees of freedom and a significance level of α .

In the above formulas for the critical regions, I follows the convention that χ_{α}^2 is the upper critical value from the chi-square distribution and $\chi_{1-\alpha}^2$ is the lower critical value from the chi-square distribution.

1. Final Experimental Design. Designing experiments that yield the desired information and determine how each of the preliminary test.
2. Experimentations. Carry out simulations to generate the desired data and perform sensitivity analysis.
3. Implementation and Documentation. Determining the outcome is used, record the results and documenting the model and its usefulness.

3. RESEARCH METHOD

This research phase contains several steps that begins with problem formulation, observation and data collection, model translation using Pro Model software, validation and verification, analyzing and interpreting the results then optimize the model. First stage in this research is the study of existing production problem of an extractive manufacturing industry. Then data collection was generated to evaluate the

production process. The data consists of processing time of each machine or process, transferring time between machine or process, production capacity of each machine, arrival data of each entities and down time data of each machines. Data is being used to build the simulation model from the real system. The model were then verified and validated using statistics such as two mean test, two variance test and chi square test. Further, a depth analysis of initial model is done to develop the recommended system as the solution.

4. RESULT AND DISCUSSION

4.1 Model Translation

The real production system of an extractive manufacturing plant is transform into simulation model using Pro Model software. The machine and other production resources are located. The entities then being determined and created. After that the processing is done by defining the entity, location, operation, output, destination and move logic in the routing table. There are several machine that being used in extractive manufacturing industry, such as gutters sap, blow case tank, melter 1, melter 2, settler 1, settler 2, washer, shelter 1, shelter 2, shelter 3, shelter 4, cooking machine and packaging. Then arrival is build by determining the frequency, occurrence and quantity of each.

Some machines use stat fit tool for data distribution testing. Data of processing time in engrave station is tested using Auto fit by Pro Model Software. To define location entry downtime, data of real machine downtime is determined. After the model translation is completed which can be seen in Figure 4.1., simulation model is run in 24 hours with 30 replication number.

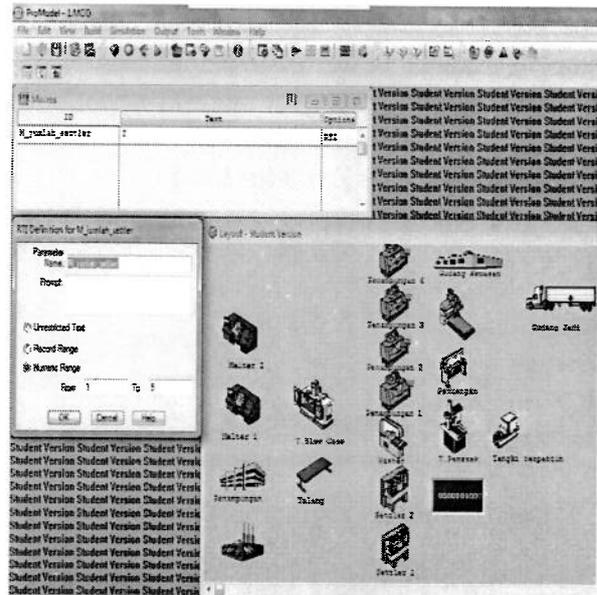


Figure 1. An extractive manufacturing plant simulation model.

4.2 Model Validation and Verification

4.2.1 Two Mean Test

The mean values and standard deviation of simulation and actual model that can be seen in table 1. below :

Table .1 Mean values and standard deviation.

	Simulation	Actual
Mean	182,1666667	175,1
SD (v)	14,75099841	13,90447708
n	30	30

where:

Mean = mean data of simulation and actual data

SD = standard deviation

n = sample size

Hypothesis:

Ho = $\mu_1 = \mu_2$ (mean of simulation same with mean of the real system)

H1 = $\mu_1 \neq \mu_2$ (mean of simulation does not same with mean of the real system)

$\alpha = 0,05$

$\alpha / 2 = 0,025$

Received region : because we have 30 sample as data, so we use Z calculation.

Critical Region : Reject the null hypothesis that the two means are equal if $Z < -z(\alpha/2, v)$ Or $Z > z(\alpha/2, v)$

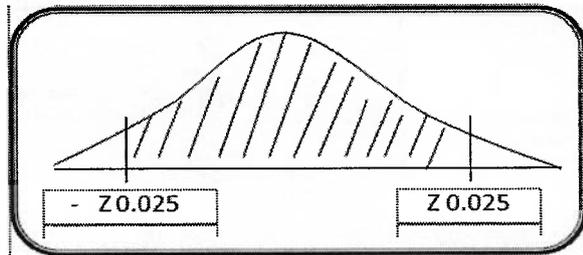


Figure 2. Critical region for two mean test.

4.2.2 Two Variance Test

The hypothesis : $H_0 = \sigma_1 = \sigma_2$ (there is no difference between the two variances . $H_1 = \sigma_1 \neq \sigma_2$ (the variance of simulation data is different with the variance of actual data)With $\alpha = 0,05$ the critical region : the hypothesis that the two standard deviations are H_0 accepted if $F_{1-\alpha/2} (n_1-1, n_2-1) < F \text{ calculation} < F_{\alpha/2} (n_1-1, n_2-1)$

H_0 rejected if $F \text{ calculation} > F_{\alpha/2} (n_1-1, n_2-1)$ or $F \text{ calculation} < F_{1-\alpha/2} (n_1-1, n_2-1)$

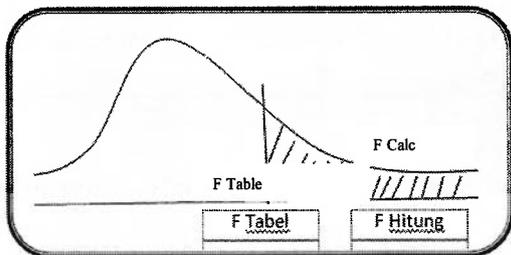


Figure 3. Critical region for two variance test.

H_0 accepted if $F_{0,975} (29, 29) < F \text{ calculation} < F_{0,025} (29, 29)$ H_0 rejected if $F \text{ calculation} > F_{0,025} (29, 29)$ or $F \text{ calculation} < F_{0,975} (29, 29)$. Because $F_{Tab} 0,975 < F \text{ calculation} < F_{tab} 0,025$, that is: $0,47596 < 1,1254689 < 2,10$, So H_0 is not rejected, it means that not enough evidence to conclude that the variance in the simulation different with the average value of real system.

4.2.3 Chi Square Test

In this case, the expected is the historical data and the Actual is simulation data. Because, we expect the historical data same with the simulation data. The probabilities is :0,1179. Chi square calculation is 4,2750. And the chi square table is 5,9915. Based on statistics:

H_0 : simulation result data appropriate with the actual data

H_1 : simulation result data does not appropriate with the actual data

And If $X^2 \text{ Calculation} < X^2 \text{ Table}$, H_0 is not rejected

If $X^2 \text{ Calculation} > X^2 \text{ Table}$, H_0 is rejected

So from the result of data processing, it can be concluded that the simulation data is not rejected.

4.2.4 Analysis of Simulation Model Report

From the report as seen in Table 4.2, it can be analyzed that:

- Time needed for running the simulation is 24 hours for settler 1 and settler 2.
- The capacity of settler 1 and settler 2 are , in this case 1,6 ton for each process.
- The total entries show that the amount of entities that enter settler 1 and 2 are 19 and 19 units.
- AVG time per entry in settler 1 and settler 2 are 18,81 and 13,49.
- The Maximum contents in settler 1 and settler 2 are the maximal amount of WIP in each location is 1.
- Current contents in the settler 1 and settler 2 are the number of fabric remaining at this location when the simulation ended is 0.
- The utilization of settler 1 and settler 2 are 24,82 and 17,80 percent.

Based on that report, the utility / productivity settlers' machine 1 and 2 is still low. Therefore, the utility of settlers' machine 1 and 2 can still be improved to achieve optimum performance and efficiency of production processes.

Table 2. Simulation model report.

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entities	Avg Time Per Entity (MIN)	Avg Contents	Maximal Contents	Current Contents	% Utilization
Perampangan	24.00	30.00	30.00	53.02	1.40	6.00	0.00	0.60
Talang paku	24.00	1.00	30.00	17.20	0.45	1.00	0.00	45.30
T. Sisa Caca	24.00	1.00	30.00	12.26	0.33	1.00	0.00	32.71
Water 1	24.00	1.00	15.00	23.00	0.27	1.00	0.00	27.10
Water 2	24.00	1.00	15.00	20.00	0.25	1.00	0.00	25.20
Settler 1	24.00	1.00	15.00	6.97	0.25	1.00	0.00	25.12
Settler 2	24.00	1.00	15.00	11.46	0.38	1.00	0.00	38.12
Water	24.00	2.00	30.00	22.15	0.59	2.00	0.00	29.21
Perampangan 1	24.00	2.00	30.00	44.50	0.52	2.00	0.00	30.30
Perampangan 2	24.00	2.00	15.00	39.87	0.49	2.00	0.00	24.51
Perampangan 3	24.00	2.00	2.00	33.82	0.05	2.00	0.00	2.25
Perampangan 4	24.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T. Pasak	24.00	2.00	15.00	1.74	0.02	1.00	0.00	1.15
Perangan	24.00	10.00	30.00	2.55	0.05	2.00	0.00	0.50
Gudang Lascan	24.00	99999.00	210.00	50.06	75.87	210.00	14.00	0.01
Gudang led	24.00	99999.00	135.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
perampangan-kam-00001	24.00	130.00	30.00	237.82	6.25	27.00	0.00	2.32
Tangki Isapin	24.00	99999.00	10.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
perangy	24.00	4.00	130.00	1.44	0.21	4.00	0.00	4.52

4.2.5 Model Optimization

To enhance the utility of settlers machine, then the design experiment is done by changing the number of settlers' machine that will be enabled to process. In this experiment, the settler machine is change in range between 1 and 5 machines. The result can be seen in Figure 4.

From this output, we can see that the no. 1 rank to obtain optimal results of settler utilities is by using one settler machine. Therefore, actually in a real system we can only use one settler machine so we could save fuel until 50% in this location but still perform maximum productivity.

Utility settler machines 1 and 2 that was 24,82% and 17,80% could increase to 38,61% for the settler machine 1.

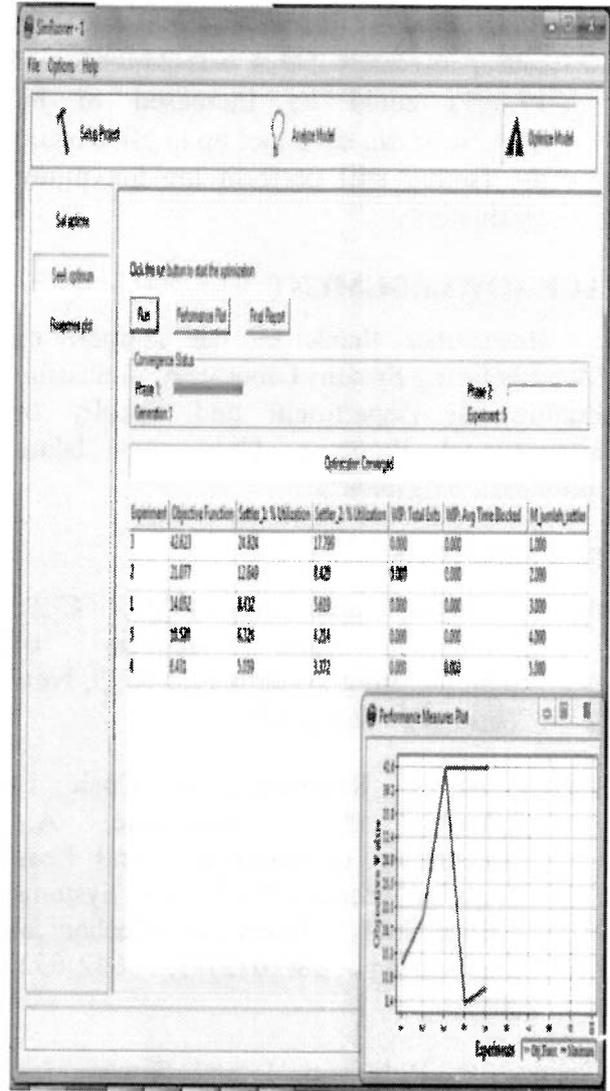


Figure 4. Result of model optimization.

5. CONCLUSION

Based on the research that has been done, the conclusions are:

- The utilization of settlers' machine 1 and settler' machine 2 is 24,82% and 17,80%. The percent utility of settlers' machine 1 and settlers machine 2 are still low. Therefore, if the utility settlers' machine 1 and settlers' machine 2 can be improved to increase the performance and efficiency of production processes.
- Design alternative that can be proposed is to reduce the number of settlers that used to process from the initial number 2 machines to be 1 machine.

- c. The utility of settler machines 1 and settler machines 2 that was 24,82% and 17,80% could be increased to be 38,61%. It can save fuel up to 50% while the factory still perform the maximum productivity.

ACKNOWLEDGMENT

Researcher thank to the support of Manufacturing System Laboratory, Industrial Engineering Department and Faculty of International Program, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

REFERENCES

- Askin, R.M., and Standridge, C.R., "Modeling and analysis of manufacturing systems (1st ed.)", New York, NY: Wiley, 1993.
- Božičković, R., Radošević, M., Čosić, i., Soković, M., Rikalović, A., "Integration of Simulation and Lean Tools in Effective Production Systems – Case Study", *Journal of Mechanical Engineering* 58(2012)11, 642-652, 2012.
- Chance, F., Robinson, J. and Fowler, J. , "Supporting manufacturing with simulation: model design, development, and deployment", *Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference*, SCS, Coronado, CA, ACM Press, New York, NY, pp. 114-21, 1996.
- Dima, I.C., Grabara, J., Kot., S., "Using the Simulation in Planning of the Production Systems", *Manuf. and Ind. Eng.*, 11(3), 2012, ISSN 1338-6549, 2012.
- Evans, J. R and Olson, D. L, "Statistics, Data Analysis, and Decision Modeling. Second Edition", Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2003.
- Evans, R. and Olsen, D.L., "Introduction to Simulation and Risk Analysis", Upper Saddle River, New Jersey, Prentice-Hall, 1998.
- Ghasemi,F, Momeni,M., Sharifi, A., Piran, M., "A Simulation Model of Production Scheduling", *World Applied Sciences Journal* 18 (6): 861-867, 2012.
- Harrell, C., Ghosh, B.K., and R. Bowden, "Simulation Using ProModel", McGraw Hill, Boston, MA, 2000.
- Huguet P. and Grabot B., "A conceptual framework for shopfloor production activity control", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 8(5), p. 357 – 369., 1995.
- Hunusalela, Z.F., "Simulation Model To Determine The Optimal Number Of Workforce In Line 21 PT Pancaprima Ekabrothers", *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 1 No. 3, November, 2011.
- Kelton, D.W., "Statistical Analysis of Simulation Output", *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, 1997.
- Law, A.M. and Kelton, W.D., "Simulation Modeling and Analysis", McGraw-Hill, Inc., New York, 1991.
- Lestari, S., "Factory Layout Analysis To Minimize Material Handling in Sheet Metal Factory Using Promodel Software" , *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 1 No. 3, November , 2011.
- M. Laguna and J. Marklund, "Business Process. Modeling, Simulation
- Marvel, J.H., Standridge, C.R., "A Simulation Enhanced Lean Design Process", *Journal of Industrial*

Engineering and Management, JIEM
2009 2 (1): 90-113, 2009.

PROMODEL Corporation, *ProModel User's
Guide*, Orem, Utah, 2005.

Snedecor, George W. and Cochran, William
G., "*Statistical Methods, Eighth
Edition*", Iowa State University Press,
1989.

Witkowski, T., Antczak, P., and Antczak,
A., "Simulation Modeling of
Manufacturing System in Relation to
Route Flexibility Degree: Open Rate of
Operations and Production Type",
*International Journal of Modeling and
Optimization*, Vol. 2, No. 4, August,
2012.

Yung, W. K.C., "An integrated model for
manufacturing process improvement",
*European Journal of Operational
Research*, 61, 39-43, 1996.

Zeigler, B. P., Praehofer, H. and Kim, T. G.,
"Theory of Modeling and Simulation,"
N. Y., Academic Press , 2000.

MANUFAKTUR BENANG TEX 30 MENGGUNAKAN *BLENDING* SERAT DAUN NANAS DAN SERAT RAYON SISTEM *RING SPINNING*

Sukirman

*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta
Email: 805210101@staf.uui.ac.id,*

ABSTRACT

In this research the material used is a pineapple leaf fiber (1.8 D) and rayon fibers with a fineness of 2.2 denier fiber with an effective length between 2.3 to 2.5 inches. Fiber mixing is done in the blowing process with ring spinning system , the composition of the mixture nans / rayon respectively 45 % / 55 % , 50 % / 50 % , 35 % / 65 % , and 30 % / 70 % with a density of Tex 30 . Observations were made during the process observed number of broken threads (performance measure) , were then tested for strength , elongation , ruggedness and water content in the thread . Of the results showed the influence of the mixture composition and the structure of the fibers of the yarn physical properties , especially in terms of strength , elongation , and improve the percentage of water content in the evenness and yarn . Blending both economically profitable enough fiber , because it reduces the cost of raw materials and products meet specifications technically and economically.

Keywords : Blending , Moisture Regain , Twist , Spinning Performance , Denier , Tenacity.

1. PENDAHULUAN

Dengan semakin pesatnya ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya bidang manufaktur tekstil, maka *blending* serat (campuran dua jenis serat yang mempunyai perbedaan karakteristik seratnya) merupakan ilmu dan seni tersendiri bagi dalam ilmu manufaktur benang. Secara umum pakaian yang terbuat dari benang campuran lebih diminati masyarakat karena selain sifat - sifatnya yang khas juga performannya menyenangkan dan memiliki nilai estetika yang lebih baik. Meningkatnya produksi serat - serat buatan yang pada awalnya untuk mengatasi ketergantungan akan bahan baku dari serat alam, agar performanya lebih baik sebagai upaya untuk memperbaiki kualitas dan kuantitas produk benang.

Serat daun nanas adalah serat yang berasal dari serat daun nanas (*monocotiledone*) yang diperoleh dari pasca panen kemudian diolah secara bijak dengan menggunakan teknologi madya mempunyai

sifat - sifat fisik dan komposisi kimia hampir sama seperti serat rayon. Karena komposisi yang utama adalah kandungan selulosa, maka serat tersebut memiliki kemampuan menggelembung (*swelling*) cukup baik, begitu pula dengan serat rayon sehingga apabila digunakan akan memberikan rasa nyaman karena sifat *higroskopis* dan *flexible*. Karena memiliki kesamaan pada sifat mekanik, maka kedua serat tersebut dapat dilakukan penelitian untuk manufaktur benang *blended* sebagai bahan baku pembuatan kain, asesoris rumah tangga, serta untuk industri ikutan lainnya.

Pada Tabel 1, mendiskripsikan sifat - sifat serat daun nanas dan serat rayon secara umum sebagai pertimbangan untuk proses pencampuran.

Tabel 1. Sifat - sifat serat daun nanas dan serat rayon secara umum

NO	Sifat Serat	Serat Daun Nanas	Serat Rayon
1	Kekuatan	Kuat	Kuat
2	<i>Durability</i>	Baik	Baik sekali
3	<i>Moisture absorbency</i>	Baik sekali	Kurang
4	Resisten terhadap mikroorganism baru dan serangga	Baik	Baik
5	Kenyamanan	Baik	Baik
6	Resisten terhadap zat kimia, asam, alkali	Cukup	Baik
7	Efek terhadap zat kimia, asam dll.	Resisten	Resisten terpengaruh setelah beberapa waktu
8	<i>Wrinkle recovery</i>	cukup	Cukup

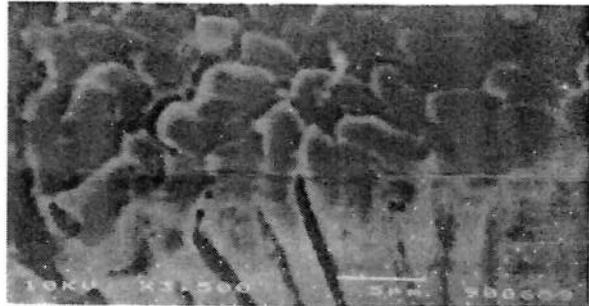
Sumber: Gohl, E.P, at.al (1993) *Textile for modern living* dan Subagyo.A (2009) *Pengolahan Serat-serat alam (agro-fiber) Indonesia*

2. TINJAUAN PUSTAKA

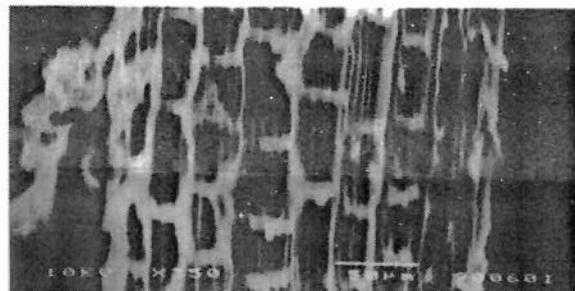
Seperti diketahui bahwa serat rayon adalah serat buatan yang produksi mempunyai beberapa ciri yang mirip dengan serat kapas dan bentuk yang unggul seperti terlihat pada table 1. Di lain pihak serat rayon mempunyai kekurangan terutama dalam daya arbsorbsinya rendah, sehingga akan menentukan kenyamanan untuk dipakai sebagai bahan pakaian. Dengan menggunakan serat *staple* daun nanas yang telah diproses *softening* dengan menggunakan zat phenol-20 dan etilen glikol, maka serat yang semula kasar dan kaku serta kuat akan menjadi halus, kuat dan *flexible*, sehingga proses campuran kedua tersebut diharapkan akan akan meningkatkan *spinningability*, dengan demikian efisiensi selama proses *spinning* cukup fisibel (Asmanto, 2003).

Kelancaran proses pada manufaktur benang campuran serat daun nanas dengan serat rayon secara signifikan akan meningkatkan efisiensi produksi serta memberi nuansa baru pada sifat mekanik dan struktur benangnya. Selain daripada itu, karena adanya beberapa kelemahan dari masing-masing sifat serat (*physical and mechanical properties*) maka untuk mengatasi kelemahan tersebut keduanya dapat saling memberi manfaat dalam upaya menghasilkan produk yang sesuai dengan keinginan (Indra Doraiswamy, 1998).

Potensi serat daun nanas yang cukup besar sebagai bahan baku industri manufaktur secara umum dan khususnya industri tekstil dan produk tekstil dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin. Sifat - sifat fisik dan mekanik dari serat, dapat memperbaiki kekurangan yang ada pada salah satu sifat serat unutm manufaktur benang campuran, maka pencampuran serat (*blending*) dari kedua jenis serat merupakan komplemen serat untuk saling mengisi satu sama lain. Sebagai ilustrasi berikut adalah morfologi dari serat daun nanas PALF (Asmanto, 2004).



Gambar.1 Penampang melintang PALF 1



Gambar.2 Penampang memanjang PALF 1

3. TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat - sifat fisik dan mekanik dari hasil benang campuran serat daun nanas dengan serat rayon menggunakan beberapa komposisi campuran, serta untuk menentukan komposisi campuran yang terbaik secara teknis maupun secara ekonomis. Selain itu untuk memperoleh data unjuk kerja dari sistem *ring spinning* pada masing - masing komposisi campuran.

4. RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam kajian ini adalah:

1. Bagaimana potensi serat daun nanas sebagai bahan baku campuran industri tekstil dan produk tekstil.
2. Bagaimana menentukan komposisi campuran yang optimum antara serat daun nanas dengan serat rayon yang berdasarkan pada karakteristik serat masing - masing, dengan dasar pertimbangan teknis dan ekonomis.
3. Bagaimana perilaku kinerja *spinning process* dengan komposisi campuran yang berbeda, khusus untuk *Tex 30*.

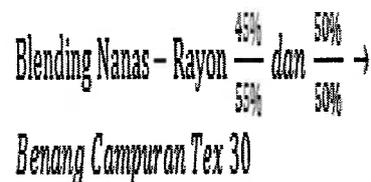
5. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah serat rayon bentuk serat *staple*, sedangkan serat daun nanas bentuk serat *staple* dengan spesifik serat seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Spesifik serat daun nanas dan serat rayon

Karakteristik Serat	Serat Daun Nanas	Rayon	Standar Pengujian
Panjang serat (mm)	52,23	48,56	SR 0670-82
Tenacity (gram/tex)	16,47	31,02	ASTM-540
Kehalusan (D)	1,98	1,8	SII 0669-82
Tenacity (g/D)	3,59	4,47	ASTM-571
Mulur (%)	2,91	3,89	ASTM-540

Pelaksanaan penelitian dilakukan bekerja sama dengan PT. Lakumas Indonesia dalam manufaktur benang campuran dalam kecepatan *spindle ring spinning* rata - rata 10.000 putaran per menit. Sedangkan proses percampuran serat daun nanas dan serat rayon dilakukan dari proses *blowing* pada skala berat serat *staple*, dengan *setting* proses disesuaikan dengan keperluan proses. Adapun aliran proses terlihat pada diagram Gambar 3, dengan komposisi campuran seperti tertera pada Tabel 3.



Blowing → Carding → Drawing I/II → Roving
→ Ring Spinning → Benang Campuran Tex 30.

Gambar 3. Bagan aliran proses manufaktur benang campuran (*blended yarn*).

Untuk mengetahui persentase yang sesungguhnya di dalam struktur benang, maka dilakukan pengujian komposisi serat yang berdasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI 0093 - 80) dimana komposisi campuran serat dinyatakan terhadap berat kering, sebagai contoh :

$$\text{Komposisi (\%)} = \left(\frac{L}{E} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

L : berat kering dari contoh pengujian serat rayon (gram), sedangkan

E : berat kering bahan tekstil mula - mula, sehingga jumlah prosentase komposisi serat dapat ditentukan berdasarkan pada berat seratnya.

Tabel 3 Persentase serat daun nanas dan rayon (N/R)

Komposisi Campuran (%)	Variasi Camp. (N/R%)	Variasi Camp. (N/R%)
Campuran Teoritis	45/55 ><	35/65 ><
	50/50	30/70
Campuran Praktis	37,2/62,8 ><	33,62/66,38 ><
	48,2/51,8	28/24/71,76

Catatan * Hasil pengujian dan analisis komposisi serat setelah menjadi benang (SIN 0093 – 80)

6. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Sifat Fisik dan Struktur Benang

Sifat fisik dari masing - masing serat secara morfologi menunjukkan adanya suatu perbedaan bila dilihat dari unsur penampang lintang maupun penampang membujur, begitu pula unsur struktur serat terutama migrasi seratnya, dimana helikal serat yang terbentuk secara koheren belum mencapai satu siklus. Unsur yang lain adalah rantai kimia seperti selulosa dan hemi selulosa dari masing - masing serat juga berbeda, sehingga berpengaruh terhadap penyerapan uap air ke dalam serat sehingga berpengaruh pada sifat fisik benangnya.

Adanya pengaruh prosentase campuran serat terhadap sifat benangnya hal ini tidak terlepas dari sifat - sifat dari masing - masing komponen seratnya yang antara lain :

- Kekuatan.
- Mulur.
- Panjang serat.
- Kehalusan.
- Jumlah serat per penampang lintang benangnya.

Sehingga struktur dari masing - masing *frahmen* serat menunjukkan perbedaan. Berdasarkan hasil pengujian serat seperti yang tertera pada tabel 2, memperlihatkan bahwa kekuatan serat rayon (*tenacity gr/D*) adalah 4,48 gr/D sedangkan serat nanas adalah 3,5 gr/D. Dengan demikian, rasio nilai *tenacity* antara serat rayon dengan serat

nanas adalah 1,8:1, sehingga setiap pertambahan persentase serat rayon akan meningkatkan kekuatan benang campuran. Sedangkan dalam hal mulur serat, serat rayon memiliki tingkat kemulurannya 37% sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan serat daun nanas 32%, sehingga pada penarikan benang campuran, serat nanas putus terlebih dahulu dari serat rayon, sehingga serat rayon yang akan menahan beban sampai putus atau hanya mengalami slip serat saja.

Dalam menunjang kekuatan benang, fungsi panjang serat tidak dapat dikesampingkan. Sedangkan untuk mencegah adanya slub dan ketidakrataan benang yang tinggi, maka digunakan panjang serat yang relative sama. Dalam penelitian ini panjang serat daun nanas rata - rata 52 mm dan serat rayon 48 mm. Apabila dilihat dari rasio kehalusan serat rayon 2,1 *denier* dan serat daun nanas 2,8 *denier*, dengan bertambahnya persentase serat daun nanas dalam benang campuran, maka jumlah serat per penampang benang akan bertambah. Karena serat yang halus akan meningkatkan internal fisik antar serat sehingga akan menghasilkan benang yang lebih kuat dan rata. Jadi, dengan meningkatnya jumlah serat per penampang melintang , maka bidang gesek serat akan semakin luas sehingga abrasi antar serat akan meningkat. Dengan demikian *toughness index* juga akan meningkat pula dengan dominannya komposisi serat daun nanas dalam camouran tersebut.

2. Pengaruh Prosentase Campuran Benang Pada Kekuatan Benang (SNI 0097 – 80)

Berdasarkan data pengujian yang tertera pada Tabel 4, terlihat bahwa kenaikan persentase serat rayon bila dibandingkan dengan serat daun nanas akan meningkatkan kekuatan benang per helai. Kenaikan kekuatan benang campuran erat sekali hubungannya dengan karakteristik serat karena dari masing - masing komponen seratnya mempunyai kontribusi terhadap kualitas benang secara umum. Selanjutnya

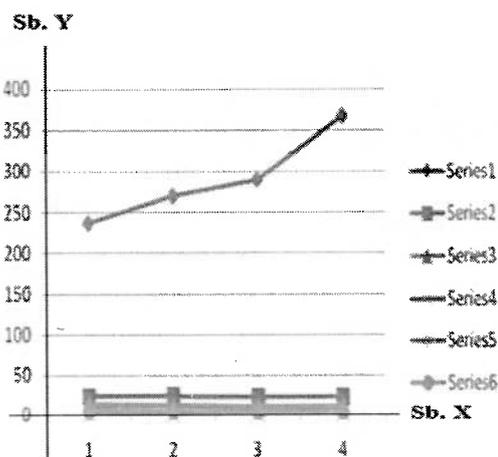
kekuatan serat rayon dan serat daun nanas pada kondisi tertentu adalah sama., sedangkan nilai kehalusannya tergantung pada kebutuhan atau penggunaan akhir.

Ada beberapa upaya untuk menaikkan kekuatan serat individu serat daun nanas yaitu dengan cara memberikan perlakuan khusus pada saat proses *degumming*, sehingga unsur pectin maupun lignin yang terdapat di dalam dapat berkurang sampai 98% dengan cara menggunakan phenol dengan konsentrasi tertentu (Asmanto, 2002).

Tabel 4. Pengujian sifat mekanik benang campuran nanas- rayon tex 30

Pengujian Benang	Var. Camp. (N/R%)		Var. Camp. (N/R%)	
	45/55	50/50	35/65	30/70
Kekuatan Tarik Benang (gr)	236,6	269,7	289,7	367,47
Mulur (%)	22,89	23,78	21,78	21,89
Ketidak akuratan (U%)	13,76	11,89	11,09	10,87
Toughness Index (gr/D)	1,135	0,126	0,129	0,124
Moisture Regain (%)	9,8	10,8	7,4	7,1
End/break hours/spindle	3,5	3,2	2,7	2,0

Dengan demikian peran dari kekuatan serat secara signifikan akan meningkatkan kekuatan per helai benang. Tencity serta yang merupakan rasio antara kekuatan serat per helai dengan kehalusan seratnya, menunjukkan signifikan terhadap sifat mekanik benangnya. Pada Gambar 4, terlihat bahwa hubungan antara beberapa persentase serat daun nanas – rayon terhadap sifat mekanik benang.



Gambar 4 Hubungan antara persentase serat nanas – rayon terhadap sifat fisik dan kekuatan benang.

3. Mulur Benang per Helai

Bertambahnya komposisi prosentase serat rayon mempunyai dampak secara langsung terhadap kenaikan mulur benang campuran, karena mulur serat adalah 3,89% sedangkan serat daun nanas 2,91%. Dengan demikian, prosentase mulur semakin tinggi mempunyai efek yang signifikan dengan bertambahnya prosentase serat rayon didalam benang campuran. Hal ini disebabkan karena jumlah konvolusi serat rayon yang terbentuk jumlahnya lebih besar dibandingkan dengan serat daun nanas, sehingga akan mempengaruhi internal friksi antar serat dan struktur migrasi pada benang, walaupun jumlah fraksi serat pendeknya relatif sedikit.

4. Abrasi Benang

Abrasi atau tahan gesek benang sangat dipengaruhi oleh kekuatan, kehalusan, ketidakrataan benang (U%), jumlah twist serta friksi antar serat. Dengan meningkatnya prosentase serat rayon, maka benang mempunyai kecenderungan kekuatan baik dan ketidakrataan (U%) rendah, sehingga benang mempunyai kemampuan menerima tegangan karena gesekan lebih baik.

Serat rayon lebih halus dari serat daun nanas sehingga friksi antar serat rayon lebih besar dibandingkan dengan serat daun nanas,

dengan demikian friksi permukaan benang dengan benda abraser lebih rendah sehingga serat didalam benang tidak terjadi slip karena ikatan antar serat masih cukup kuat. Adanya bagian benang yang tebal dan tipis akan mempunyai efek terhadap ketidakrataan benang rata - rata (U%), hal ini disebabkan karena berkurangnya jumlah serat per penampang melintang benang mengakibatkan jumlah *leading hooked* dan *trailing hooked* pada permukaan benang meningkat, sehingga mengakibatkan friksi antar serat tidak maksimal dan pada akhirnya akan berdampak terhadap nilai abrasi tenang.

5. *Moisture Regain*

Kandungan air atau regain dalam serat daun nanas relatif lebih besar yaitu rata - rata 9,1% bila dibandingkan dengan serat rayon yang hanya 7,49%. Hal tersebut akan memperbaiki daya serap terhadap zat cair dan diharapkan mendekati kandungan air dari serat kapas 7-8%. Sehingga bahan yang dihasilkan akan lebih nyaman dipakai. Kandungan air dari *blended yarn* bertambah ketika komposisi campuran serat daun nanas dalam campuran (50/50) *regain*-nya 10,8% dan nanas / rayon (45/55) *regain* 9,8%, sehingga akan menambah kohesifitas serat pada saat benang menyerap uap air karena *swelling of fiber* dalam benang mempunyai ruang gerak yang cukup untuk menyerap uap air.

6. *Spinning Performance*

Penilaian jumlah putus benang pada proses *ring spinning* akan menentukan *spinning performance* dari benang yang diproses. Berdasarkan evaluasi jumlah putus benang dari 20 *spindle* yang digunakan dalam penelitian tersebut, maka jumlah putus benang campuran relatif kecil rata - rata antara 2 - 3, sehingga nilai kinerja benang campuran serat daun nanas dengan serat rayon mempunyai *spinability* yang baik.

Apabila ditinjau dari faktor ekonomis maupun teknis, maka benang campuran serat daun nanas dengan serat rayon lebih

menguntungkan bila dibandingkan dengan benang campuran dari serat kapas / rayon, karena selain mempunyai sifat fisik dan mekanik benang yang dihasilkan lebih baik, juga biaya produksi dapat ditekan dan efisiensi produksi mencapai rata - rata 90,1%, artinya ke depan komposisi campuran tersebut tidak hanya dengan serat rayon tetapi dengan jenis - jenis serat yang lain juga dapat lebih dikembangkan kearah yang lebih luas penggunaannya sehingga akan menghasilkan produk benang yang inovatif dan ekonomis.

7. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Apabila dilihat dari sifat - sifat fisik dan mekaniknya, maka serat rayon tidak terlalu mencolok perbedaannya dengan serat daun nanas kecuali untuk kandungan air dalam serat (*regain*) dan kekuatannya. Dengan adanya komposisi campuran dari kedua jenis serat akan memberi keuntungan secara teknis maupun ekonomis, karena harga campuran lebih murah dibandingkan dengan 100% serat rayon. Semakin dominan komposisi serat daun nanas dalam benang, maka kekuatan dan mulur per helai cenderung baik. Demikian halnya dengan sifat fisik serta *toughness index*. Begitu pula dengan kandungan air dalam benang campur semakin meningkatkan kohesif serat sehingga pada saat dipakai akan lebih *comfortable*.

DAFTAR PUSTAKA

- Cook, J.G., 1986. *Handbook of Textile Fibers*, Sixth Edition, Merrow Publishing Co., Ltd, London UK.
- Doraiswamy., I., at.al. 1991. *A Study of Fiber Industry in India*, The Textile Institute, London, UK.
- Gohl, 1993. *Textile For Modern Living*, John Wiley & Son, Sydney.

Mauersberger, 1984. *Textile Fibers Their Physical, Microscopic, and Chemical Properties*, John Wiley & Son Inc., New York.

Robert R Franck, 2005. *bast and other Plant Fibers*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.

Subagyo., A., 1994. Perencanaan Produk Blended Yarns, Jurusan Teknologi Tekstil, FTI – UII Yogyakarta.

Taylor, D. T., (1998). *Assessment of the Industrial Potential of Fiber from UK-Grown Corps*, Final Report University of Leeds, School of Textile Industries, England.

HIDROGEN DARI BIOMASSA – SKENARIO SEKARANG DAN PROSPEKNYA DI MASA DEPAN

Sutarno¹, H. Malik KH² dan Faisal RM³

*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Islam Indonesia, Jl.Kaliurang Km.14.5, Yogyakarta^{1,2,3)}
Email : Sutarno_uui@yahoo.com*

ABSTRACT

Hydrogen is considered in many countries to be an important alternative energy vector and a bridge to a sustainable energy future. Hydrogen is not an energy source. It is not primary energy existing freely in nature. Hydrogen is a secondary form of energy that has to be manufactured like electricity. It is an energy carrier. Hydrogen can be produced from a wide variety of primary energy sources and different production technologies. About half of all the hydrogen as currently produced is obtained from thermo catalytic and gasification processes using natural gas as a starting material, heavy oils and naphtha make up the next largest source, followed by coal. Currently, much research has been focused on sustainable and environmental friendly energy from biomass to replace conventional fossil fuels. Biomass can be considered as the best option and has the largest potential, which meets energy requirements and could insure fuel supply in the future. Biomass and biomass-derived fuels can be used to produce hydrogen sustainably. Biomass gasification offers the earliest and most economical route for the production of renewable hydrogen.

Keywords: Hydrogen, Biomass, Production, Gasification, Future Prospects.

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar berbasis minyak bumi menjadi sumber utama energi untuk kebutuhan transportasi di abad ke-20. Ini terus berlanjut sampai awal abad ke-21 bersama dengan bertambahnya hampir semua kendaraan yang menggunakan bensin, solar atau gas alam. Terus meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil untuk memenuhi sebagian dari permintaan energi dunia akan mengakibatkan meningkatnya konsentrasi karbon dioksida (CO₂) di atmosfer dan meningkatkan kekhawatiran atas pemanasan global. Selain itu, minyak bumi adalah sumber bahan bakar yang terbatas, cepat menjadi langka dan lebih mahal. Cadangan bahan bakar berbasis minyak bumi yang terbatas itu terkonsentrasi di daerah tertentu dari belahan dunia. Kepedulian banyak pihak terhadap politik, ekonomi dan lingkungan mendorong

tumbuhnya minat terhadap *biofuel*. *Biofuel* dihasilkan dari minyak dan lemak alami, yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar bensin, solar dan minyak bumi. Selain menjadi *biodegradable* dan tidak beracun, *biofuel* pada dasarnya bebas dari sulfur dan aromatik, sehingga menghasilkan emisi gas buang lebih rendah dibandingkan energi konvensional seperti bensin dan solar, sementara *biofuel* memberikan sifat serupa dalam hal efisiensi sebagai bahan bakar.

Biofuel merupakan bahan bakar dalam bentuk cair atau gas untuk sektor transportasi pada umumnya dihasilkan dari biomassa. Produksi *biofuel* skala besar menawarkan peluang bagi negara - negara berkembang tertentu untuk mengurangi ketergantungan mereka pada impor minyak. Di Negara - negara maju telah ada peningkatan kecenderungan kearah penggunaan teknologi moderen dan konversi bioenergi yang efisien menggunakan berbagai *biofuel*, yang mana menjadi biaya kearifan kompetitif (*cost* -

wise competitive) bersama - sama dengan bahan bakar fosil. Untuk alasan inilah, bahan bakar transportasi alternatif seperti *bioetanol*, *biodiesel*, dan hidrogen akan memainkan peran penting di masa depan.

Produksi hidrogen adalah salah satu teknologi energi alternatif yang paling menjanjikan. Hidrogen bukan energi primer yang ada di alam bebas. Hidrogen adalah bentuk energi sekunder yang harus dibuat seperti halnya listrik. Hidrogen merupakan pembawa energi. Mayoritas ahli menganggap bahwa hidrogen memiliki peran besar untuk berperan sebagai pembawa energi penting dalam sektor energi masa depan.

Hidrogen adalah bahan bakar bersih tanpa emisi CO₂ dan dapat dengan mudah digunakan dalam sel bahan bakar untuk pembangkit listrik. Selain itu, hidrogen berpotensi menghasilkan energi tinggi 122 kJ / g, yaitu 2,75 kali lebih besar dari bahan bakar hidrokarbon [29]. Akhir - akhir ini penggunaan hidrogen sebagai bahan bakar untuk transportasi dan aplikasi stasioner telah mendapat banyak perhatian diberbagai negara dengan diterbitkannya kebijakan tentang energi yang rendah emisi. Gas hidrogen sedang dieksplorasi untuk digunakan dalam mesin pembakaran dan kendaraan listrik *fuel cell*. Gas hidrogen pada suhu dan tekanan normal, yang mana menyajikan transportasi lebih besar lompatan teknologi penyimpanan yang lebih maju dibandingkan bahan bakar cair Hidrogen dapat disimpan secara kimia atau fisiokimia dalam berbagai senyawa padat dan cair (hidrida logam, struktur nano karbon, *alanates*, *borohydrides*, metana, metanol, hidrokarbon ringan).

2. STATUS PRODUKSI DAN PENGGUNAAN HIDROGEN SAAT INI

Hidrogen dapat diproduksi dari berbagai macam sumber energi primer dan teknologi produksi yang berbeda. Sebagian hidrogen saat ini diproduksi dari sumber daya tak terbarukan seperti minyak, gas alam, dan

batu bara. Sekitar separoh dari semua hidrogen yang diproduksi saat ini diperoleh dari proses termokatalitik dengan gasifikasi menggunakan gas alam sebagai bahan awal, minyak berat dan nafta membentuk sumber daya terbesar, berikutnya diikuti oleh batu bara, dan hanya 4% dan 1% dihasilkan dari air masing - masing menggunakan listrik dan biomassa. Singkatnya, proses berbasis bahan bakar fosil menjelaskan karena 95% produksi hidrogen global.

Proses produksi hidrogen dengan bahan bakar fosil juga menghasilkan CO₂, yang dianggap sebagai penyebab utama timbulnya "efek rumah kaca". Hidrogen yang dihasilkan melalui berbagai sumber energi primer terbarukan seperti angin, biomassa, dan energi surya sangat ideal secara bertahap menggantikan bahan bakar fosil. Biomassa dan bahan bakar yang berasal dari biomassa dapat digunakan untuk menghasilkan hidrogen secara berkelanjutan. Dengan menggunakan biomassa sebagai pengganti bahan bakar fosil untuk menghasilkan hidrogen dapat mengurangi CO₂ yang dilepaskan ke atmosfer, karena CO₂ yang dilepaskan ketika biomassa digasifikasi, sebelumnya diserap dari atmosfer lalu oleh tumbuh-tumbuhan dilakukan fotosintesis.

Saat ini total konsumsi hidrogen di seluruh dunia tahunan dikisaran 400 - 500 milyarNm³. Pemanfaatan keberadaan hidrogen setara dengan 3% dari konsumsi energi dengan tingkat pertumbuhan diperkirakan 5 - 10% per tahun. Hanya sebagian kecil dari hidrogen ini saat ini digunakan untuk keperluan energi, sebagian berfungsi sebagai bahan baku kimia untuk petrokimia, makanan, elektronik dan industri pengolahan metalurgi. Pasar global untuk hidrogen sudah lebih dari 40 miliar \$AS per tahun ; termasuk hidrogen yang digunakan dalam produksi amonia (49%), penyulingan minyak bumi (37%), produksi metanol (8%), dan lain - lain menggunakan volume yang lebih kecil (6 %) [58].

Hidrogen dapat digunakan sebagai bahan bakar transportasi, sedangkan energi nuklir

atau surya tidak dapat digunakan secara langsung. Hidrogen memiliki sifat yang baik sebagai bahan bakar untuk mesin pembakaran internal dalam mobil. Hidrogen dapat digunakan sebagai bahan bakar langsung pada mesin pembakaran internal yang tidak jauh berbeda dari mesin yang digunakan dengan bensin. Hidrogen memiliki sifat yang sangat khusus sebagai bahan bakar transportasi, termasuk sifatnya yang cepat terbakar, menandung angka oktan efektif tinggi, dan tidak mengandung racun atau potensi pembentuk ozon. Hidrogen memiliki batas yang lebih luas dan mudah terbakar di udara (dengan volume 4% -75%) dibanding metana (dengan volume 5,3% -15%) dan bensin (dengan volume 1% -7,6%)

3. PRODUKSI HIDROGEN DARI BIOMASSA

3.1. Tinjauan Biomasa

Biomassa, terutama dalam bentuk kayu, adalah bentuk tertua dari energi yang digunakan oleh manusia. Secara tradisional, biomassa telah dimanfaatkan melalui pembakaran langsung, dan proses ini masih banyak digunakan oleh penduduk berbagai negara di dunia. Sumber energi biomassa yang paling penting adalah kayu dan limbah kayu, tanaman pertanian dan produk sampingan berupa limbah dari proses produk hasil pertanian, sampah kota, limbah hewan, limbah dari pengolahan makanan, dan tanaman air serta ganggang. Energi dari bahan bakar biomassa digunakan dalam *utilitas* listrik, kayu dan produk kayu, dan industri pulp serta kertas. Saat ini, banyak penelitian telah difokuskan pada daur ulang biomassa secara berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk menggantikan bahan bakar fosil konvensional.

3.1.1. Komponen biomassa

Struktur kimia dan komponen organik utama dalam biomassa sangat penting dalam pengembangan proses untuk memproduksi bahan bakar yang diturunkan dengan bahan kimia. Komponen kimia *lignoselulosa* dapat

dibagi menjadi empat komponen utama. Mereka adalah selulosa, hemiselulosa, lignin dan ekstraktif. Umumnya, ketiga komponen pertama memiliki berat molekul tinggi dan berkontribusi banyak massa, sedangkan komponen terakhir adalah dari ukuran molekul kecil, dan tersedia dalam jumlah yang kecil. Selulosa kandungan hemiselulosa kayu keras (78,8%) lebih banyak dibandingkan kayu lunak (70,3%), tetapi lignin kayu lunak (29,2%) lebih banyak dibandingkan kayu keras (21,7%).

Selulosa, yang merupakan komponen yang tersedia melimpah pada tanaman dan kayu, terdapat dalam berbagai bentuk dan sebagian besar berasal dari limbah domestik dan industri. Selulosa adalah berat molekul tinggi polimer linier β -1,4-terkait -unit glukosa yang dapat muncul sebagai bahan yang sangat kristal. Glukosa merupakan hidrida, yang dibentuk melalui penghilangan air dari setiap glukosa, di polimerisasi menjadi selulosa rantai panjang yang mengandung 5000 - 10000 unit glukosa. Dasar unit berulang polimer selulosa terdiri dari dua unit *anhydride* glukosa, disebut unit selobiosa.

Hemiselulosa adalah campuran dari berbagai monosakarida dipolimerisasi seperti glukosa, *mannose*, galaktosa, *xilosa*, arabinosa, 4-O-metil asam glukuronat dan residu asam *galacturonic*. Di antara gula yang paling penting dari komponen hemiselulosa adalah *xilosa*. Dalam *xilan* kayu keras, rantai kekuatan terdiri dari unit *xilosa* yang dihubungkan oleh β -(1,4)-rantai glikosidik dan bercabang dengan α -(1,2)-rantai glikosidik dengan gugus asam glukuronat 4-O-metil. Hemiselulosa menunjukkan berat molekul lebih rendah dari selulosa. Jumlah mengulangi monomer sakarida hanya ~150, dibandingkan dengan jumlah di selulosa.

Lignin merupakan polimer aromatik disintesis dari *prekursor phenylpropanoid*. Unit fenilpropana kimia lignin (terutama *syringyl*, *guaiacyl* dan p-hidroksi fenol) terikat bersama - sama oleh satu set

hubungan dengan membentuk matriks yang sangat kompleks. Matriks ini terdiri dari berbagai kelompok fungsional, seperti hidroksil, metoksil dan karbonil, yang mana memberi polaritas tinggi pada lignin makromolekul.

3.1.2. *Importance of biomass*

Pemanfaatan energi biomassa (bioenergi) telah memperoleh minat khusus dalam beberapa tahun terakhir karena bahan bakar fosil konvensional menipis secara progresif yang mana membutuhkan peningkatan penggunaan sumber energi terbarukan. Minat dalam bioenergi didorong oleh fakta - fakta berikut, antara lain :

- a. Memberikan kontribusi terhadap pengurangan kemiskinan di negara - negara berkembang.
- b. Memenuhi kebutuhan energi setiap saat, tanpa perangkat konversi mahal.
- c. Dapat memberikan energi dalam segala bentuk bahwa orang perlu (bahan bakar cair dan gas, panas dan listrik).
- d. Energi terbarukan itu adalah CO₂ - netral dan bahkan dapat bertindak sebagai penyerap karbon.
- e. Membantu untuk mengembalikan lahan tidak produktif dan terdegradasi, meningkatkan keanekaragaman hayati, kesuburan tanah dan penyimpanan air.

Pentingnya biomassa akan meningkat karena kebijakan energi nasional dan strategi lebih banyak berfokus pada sumber terbarukan dan konservasi.

3.1.3. **Kontribusi Biomassa Dalam Penyediaan Energi Global**

Biomassa dapat dianggap sebagai pilihan terbaik dan memiliki potensi terbesar, yang memenuhi kebutuhan energi dan bisa menjamin pasokan bahan bakar di masa depan. Biomassa adalah sumber daya energi potensial terbesar dan sumber energi dunia paling berkelanjutan, sumber daya terbarukan

terdiri dari 220 miliar ton oven-kering (sekitar 4500 EJ) produksi primer tahunan. Sekitar 5% energi ini , atau 225 EJ, harus mencakup hampir 50% dari total kebutuhan energi primer dunia saat ini. Namun, total biomassa berkontribusi sekitar 10% untuk memenuhi kebutuhan energi primer dunia sebanyak 470 EJ pada tahun 2007, meskipun ini terutama dalam bentuk biomassa tradisional non - komersial. Potensi biomassa di masa depan bisa mencapai 150 - 400 EJ / tahun (hingga 25% dari energi primer dunia) pada tahun 2050 dengan menggunakan residu tanaman hutan dan limbah perkotaan, di samping tanaman energi tahunan yang juga tumbuh. Saat ini, banyak penelitian telah difokuskan pada energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan dari biomassa untuk menggantikan bahan bakar fosil konvensional. Biomassa dapat dikonversi ke sejumlah pembawa energi sekunder (listrik, gas, bahan bakar cair dan padat serta panas) dengan menggunakan berbagai jalur konversi.

Jalur konversi ke bahan bakar dan listrik dapat dibedakan dalam jalur konversi termal, kimia dan biokimia. Saat ini juga telah dikembangkan teknologi konversi termokimia seperti pirolisis, gasifikasi, pencairan, dan ekstraksi fluida superkritis untuk memaksimalkan hasil - hasil cairan. Pembakaran langsung adalah cara lama menggunakan biomassa. Teknologi konversi termokimia biomassa seperti pirolisis dan gasifikasi tentu bukan pilihan yang paling penting saat ini, karena pembakaran bertanggung jawab atas lebih dari 97% dari produksi bioenergi dunia. Di negara - negara industri, proses biomassa utama yang digunakan di masa depan diharapkan menjadi pembakaran langsung residu dan limbah untuk pembangkit listrik.

3.2. **Bahan Baku Biomassa Untuk Produksi Hidrogen**

Penggunaan biomassa terbarukan sebagai bahan baku utama untuk produksi hidrogen telah mendapat banyak perhatian

dalam beberapa tahun terakhir. Hidrogen dapat dihasilkan dari biomassa, tetapi teknologi ini sangat membutuhkan pengembangan lebih lanjut. Produksi hidrogen dari biomassa secara ekonomi saat ini sudah kompetitif. Hidrogen dari biomassa memiliki banyak keuntungan :

- a. Bebas dari impor minyak.
- b. Produk bersih tetap didalam negeri.
- c. Tingkat harga yang stabil.
- d. Menjaga perdamaian.
- e. Keseimbangan CO₂ dapat ditingkatkan mendekati sekitar 30%.

Dua jenis bahan baku biomassa yang tersedia untuk dikonversi menjadi hidrogen:

1. Didedikasikan tanaman bioenergi.
2. Residu lebih murah, seperti sampah organik dari pertanian reguler dan pengolahan kayu (residu biomassa).

Daftar beberapa bahan biomassa yang digunakan untuk produksi hidrogen diberikan dalam tabel 1. Secara umum, biomassa dari tanaman energi, seperti sorgum manis, dapat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi hidrogen. Biomassa, khususnya limbah organik, menawarkan suatu nilai ekonomi, cara yang ramah lingkungan untuk produksi hidrogen terbarukan.

3.3. Jalur Produksi Hidrogen Dari Biomassa

Metode yang tersedia untuk produksi hidrogen dari biomassa dapat dibagi menjadi dua kategori utama: jalur termokimia dan jalur biologi. Jalur utama hidrogen biomassa ditunjukkan pada Gambar. 1. Hidrogen dapat diproduksi dari bahan baku bio - terbarukan melalui proses konversi termokimia seperti pirolisis, gasifikasi, gasifikasi uap, *steam reforming* bio - minyak, dan gasifikasi air super kritis. Produksi biologi hidrogen dapat diklasifikasikan ke dalam kelompok berikut:

1. Biophotolysis air menggunakan ganggang hijau dan ganggang hijau-biru (*cyanobacteria*).
2. Foto-fermentasi.

3. Fermentasi gelap.
4. Sistem reaktor hibrida.

Tabel 1. Daftar beberapa bahan biomassa yang digunakan untuk produksi hidrogen.

Spesies Biomassa	Proses Konversi Utama
Bio - kulit kacang	Gasifikasi uap
Sekam zaitun	Pirolisis
Limbah teh	Pirolisis
Pirolisis tanaman jerami	Pirolisis
Minuman keras hitam	Gasifikasi uap
Sampah perkotaan	Ekstraksi air superkritis
Residu tanaman gandum	Ekstraksi fluida superkritis
Limbah Pulp dan kertas	Fermentasi <i>Microbiol</i>
Sampah plastik berbasis minyak tanah	Ekstraksi fluida superkritis
Bubur pupuk	Fermentasi <i>Microbiol</i>

Keuntungan dari proses termokimia adalah bahwa efisiensi secara keseluruhan (termal untuk hidrogen) lebih tinggi ($\eta \sim 52\%$) dan biaya produksi lebih rendah. Hasil hidrogen yang dapat dihasilkan dari biomassa relatif rendah, 16 - 18% berdasarkan berat kering biomassa. Hidrogen yang dihasilkan dan kandungan energi, dibandingkan dengan kandungan energi biomassa yang diperoleh dari proses biomassa, ditunjukkan pada tabel 2. Pada pirolisis dan proses gasifikasi, pergeseran gas - air digunakan untuk mengubah gas direformasi menjadi hidrogen, dan tekanan adsorpsi digunakan untuk memurnikan produk. Perbandingan dengan gasifikasi termokimia biomassa lain seperti gasifikasi udara atau gasifikasi uap, gasifikasi air superkritis dapat langsung dilakukan dengan biomassa basah tanpa pengeringan, dan memiliki efisiensi gasifikasi tinggi dengan suhu yang lebih rendah.

Tabel 2. Perbandingan hidrogen terhasil yang diperoleh dengan menggunakan tiga proses yang berbeda.

Proses	Hidrogen Terhasil (% wt)	Kandungan Energi <i>Hydrogen</i> / Kandungan Energi Biomassa
Pirolisis + katalitik reformasi	12.6	91
Gasifikasi + reaksi pergeseran Biomassa + uap + kecuali panas (maksimum teoritis)	17.1	124

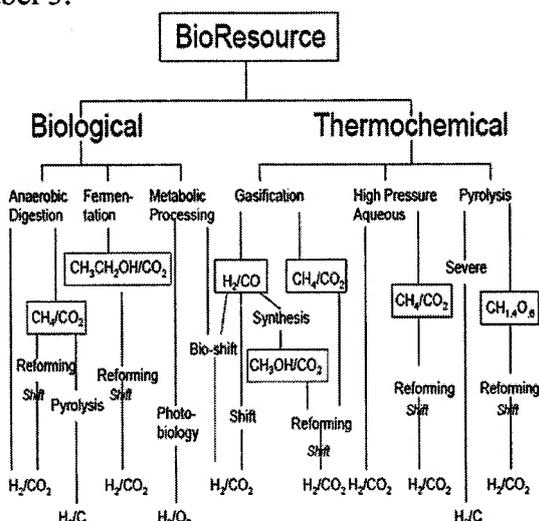
Kerugian utama dari proses ini adalah dekomposisi bahan baku biomassa yang mengarah ke formasi arang dan aspal. Dalam rangka mengoptimalkan proses untuk produksi hidrogen, sejumlah upaya telah dilakukan oleh banyak peneliti untuk menguji produksi hidrogen dari gasifikasi / pirolisis biomassa dengan berbagai jenis biomassa dan pada berbagai kondisi operasi, contoh tempurung kelapa sawit dibandingkan dengan limbah jarak pagar tercantum dalam tabel 3.

Tabel 3. Produksi hidrogen dari konversi tempurung kelapa sawit dan limbah jarak pagar.

Jenis biomassa / Suhu	Produksi Gas (% vol.)
Tempurung Kelapa Sawit	
773 K	3.56
973 K	12.58
1173 K	33.49
Jarak Pagar	
773 K	8.22
973 K	9.29
1173 K	11.63

Proses produksi hidrogen biologi ditemukan lebih ramah lingkungan dan energi intensif lebih sedikit dibandingkan dengan proses termokimia dan proses elektrokimia. Para peneliti telah mulai menyelidiki produksi hidrogen dengan bakteri *anaerob* sejak tahun 1980 - an. Produksi hidrogen biologi (*biohydrogen*) sebagai produk sampingan dari metabolisme mikroorganisme merupakan area baru yang menarik dari pengembangan teknologi yang menawarkan potensi produksi hidrogen yang dapat digunakan dari berbagai sumber daya terbarukan.

Ada tiga jenis mikroorganisme dari generasi *biohydrogen*: bakteri sianobakteri, bakteri anaerob, dan bakteri fermentasi. Sebuah metode yang menjanjikan adalah produksi hidrogen biologi dengan fermentasi. Produksi hidrogen dari biomassa secara fermentasi adalah salah satu jalur yang dapat berkontribusi terhadap perekonomian hidrogen yang berkelanjutan di masa depan. Jumlah hidrogen yang dihasilkan dari glukosa dipengaruhi oleh jalur fermentasi dan produk akhir cairan. Asam butirat dan asam asetat jumlahnya lebih dari 80% dari total produk akhir. Secara teoritis, 4 mol H₂ dihasilkan dari 1 mol glukosa dalam jenis fermentasi asetat, namun hanya 2 mol H₂ diproduksi ketika butirat merupakan produk fermentasi utama. Sampai saat ini, banyak penelitian telah dilakukan pada produksi hidrogen fermentasi dari gula murni dan dari bahan baku, seperti produk sampingan dari



Gambar. 1: Persiapan mulai dari biomassa sampai hidrogen.

industri pertanian dan makanan, sampah kota, atau air limbah. Pencernaan anaerobik limbah organik padat, termasuk limbah kota dan pertanian dan air limbah lumpur, merupakan salah satu sumber terbarukan untuk produksi H₂. Namun, produksi H₂ terus-menerus menggunakan proses ini memiliki keterbatasan, salah satunya adalah hidrogen yang dihasilkan dari fermentasi gula bahkan yang paling sederhana sekalipun saat sekarang rendah. Kombinasi fermentasi gelap (*dark-fermentation*) dan fermentasi foto dalam sistem hibrida dua tahap dapat meningkatkan hasil keseluruhan hydrogen. Bakteri *anaerob* menguraikan glukosa atau pati melalui metabolisme fermentasi asetat sebagai langkah pertama, dan bakteri fotosintetik mengkonversi *resultante* asetat mendapatkan hidrogen dalam reaktor lain sebagai tahap kedua. Hidrogen yang dihasilkan meningkat dua kali lipat dibandingkan dengan yang hanya menggunakan fermentasi-gelap.

Tabel 4. Perbandingan hasil hidrogen yang diperoleh dengan menggunakan tiga proses berbeda.

Proses	Hidrogen Terhasil (% Wt)	Kandungan Energi Hidrogen/Kandungan Energi Biomassa
Pirolisis + katalitik reformasi	12.6	91
Gasifikasi + reaksi pergeseran	11.5	83
Biomassa + uap + kecuali panas (maksimum teoritis)	17.1	124

3.4. Biaya Produksi Hidrogen

Masalah utama dalam pemanfaatan gas hidrogen sebagai bahan bakar adalah tidak tersedianya di alam dan kebutuhan akan metode produksi yang murah. Saat ini proses *Steam methane reforming* (SMR) adalah

metode yang paling umum dan paling mahal untuk memproduksi hidrogen dari gas alam. Dalam metode ini, biaya bahan baku (gas alam) umumnya memberikan kontribusi sekitar 52 - 68% dengan harga hidrogen akhir untuk pabrik hidrogen yang lebih besar, dan 40% untuk pabrik hidrogen yang lebih kecil, dengan beban yang tersisa menciptakan biaya modal.

Pembangkit listrik terpusat skala besar memberikan cara untuk sistem pembangkitan tersebar skala kecil (*distributed generation*) yang beroperasi dekat titik penggunaan. Biaya produksi hidrogen dari gas alam dengan menggunakan berbagai SMR dari sekitar 1,50\$AS / kg pada fasilitas skala besar (1,2 Gg / d) menjadi sekitar 3,75\$AS / kg pada fasilitas 500 kg / d (diasumsikan harga gas alam 7 US\$/ GJ). Proses SMR menghasilkan CO dan CO₂, gas rumah kaca utama. Menurut *Muradov* dan *Veziroglu*, sebuah pabrik hidrogen dengan metode SMR dengan kapasitas sekitar 1 juta m³ per hari hidrogen menghasilkan 0,3 - 0.400.000 standar meter kubik CO₂ per hari, yang biasanya dibuang ke atmosfer. Beberapa studi menunjukkan bahwa menangkap CO₂ menambahkan sekitar 25 - 30% untuk biaya produksi hidrogen dengan metode SMR.

Produksi hidrogen dengan gasifikasi dan pirolisis biomassa proses SMR umumnya dianggap tidak kompetitif secara ekonomi. Penetapan harga hidrogen diperoleh dengan gasifikasi langsung biomassa *lignoselulosa*, meskipun demikian, sekitar tiga kali lebih tinggi dari produksi hidrogen dengan SMR. Menurut *Hamelinck* dan *Faiij*, biaya produksi hidrogen dari biomassa berkisar 10 - 14 \$AS / GJ, dengan nilai kalor bersih lebih tinggi (*higher heating value* / HHV) efisiensi energi 56 - 64%. Hal ini diyakini bahwa dimasa depan biomassa dapat menjadi sumber hidrogen penting yang berkelanjutan. Prospek masa depan ekonomi hidrogen atau ekonomi produksi hidrogen adalah titik dasar dari banyak artikel. Residu biomassa adalah bahan baku termurah. Karena biomassa kandungan sulfurnya rendah, maka sistem

pembuangan sulfur tidak mungkin diperlukan.

Tabel 5. Biaya hidrogen digunakan dalam pemodelan skenario jangka panjang

Metode	Harga Bahan Baku	Biaya Bahan Baku [\$/GJ H ₂]	Biaya Produksi Lainnya [\$/GJ H ₂]	Biaya Pengangkutan [\$/GJ H ₂]	Biaya Pengisian [\$/GJ H ₂]	Biaya Total Pada Pompa Bahan Bakar [\$/GJ H ₂]
Gas Alam Dengan CCS	3-5 \$/GJ	3.8-6.3	1.2-2.7	2	5-7	12-18
Batu bara Dengan CCS	1-2 \$/GJ	1.3-2.7	4.7-6.3	2	5-7	13-18
Gasifikasi Biomassa	2-5 \$/GJ	2.9-7.1	5-6	2-5	5-7	14-25
Angin Darat	3-4 sen/kWh	9.8-13.1	5	2-5	5-7	22-30
Angin Laut	4-5.5 sen/kWh	13.1-18.0	5	2-5	5-7	27-37
Surya Termal Listrik.	6-8 sen/kWh	19.6-26.1	5	2-5	5-7	32-42
Pv Surya	12-20 sen/kWh	39.2-65.4	5	2-5	5-7	52-82
Nuklir	2.5-3.5 sen/kWh	8.2-11.4	5	2	5-7	20-27

Beberapa studi telah menunjukkan bahwa biaya produksi hidrogen dari biomassa sangat tergantung pada biaya bahan baku. Hidrogen dari gasifikasi biomassa diperkirakan tidak akan berkembang dalam waktu dekat karena kurangnya biaya dan kurangnya teknologi. Hal itu di tunjukkan oleh kurangnya pasar hidrogen secara luas dan minimnya infrastruktur. Untuk tampilan persaingan harga jangka panjang, maka perlu mencakup variabilitas dalam hal harga bahan baku dan penggunaan kemungkinan penangkapan CO₂ dan penyimpanan (CCS) dalam proses berbasis fosil. Seperti terlihat pada tabel 4, menurut skenario jangka panjang, hidrogen dari biomassa melalui proses gasifikasi diharapkan menjadi cukup kompetitif dengan jalur fosil termasuk CCS, dan biaya terendah daripada semua jalur terbarukan dalam 40 tahun ke depan.

4. PRODUKSI HIDROGEN DARI GASIFIKASI BIOMASSA

4.1. Prinsip Gasifikasi Biomassa

Gasifikasi biomassa adalah perlakuan termal, menghasilkan produksi gas yang tinggi dan sejumlah kecil arang dan abu. Gasifikasi umumnya melibatkan pirolisis maupun pembakaran dalam menyediakan panas selama reaksi pirolisis endotermik. Gasifikasi dilakukan pada suhu tinggi untuk mengoptimalkan produksi gas. Gas yang dihasilkan, dikenal sebagai gas penghasil (*producer gas*), merupakan campuran karbon monoksida, hidrogen dan metana, bersama-sama dengan karbon dioksida dan nitrogen. Kebanyakan sistem gasifikasi biomassa menggunakan udara atau oksigen dalam proses oksidasi atau pembakaran parsial. Pada suhu sekitar 875 - 1275 K, biomassa padat mengalami dekomposisi termal untuk membentuk produk fase - gas yang biasanya

mencakup H₂, CO, CO₂, CH₄, H₂O, dan gas hidrokarbon lainnya (CH). Komposisi gas produk gasifikasi biomassa sangat bergantung pada proses gasifikasi, agen pengubah menjadi gas (*gasifying*), dan komposisi bahan baku. Gasifikasi biomassa umumnya diamati untuk mengikuti reaksi :



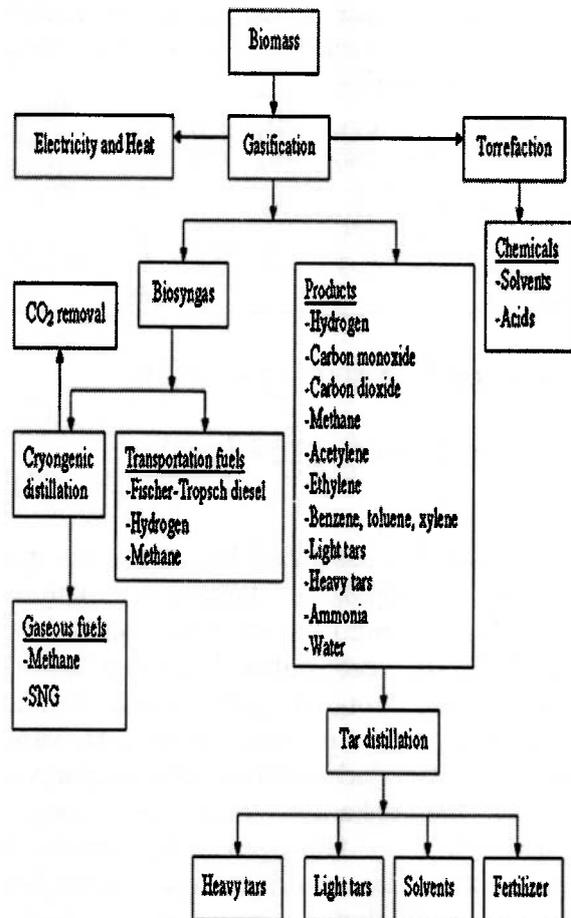
Dengan asumsi proses gasifikasi menggunakan biomassa sebagai bahan baku, langkah pertama dari proses ini adalah dekomposisi termokimia selulosa, hemiselulosa dan senyawa lignin dengan produksi arang dan *volatil*. Selanjutnya gasifikasi arang dan terjadi beberapa kesetimbangan reaksi lainnya. Kemungkinan produk yang diperoleh dari proses gasifikasi diberikan pada Gambar. 2.

4.2. Hidrogen Dari Biomassa Melalui Gasifikasi

Gasifikasi biomassa telah diidentifikasi sebagai sistem yang memungkinkan untuk memproduksi hidrogen terbarukan, yang bermanfaat untuk mengeksplorasi sumber daya biomassa, mengembangkan cara yang bersih dan sangat efisien untuk produksi hidrogen skala besar, dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang tidak aman. Sebagian besar penelitian yang dimotivasi oleh kepentingan ini telah memiliki teknologi yang ekonomis secara alami, berdasarkan data kinerja *gasifier* yang diperoleh selama kebenaran sistem uji coba konseptual. Perhatian terhadap penyelidikan eksperimental produksi hidrogen melalui gasifikasi biomassa cenderung berkurang. Padahal sampai saat ini, semua peralatan proses yang diperlukan untuk menghasilkan hidrogen telah mantap untuk digunakan secara komersial, kecuali untuk *gasifiers*.

Gasifikasi biomassa dapat dianggap sebagai bentuk pirolisis, yang berlangsung pada suhu yang lebih tinggi dan menghasilkan campuran gas dengan kandungan H₂ berkisar 6 - 6,5%. Gas sintesis

yang diproduksi oleh gasifikasi biomassa terdiri dari H₂, CO, CH₄, N₂, CO₂, O₂, dan tar. Ketika *gasifying* biomassa, tar (atau aspal) yang dibentuk bersama - sama dengan gas sintesis sulit dihilangkan dengan metode penghilangan serbuk fisik. Distribusi produk dan komposisi gas tergantung pada banyak faktor, termasuk suhu gasifikasi dan jenis reaktor. Jenis *gasifier* yang paling penting adalah *fixed bed (updraft* atau *downdraft fixedbed)*, *fluidized bed*, dan *gasifier* aliran yang tertahan. Semua *gasifiers* ini perlu dilengkapi penyejuk gas yang signifikan disertai dengan penghilangan ter dan kotoran anorganik dan konversi selanjutnya adalah CO menjadi H₂ melalui reaksi pergeseran gas ke air. Tabel 5 menyajikan data komposisi gas khusus yang diperoleh dari kayu komersial dan arang batubara *downdraft gasifier* dioperasikan pada bahan bakar berkadar air rendah sampai sedang.

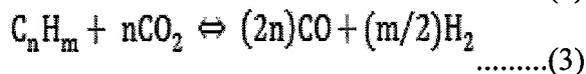
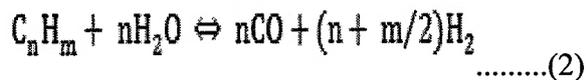


Gambar. 2. Produk dari proses gasifikasi.

Teknologi gasifikasi memberikan peluang untuk mengkonversi bahan baku biomassa terbarukan menjadi bahan bakar gas bersih atau gas sintesis. Gas sintesis meliputi terutama hidrogen dan karbon monoksida (H₂ + CO) yang juga disebut sebagai *Biosyngas*. *Biosyngas* adalah gas yang kaya CO dan H₂ diperoleh melalui gasifikasi biomassa. Produksi hidrogen adalah penggunaan terbesar *syngas*. Biomassa dapat dikonversi ke *biosyngas* oleh *noncatalytic*, katalitik, dan uap proses gasifikasi. Uap gasifikasi adalah teknologi yang menjanjikan untuk produksi hidrogen termokimia dari biomassa. *Steam reforming* dan *socalled dry* atau reformasi CO₂ terjadi sesuai dengan reaksi berikut dan biasanya dipromosikan dengan menggunakan katalis.

Tabel 6. Data komposisi gas khusus yang diperoleh dari kayu komersial gasifiers downdraft arang batubara dioperasikan pada bahan bakar kadar air rendah sampai menengah (kayu 20%, arang batubara7%)

Komponen	H ₂ (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ (%)	CO (%)	N ₂ (%)	Nilai Kalor (MJ/m ³)
Gas Arang	12-	9-	2-3	17-	50-	5-5.9
Kayu	20	15		22	54	
Gas Arang	4-	1-3	0-2	28-	55-	4.5-5.6
Batubara	10			32	65	



Pemodelan gasifikasi biomassa uap gas sintesis merupakan tantangan karena variabilitas (komposisi, struktur, reaktivitas, sifat fisik, dll.) dari bahan baku dan karena menghendaki kondisi yang sukar (suhu, waktu tinggal, laju pemanasan, dll.). H₂ yang dihasilkan dari dari gasifikasi uap meningkat dengan meningkatnya rasio air dengan sampel (W / S). Hidrogen yang dihasilkan dari pirolisis dan gasifikasi uap meningkat dengan peningkatan temperatur. Secara umum, suhu gasifikasi yang lebih tinggi dari

pirolisis dan hasil hidrogen dari gasifikasi lebih tinggi dibandingkan dengan pirolisis. *Demirbas* meneliti hasil hidrogen dari pirolisis dan gasifikasi uap bonggol jagung pada temperatur yang berbeda. Hasil hidrogen dari pirolisis konvensional bonggol jagung meningkat dari 33 menjadi 40% dengan peningkatan suhu 775 – 1025° K. Hasil hidrogen dari gasifikasi uap bonggol jagung meningkat dari 29 menjadi 45% untuk (W / S) = 1 dan dari 29 menjadi 47% untuk (W / S) = 2 dengan meningkatnya suhu 975 – 1225° K.

Pengaruh katalis pada produk gasifikasi sangat penting. Penggunaan katalis tidak mempengaruhi hasil gas, tetapi sangat mempengaruhi komposisi gas. Kandungan H₂ dan CO₂ meningkat, sedangkan kandungan CO menurun, penurunan drastis dalam kandungan senyawa organik juga bisa diamati.

Karena hasil arang tetap hampir konstan dibandingkan dengan yang setara dijalankan bukan termal katalitik, ada peningkatan kandungan hidrogen mungkin karena pengaruh katalis pada reaksi pergeseran gas-air. Dolomit, katalis berbasis Ni dan oksida logam alkali banyak digunakan sebagai katalis gasifikasi. Katalis yang didorong Mg menunjukkan kesulitan yang lebih besar untuk pengurangan prekursor Ni selain penyelidikan molekul yang berbeda (H₂ dan CO) keadaan teradsorpsi. Dalam konversi sikloheksana, Mg menghambat pembentukan produk hidrogenolisis. Meskipun demikian, kehadiran Ca tidak mempengaruhi fase logam. Suatu katalis – Ni / MgO penuh dilakukan lebih baik dibanding jenis lain.

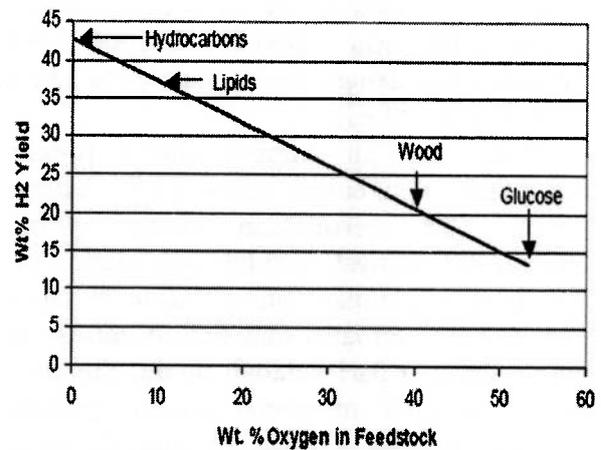
Produksi hidrogen dari biomassa memiliki tantangan besar. Tidak ada demonstrasi atau penampilan teknologi yang selesai begitu saja. Hasil hidrogen dari biomasa rendah karena untuk dimulai dengan (sekitar 6% *versus* 25% untuk metana) kandungan hidrogen dalam biomassa rendah, dan kandungan energi juga rendah karena kandungan oksigen tinggi (sekitar 40% dari berat biomassa). Oleh karena lebih dari

setengah dari hidrogen berasal dari biomassa mengeluarkan air di reaksi *steam reforming*, maka suatu kenyataan bahwa kandungan energi dari bahan baku merupakan keterbatasan yang menjadi sifat (*inherent*) proses. Hasil hidrogen sebagai fungsi kandungan oksigen ditunjukkan pada Gambar. 3. Bagaimanapun juga, biaya untuk tumbuh, pemungutan dan pengangkutan biomassa adalah tinggi. Jadi, bahkan dengan efisiensi energi yang masuk akal, keadaan ini tidak kompetitif secara ekonomi walaupun reformasi uap gas alam untuk hidrogen berdiri sendiri tanpa manfaat bernilai tinggi produk bersama (*co-products*). Selain itu, seperti halnya semua sumber hidrogen, produksi dari biomassa membutuhkan penyimpanan hidrogen yang tepat, infrastruktur transportasi dan sistem pemanfaatan untuk dikembangkan dan disebar.

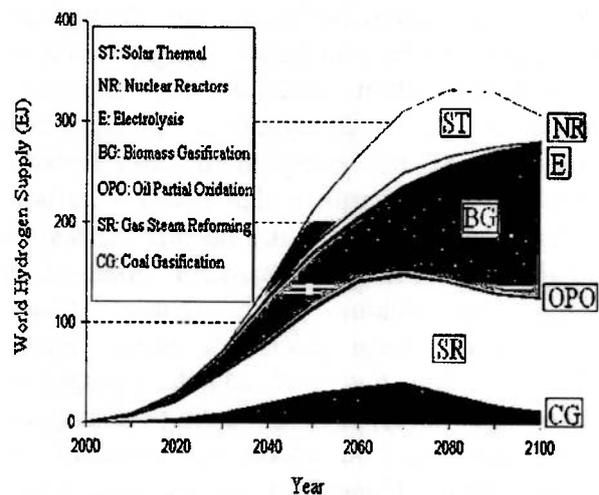
4.3. Peran Gasifikasi Biomassa Dalam Penyediaan Hidrogen Di Masa Depan

Hari ini, hidrogen terutama yang dihasilkan dari gas alam melalui *steam reforming* metana, dan meskipun proses ini dapat mempertahankan sebuah perampasan awal menjadi ekonomi hidrogen, tetapi ini hanya merupakan pengurangan sederhana untuk emisi kendaraan dibandingkan dengan emisi kendaraan *hybrid* saat ini, dan akhirnya hanya merupakan pertukaran impor minyak ke impor gas alam. Hal ini jelas tidak berkelanjutan. Biomassa telah diakui sebagai sumber energi terbarukan utama dunia untuk melengkapi penurunan bahan bakar fosil. Biomassa akan memainkan peran penting dalam infrastruktur energi global di masa depan, tidak hanya untuk menghasilkan listrik dan panas, tetapi juga untuk produksi bahan kimia dan bahan bakar. Dominasi teknologi konversi biomassa atas gasifikasi, sebagai gas dari gasifikasi biomassa merupakan perantara pada pembangkit listrik berefisiensi tinggi atau sintesis dari bahan kimia dan bahan bakar. Gasifikasi biomassa menawarkan jalur paling awal dan paling ekonomis untuk produksi hidrogen

terbarukan. Proyek ECS (*Environmentally Compatible Energy Strategies*) IIASA telah dikembangkan dengan skenario berbasis hidrogen jangka panjang (B1 - H₂) dari sistem energi global untuk menguji perspektif masa depan sel bahan bakar. Skenario menggambarkan peran kunci hidrogen dalam transisi jangka panjang menuju energi masa depan yang bersih dan berkelanjutan. Menurut skenario ini, gasifikasi biomassa akan menjadi teknologi yang dominan di masa depan (Gambar 4).



Gambar. 3. Hasil teoritis h₂ sebagai fungsi kandungan oksigen menurut porsi.



Gambar. 4. Campuran pasokan hidrogen global untuk periode 2000 - 2100 dalam skenario b1 - h₂. *steam reforming* gas alam dan gasifikasi biomassa adalah teknologi yang dominan.

5. PERAN HIDROGEN DALAM PASOKAN ENERGI GLOBAL DIMASA DEPAN

Permintaan energi telah tumbuh pesat dan akan terus meningkat, terutama di negara-negara berkembang dimana energi dibutuhkan untuk pertumbuhan ekonomi dan pengentasan kemiskinan. Pada awal abad baru ini, penggunaan rasional energi menjadi kata kunci bagi pembangunan berkelanjutan di dunia baik di negara maju maupun negara berkembang. Proyeksi permintaan energi primer dunia pada tahun 2050 diperkirakan berada dikisaran 600 - 1000 EJ (dibandingkan dengan permintaan pada tahun 2008 sekitar 500 EJ).

Pada saat ini sumber energi primer didominasi oleh bahan bakar fosil, dengan hampir 80% permintaan energi global dipasok dari minyak mentah, gas alam, dan batu bara. Cadangan bahan bakar berbasis minyak bumi terbatas dan terkonsentrasi di daerah tertentu dari belahan dunia. Sumber-sumber ini telah mencapai ambang puncak produksi mereka. Cadangan minyak yang diketahui diperkirakan akan habis dalam waktu kurang dari 50 tahun pada tingkat konsumsi sekarang. Sebagai pasokan, bahan bakar fosil makin berkurang dan kekuatiran tentang kontribusi lanjutan mengintensifkan tambahan karbon dioksida ke atmosfer, sehingga perlu ditingkatkan penggunaan sumber - sumber energi baru yang berasal dari sumber terbarukan dan netral - karbon dengan sedikit dampak negatif terhadap lingkungan. Energi terbarukan diharapkan dapat memainkan peran utama dalam penyediaan energi global di masa depan. Hidrogen dan *fuel cell* adalah merupakan teknologi kunci yang sering dianggap sebagai pemasok energi berkelanjutan di masa depan. Kontribusi energi terbarukan 36% (pada 2025) dan 69% (pada 2050) dari kebutuhan energi total akan menggiring kontribusi hidrogen menjadi 11% pada tahun 2025 dan 34% pada tahun 2050. Kontribusi sumber energi primer dalam memenuhi

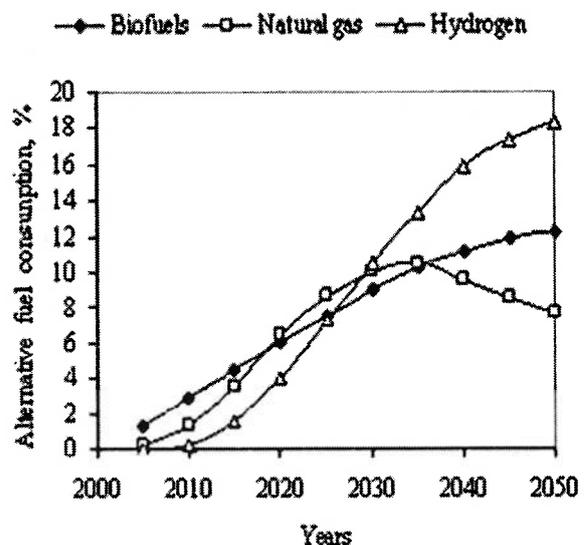
kebutuhan energi final menurut jenisnya diberikan dalam tabel 6.

Tabel 7. Kontribusi sumber energi primer menurut jenisnya.

Dalam Memenuhi Kebutuhan Energi Final (%).Sumber Energi	1998	2025	2050
Bahan Bakar Fosil	88	62	29
Energi Nuklir	10	2	2
Hidrogen Dari Energi Surya	-	7	31
Listrik Dari Energi Surya	-	11	16
Panas Dari Energi Surya	-	18	22
Energi Dari Energi Surya	2	25	35
Hidrogen	-	11	34

Tabel 8. Angka persentase kontribusi bahan bakar alternatif dalam total konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor di uni eropa di bawah skenario pembangunan optimis komisi eropa.

Year	Biofuel	Natural gas	Hydrogen	Total
2010	6	2	-	8
2015	7	5	2	14
2020	8	10	5	23



Gambar. 5. Kontribusi bahan bakar alternatif dibandingkan dengan total konsumsi bahan bakar otomotif di dunia.

Karbon dioksida adalah gas rumah kaca utama yang terkait dengan pemanasan global, dihasilkan dari semua proses pembakaran

yang melibatkan bahan bakar fosil serta dalam proses industri lainnya - seperti produksi semen dan *sweetening* gas alam. Seper-lima dari emisi karbon dioksida global yang diciptakan oleh sektor transportasi, menyumbang sekitar 60% dari konsumsi minyak dunia. Untuk alasan itulah, maka bahan bakar alternatif untuk transportasi, seperti etanol, *biodiesel*, dan hidrogen, akan memainkan peran penting di masa depan dunia. Karena meningkatnya mobilitas manusia dan barang, sektor transportasi akan meningkat lebih dari 30% konsumsi energi final di Uni Eropa (UE) dan akan terus meningkat. Laporan resmi Komisi Eropa menyatakan bahwa ketergantungan pada minyak di sektor transportasi akan dikurangi dengan menggunakan bahan bakar alternatif seperti *biofuel*. Peningkatan penggunaan *biofuel* untuk transportasi muncul sebagai strategi kebijakan penting untuk mengganti bahan bakar berbasis minyak bumi. Mengenai substitusi bahan bakar, Komisi merancang terutama untuk *biofuel*, gas alam (CNG), dan hidrogen / *fuel* sel dan menggambarkan skenario berikut, dan optimisme pengembangan skenario' ini tercantum pada tabel 7.

Seperti dibuktikan dengan beberapa program yang didanai dari berbagai instansi pemerintah nasional di seluruh dunia, hidrogen sedang dipromosikan sebagai bahan bakar untuk masa depan. Gambar. 5 menunjukkan kontribusi bahan bakar alternatif dibandingkan dengan total konsumsi bahan bakar otomotif di dunia sebagai gambaran masa depan (futuristik).

6. KESIMPULAN

Saat ini, hidrogen terutama yang dihasilkan dari gas alam melalui *steam reforming* metana, dan meskipun proses ini dapat mempertahankan perampasan awal ke ekonomi hidrogen, tetapi hanya merupakan pengurangan sederhana pada emisi kendaraan dibandingkan dengan emisi kendaraan *hybrid* saat ini, dan akhirnya hanya merupakan pertukaran impor minyak

ke impor gas alam. Hal ini jelas tidak berkelanjutan. Hidrogen yang dihasilkan melalui berbagai sumber energi primer terbarukan seperti angin, biomassa, dan energi surya sangat ideal untuk secara bertahap menggantikan bahan bakar fosil. Penggunaan biomassa terbarukan sebagai bahan baku utama untuk produksi hidrogen telah mendapatkan banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir.

Hidrogen dapat dihasilkan dari biomassa, tetapi teknologi ini sangat membutuhkan pengembangan lebih lanjut. Produksi hidrogen dari biomassa sudah kompetitif secara ekonomi. Produksi hidrogen dari biomassa saat ini memiliki tantangan besar. Tidak ada demonstrasi teknologi yang selesai. Hal ini diyakini bahwa dalam hal biomassa masa depan dapat menjadi sumber hidrogen yang penting dan berkelanjutan. Karena manfaat lingkungan, permintaan akan hidrogen dari biomassa oleh pasar sebagai bahan bakar otomotif akan tumbuh cepat dalam dekade berikutnya.

Gasifikasi biomassa telah diidentifikasi sebagai sistem yang memungkinkan untuk memproduksi hidrogen terbarukan, yang bermanfaat untuk mengeksplorasi sumber daya biomassa, mengembangkan cara yang bersih yang sangat efisien untuk produksi hidrogen skala besar, dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang tidak aman. *Steam reforming* gas alam dan gasifikasi biomassa akan menjadi teknologi dominan pada akhir abad ke-21.

DAFTAR PUSTAKA

- Barreto L, Makihira A, Riahi K. (2003); *The Hydrogen Economy In The 21st Century: A Sustainable Development Scenario. Int J Hydrogen Energy*;28:267-84.
- Balat H. (2010); *Prospects Of Biofuels For A Sustainable Energy Future: A Critical Assessment. Energy Educ Sci Technol Part A*;24:85-111.

- Balat M, Balat M, Kirtay E, Balat H. (2009); *Main Routes For The Thermo-Conversion Of Biomass Into Fuels And Chemicals. Part 2: Gasification Systems. Energy Convers Manage*; 50:3158-68.
- Barreto L, Makihira A, Riahi K. (2002); *Medium And Long-Term Demand And Supply Prospects For Fuel Cells: The Hydrogen Economy And Perspectives For The 21st Century. Final Report On The TEPCO-IIASA Collaborative Study, IIASA Contract No 00-101. Laxenburg, Austria: International Institute For Applied Systems Analysis.*
- Balat M, Balat H. (2009); *Recent Trends In Global Production And Utilization Of Bio Ethanol Fuel. Appl Energy*;86:2273-82.
- Charles MB, Ryan R, Oloruntoba R, von der Heidt T, Ryan N. (2009); *The Eueafrica Energy Partnership: Towards A Mutually Beneficial Renewable Transport Energy Alliance. Energy Policy*;37:55 46-56.
- Demirbas A. (2008); *The Importance Of Bioethanol And Biodiesel From Biomass. Energy Sources Part B*;3:1 77-85.
- Das D, Khanna N, Veziroglu TN. (2008); *Recent Developments In Biological Hydrogen Production Processes. Chem Ind Chem Eng Q*;14:57-67.
- Demirbas A. (2009); *Biohydrogen For Future Engine Fuel Demands. London: Springer.*
- Demirbas A. (2008); *Products From Lignocellulosic Materials Via Degradation Processes. Energy Sources Part A*;30: 27-37.
- Demirbas A. (2009); *Pyrolysis Of Biomass For Fuels And Chemicals. Energy Sources Part A*;31:10 28-37.
- Demirbas A. (2008); *Biofuels From Agricultural Biomass. Energy Sources Part A* ;31:1573-82.
- Demirbas A. (2008); *Biohydrogen Generation From Organic Wastes. Energy Sources Part A*;30:475-85.
- Demirbas A. (2001); *Yields Of Hydrogen Of Gaseous Products Via Pyrolysis From Selected Biomass Samples. Fuel*;80: 1885-91.
- Das D, Veziroglu TN. (2001); *Hydrogen Production By Biological Processes: A Survey Of Literature. Int J Hydrogen Energy*; 26:13-28.
- Demirbas A. (2008); *Hydrogen Production From Carbonaceous Solid Wastes By Steam Reforming. Energy Sources Part A*;30: 924-31.
- Dupont C, Boissonnet G, Seiler JM, Gauthier P, Schweich D. (2007); *Study About The Kinetic Processes Of Biomass Steam Gasification. Fuel*;86:32-40.
- Demirbas MF. (2006); *Hydrogen From Various Biomass Species Via Pyrolysis And Steam Gasification Processes. Energy Sources Part A*;28:245-52.
- Demirbas A. (2009); *Global Renewable Energy Projections. Energy Sources Part B*;4:212-24.
- Evans RL. (2007); *Fueling Our Future: An Introduction To Sustainable Energy. Cambridge: Cambridge University Press.*
- European Commission (2001), *European Transport Policy For 2010: To*

- Decide, *White Paper*, COM 370, Brussels, September.
- Feldman D, Banu D, Natansohn A, (1991); Wang J. *Structureproperties Relations Of Thermally Cured Epoxy-Lignin Polyblends*. J App Polym Sci;42:1537-50.
- Gemici Z, Ulusarslan T, Teke I. (2009); *Currency Of District Cooling Systems And Alternative Energy Sources*. Energy Educ Sci Technology Part A;23:31-53.
- Gielen D, Simbolotti G. (2005); *Prospects For Hydrogen And Fuel Cells*. In: *IEA Energy Technology Analysis Series*, vol. 2. Paris: OECD/IE.
- Hamelinck CN, Faaij APC. (2002); *Future Prospects For Production Of Methanol And Hydrogen From Biomass*. J Power Sources;111:1-22.
- International Energy Agency. (2009); *Bioenergy E A Sustainable And Reliable Energy Source: A Review Of Status And Prospects*. Paris: IEA Bioenergy, OECD/IEA.
- Jekayinfa SO, Scholz V. (2009); *Potential Availability Of Energetically Usable Crop Residues In Nigeria*. Energy Sources Part A; 31:687-97.
- Jansen JC. (2003); *Policy Support For Renewable Energy In The European Union*. Energy Research Centre Of The Netherlands. Available from: www.ecn.nl/docs/library/report/2003/C03113.pdf; 2003 [diakses pada 13 April 2013].
- Kapdan IK, Kargi F. (2006); *Bio-Hydrogen Production From Waste Materials*. Enzym Micro Tech;38:5 69-82.
- Kraus T. (2007); *Hydrogen Fuel-An Economically Viable Future For The Transportation Industry*. Duke J Econ;19:1-39. Spring.
- Konieczny A, Mondal K, Wiltowski T, Dydo P. (2008); *Catalyst Development For Thermocatalytic Decomposition Of Methane To Hydrogen*. Int J Hydrogen Energ;33:2 64-72.
- Kotay SM, Das D. (2008); *Biohydrogen As A Renewable Energy Resourcedprospects And Potentials*. Int J Hydrogen Energ;33:258-63.
- Loppacher LJ, Kerr WA. (2005); *Can Biofuels Become A Global Industry?: government policies and trade constraints*. Energy Politics;5: 7-27.
- Ladanai S, Vinterback J. (2009); *Global Potential Of Sustainable Biomass For Energy*, report 013. Uppsala: Department of Energy and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Lovley DR. (2006); *Microbial Fuel Cells: Novel Microbial Physiologies And Engineering Approaches*. Curr Opin Biotechnol;17: 327-32.
- Mohan SV, Bhaskar YV, Sarma PN. (2007); *Biohydrogen Production From Chemical Wastewater Treatment In Biofilm Configured Reactor Operated In Periodic Discontinuous Batch Mode By Selectively Enriched Anaerobic Mixed Consortia*. Water Res;41:26 52-64.
- Mohan D, Pittman CU, Steele PH. (2006); *Pyrolysis Of Wood / Biomass For Bio-Oil: A Critical Review*. Energy Fuels;20: 848-89.
- Muradov NZ, Veziroglu TN. (2005); *From Hydrocarbon To Hydrogenecarbon*

- To Hydrogen Economy. Int J Hydrogen Energ;30:225-37.
- Muradov N. (2002); *Hydrogen From Fossil Fuels Without CO2 Emissions*. In: *Padro CEG, Lau F, Editors. Advances In Hydrogen Energy*. US: Springer; p. 1-16.
- Milne TA, Elam CC, Evans RJ. (2002); *Hydrogen From Biomass- State Of The Art And Research Challenges*, Report for IEA, IEA/H2/ TR-02/001. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
- O-Thong S, Prasertsan P, Karakashev D, Angelidaki I. (2008); *Thermophilic Fermentative Hydrogen Production By The Newly Isolated Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum PSU-2*. Int J Hydrogen Energ;33:1204-14.
- Patel A.G., Maheshwari N.K., Vijayan P.K., Sinha R.K.. (2005); *A Study On Sulfur-Iodine (S-I) Thermochemical Water Splitting Process For Hydrogen Production From Nuclear Heat*, In: *Processing Of Sixteenth Annual Conference Of Indian Nuclear Society, Science Behind Nuclear Technology*, Mumbai, India, November 15-18, 2005.
- Roan V, Betts D, Twining A, Dinh K, Wassink P, Simmons T. (2004); *Investigation Of The Feasibility Of Coal-Based Methanol For Application In Transportation Fuel Cell Systems*. Florida, USA: Georgetown University Advanced Vehicle Development Program; Final Report.
- Rohland B, Nitsch J, Wendt H. (1992); *Hydrogen And Fuel Cells The Clean Energy System*. J Power Sourc ;37:271-7.
- Sricharoenchaikul V, Marukatat C., Atong T.. (2007); *Fuel Production From Physic Nut (Jatropha Curcas L.) Waste By Fixed-Bed Pyrolysis Process*. In: *Processing Of 3rd Conference on Energy Network of Thailand*, ENETT2550-072, Bangkok, Thailand, May 23-25, 2007.
- Spath P.L., Mann M.K., Amos W.A., (2003); *Update Of Hydrogen From Biomass: Determination Of The Delivered Cost Of Hydrogen*, NREL Milestone Report, NREL/MP-510-33112, Golden, Colorado.
- Stassen HEM, Knoef HAM.(1993); *Small Scale Gasification Systems. The Netherlands: Biomass*. Technology Group, University of Twente.
- Sheehan J, Cambreco V, Duffield J, Garboski M, Shapouri H, (1998); *An Overview Of Biodiesel And Petroleum Diesel Life Cycles*, A report by US Department of Agriculture and Energy, Washington, DC.
- Tao Y, Chen Y, Wu Y, He Y, Zhou Z. (2007); *High Hydrogen Yield From a Two-Step Process Of Dark- And Photo-Fermentation Of Sucrose*. Int J Hydrogen Energ;32:200-6.
- Tseng P, Lee J, Friley P. (2005); *Hydrogen Economy: Opportunities And Challenges*. Energy;30:2703-20.
- Wang D, Czernik S, Montane D, Mann M, Chornet E. (1997); *Biomass To Hydrogen Via Fast Pyrolysis And Catalytic Steam Reforming Of The Pyrolysis Oil Or Its Fractions*. Ind Eng Chem Res;36:1507-18.
- Williams R.B., Kornbluth K., Erickson P.A., Jenkins B.M., Gildart M.C.. (2007); *Estimates Of Hydrogen Production Potential And Costs From California*

Landfill Gas. Dalam proceedings of 15th European Biomass Conference and Exhibition, Berlin, Germany, 7 Mei, 2007.

Yaman S. (2004); *Pyrolysis Of Biomass To Produce Fuels And Chemical Feedstocks*. Energy Convers Manage; 45:651-71.

Yan Q, Guo L, Lu Y. (2006); *Thermodynamic Analysis Of Hydrogen Production From Biomass Gasification In Supercritical Water*. Energy Convers Manage; 47:1515-28.

Yoon SJ, Choi YC, Lee JG. (2010); *Hydrogen Production From Biomass Tar By Catalytic Steam Reforming*. Energy Convers Manage; 51:42-7.

Zheng H., O'Sullivan C., Mereddy R., Zeng R.J., Duke M., Clarke W.. (2009); *Production Of Bio-Hydrogen Using A Membrane Anaerobic Reactor: Limitations Due To Diffusion*. Dalam Proceedings of the Environmental Research Event 2009, Noosa Heads, Queensland, Australia, 10 -13 Mei 2009.

PEDOMAN PENULISAN

Lingkup Jurnal. Tulisan yang dapat dimuat adalah yang mengkaji masalah yang berhubungan dengan bidang Teknik Kimia, Teknologi Tekstil, Teknik dan Manajemen Industri, Teknik Informatika, Teknik Elektro serta Teknik Mesin.

Jenis Makalah. Tulisan yang ditampilkan dapat berupa laporan penelitian ataupun makalah ilmiah bukan penelitian seperti laporan studi kasus atau kajian pustaka komprehensif. Laporan penelitian minimal memuat bagian abstrak, pendahuluan (latar belakang, tujuan, hipotesis, konsep-konsep kunci), metodologi penelitian, hasil penelitian dan pembahasan, kesimpulan, serta daftar pustaka. Makalah ilmiah bukan penelitian minimal memuat bagian abstrak, pendahuluan, pembahasan, kesimpulan, dan daftar pustaka.

Panjang tulisan. Panjang tulisan berkisar antara 8-12 halaman berukuran A4 spasi tunggal termasuk tabel dan gambar serta lampiran. Tulisan dapat dikirimkan melalui e-mail ke teknoin@fti.uji.ac.id.

Abstrak. Panjang abstrak maksimum 200 kata dengan disertai dengan 3-5 kata kunci pada bagian akhir abstrak. Untuk tulisan dalam Bahasa Indonesia abstrak dibuat dalam Bahasa Inggris, dan sebaliknya. Abstrak tidak bersifat matematis dan memuat masalah penelitian, metodologi, hasil, dan kesimpulan.

Tabel dan Gambar. Tabel dan gambar harus diberi nomor dan judul, serta harus diacu dalam tulisan.

Persamaan. Persamaan matematika diberi nomor urut dalam kurun, (x), dengan dituliskan rata kanan.

Kutipan. Cara penulisan sumber kutipan adalah dengan format (nama, tahun) pada akhir

kutipan. Sumber kutipan yang ditulis oleh 2 orang menggunakan format (nama1 dan nama2, tahun), sedangkan yang ditulis oleh 3 orang dan lebih menggunakan format (nama1 dkk., tahun) atau (nama1 et. al., tahun).

Daftar Pustaka. Daftar pustaka diurutkan berdasarkan nama pengarang dan hanya memuat pustaka yang dikutip dalam tulisan. Nama pengarang dituliskan tanpa gelar, serta nama depan dan tengah, jika ada, disingkat. Beberapa contoh penulisan daftar pustaka.

Buku

Elsayed, E.A., dan Boucher, T.O. (1994) *Analysis and Control of Production System*. Prentice Hall. New Jersey.

Buku yang ditulis oleh lembaga

Modern Language Association (1984) *MLA Handbook of Writers of Research Papers, Theses and Dissertations*. Modern Language Association. New York.

Buku suntingan

Mammone, R.J., ed. (1993) *Artificial Neural Network for Speech and Vision*. Chapman and Hall. London.

Bagian dari buku suntingan dengan penulis berbeda

Girosi F. dan Ilotti, G.A. (1993) Rates of Convergence for Radial Basis Functions and Neural Network, dalam Mammone, R.J., ed., *Artificial Neural Network for Speech and Vision*. Chapman and Hall. London. 97-114.

Artikel Jurnal

Chen, S., Cowan, C.F.N., dan Grant, P.M. (1991) Orthogonal Least Squares Learning Algorithm for Radial Basis Function Network. *IEEE Transaction on Neural Network*. Vol.2. No.3. Pp:302-309.

ISSN 0853-8697



9 770853 869710