

PENGEMBANGAN SIMULATOR HIDROPULPER DENGAN BAHASA PEMROGRAMAN BEBAS LISENSI

Susilo Yuwono*, Baedawi, Yayah Makiyah Noviana

* Balai Besar Pulp dan Kertas, Jl. Raya Dayeuhkolot No. 132 Bandung
Telp. (022) 5202980 ; Fax. (022) 5202871 ; E-mail: bbpk@bbpk.go.id

Naskah diterima tanggal : 4 Oktober 2009

DEVELOPMENT OF HYDROPULPER SIMULATOR USING OPEN SOURCE PROGRAMMING LANGUAGE

ABSTRACT

Process optimization can be conducted fast and accurately using simulation. The goal of this activity is to develop a simulator prototype of a papermill hydropulper. With this simulator, it is expected that optimization, evaluation, and design of a hydropulper can be conducted fast and easily. The modelled hydropulper is a high consistency hydropulper, with its consistency exceed 12%. The simulated variable are: actual energy, rotor rotation speed, impeller diameter, stock consistency, energy efficiency, and hydropulper dimension. Raw materials in the simulator database are waste paper, sulphite pulp, and sulphate pulp. Simulator development is done by making mathematical model of processes that occur in hydropulper, where the mathematical model are then transformed into a simulator with object oriented programming method using java, an open source object oriented programming language. The generated hydropulper simulator is modular, which makes the simulator easy to be developed and adapted to various situations and conditions in the field. Using Java as an open source programming language is expected to give low cost alternative for simulation method. The simulator gives close results with the field data and quite friendly user.

Keywords : *simulation, simulator, hydropulper, optimization*

INTISARI

Optimisasi proses di industri dapat dilakukan dengan cepat dan akurat dengan menggunakan simulasi. Kegiatan ini bertujuan untuk mendapatkan prototipe simulator proses hidropulper pabrik kertas agar optimisasi, evaluasi, dan desain dari hidropulper dapat dilakukan dengan cepat dan mudah. Hidropulper yang dimodelkan dalam simulator adalah hidropulper konsistensi tinggi dengan konsistensi lebih dari 12%. Variabel yang disimulasikan yaitu: energi aktual, kecepatan putaran rotor, diameter pengaduk, konsistensi stok pada saat penguraian, efisiensi energi, dan dimensi dari hidropulper. Jenis bahan baku yang ada pada basis data simulator meliputi kertas bekas, pulp sulfit dan pulp sulfat. Pengembangan simulator dilakukan dengan membuat model matematika dari proses yang terjadi di hidropulper, dimana model matematika tersebut kemudian ditransformasi menjadi simulator dengan metoda pemrograman berorientasi objek menggunakan java, sebuah bahasa pemrograman berorientasi objek yang bersifat bebas lisensi. Simulator hidropulper yang dihasilkan bersifat modular sehingga simulator tersebut mudah untuk dikembangkan dan disesuaikan dengan berbagai situasi dan kondisi lapangan. Penggunaan Java sebagai bahasa pemrograman bebas lisensi dalam penyusunan simulator ini diharapkan memberikan alternatif yang murah untuk metoda simulasi. Simulator memberikan hasil yang cukup dekat dengan data lapangan serta cukup *friendly user*

Kata Kunci: simulasi, simulator, hidropulper, optimisasi

PENDAHULUAN

Efektifitas dan efisiensi produksi merupakan hal yang senantiasa diharapkan oleh setiap perusahaan, karena hal tersebut merupakan kunci daya saing. Untuk meningkatkan daya saing tersebut, maka seluruh variabel-variabel proses dalam proses produksi harus berada dalam kondisi optimal. Untuk mencapai kondisi optimal, maka variabel – variabel proses harus diatur sedemikian rupa hingga kriteria optimal tersebut terpenuhi. Pengaturan variabel proses ini seringkali tidak mudah untuk dilakukan, mengingat banyaknya variabel proses yang terlibat. Pengaturan variabel proses, umumnya melibatkan banyak perhitungan teknis yang cukup kompleks, sehingga memerlukan waktu yang cukup lama. Selain itu, juga memiliki resiko pemborosan bahan baku, bahan pendukung, dan energi. Pemahaman dalam analisa yang komprehensif terhadap proses sangat diperlukan, agar pengaturan variabel proses dapat dilakukan dengan baik.

Seiring dengan perkembangan teknologi yang pesat di bidang komputer, hingga saat ini telah banyak dikembangkan simulasi proses dalam bentuk program komputer untuk memudahkan analisa proses produksi di berbagai industri. Perkembangan simulasi proses ini sangat pesat selama 20 tahun terakhir (McGrath, 2005). Simulasi proses merupakan program komputer digital yang dapat menghitung neraca massa dan energi (Syberg, 1992). Pada umumnya, simulasi proses dapat memodelkan proses yang dianalisa dengan akurasi yang cukup tinggi, sehingga dapat digunakan untuk memprediksi perubahan variabel-variabel proses yang berhubungan dengan kualitas dan kuantitas produk, tanpa harus mengubah variabel proses pada proses aktual yang sedang berjalan. Simulasi proses tersebut banyak digunakan untuk menganalisa proses di industri yang merupakan sistem yang kompleks, sehingga terlalu mahal jika harus dilakukan berbagai pengaturan pada kondisi proses aktual (Casavant, 2004). Selain di industri, simulasi proses ini dapat digunakan oleh konsultan, kontraktor, institusi penelitian dan pengembangan, serta institusi pendidikan. Sampai saat ini telah banyak simulasi proses yang dikembangkan secara komersial oleh berbagai vendor dengan harga yang cukup tinggi. Banyak kegunaan dari penerapan simulasi proses di industri antara lain untuk

analisa proses, desain proses dan peralatan, optimisasi berbagai variabel, *troubleshooting*, *debottlenecking*, serta perencanaan dan penjadwalan produksi (Wasik, 2002). Selain itu, juga dapat digunakan untuk program audit dan konservasi energi serta material di pabrik (Miotti, 2003). Dengan adanya simulasi proses, maka desain dan optimisasi dari suatu proses dan atau peralatan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan mudah.

Simulasi proses telah banyak dikembangkan di industri pulp dan kertas di berbagai negara (Alonso, 2004), namun masih jarang ditemukan penggunaannya di industri pulp dan kertas nasional. Hal tersebut disebabkan kurang dikenalnya simulasi proses di lingkungan industri pulp dan kertas nasional, dan tingginya harga dari paket – paket simulasi proses tersebut. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan pengembangan simulasi proses di lingkup industri pulp dan kertas nasional dengan tetap mengikuti *state of the art* teknologi pulp dan kertas. Pengembangan tersebut bertujuan untuk menjaga dan meningkatkan daya saing industri pulp dan kertas nasional di pasar global.

Simulasi proses dapat dikembangkan dengan mengacu pada data-data operasi dari lapangan, serta persamaan – persamaan empiris yang relevan dengan proses yang disimulasikan dari berbagai literatur. Simulasi proses yang baik harus mengacu kepada prinsip-prinsip fundamental kekekalan massa dan energi. Selain itu simulasi proses harus mengacu kepada hubungan-hubungan empiris dari proses yang disimulasikan, serta tidak bertentangan dengan logika ilmiah dan keteknikan (Syberg, 1992). Dalam hal ini terdapat model matematika yang perlu disusun, sebagai acuan dari program komputer yang akan dikembangkan. Model matematika yang telah disusun kemudian ditransformasi menjadi program komputer dengan menggunakan bahasa pemrograman yang sesuai. Terdapat berbagai pilihan bahasa pemrograman yang dapat digunakan dalam penyusunan simulasi ini. Asas umum pengembangan perangkat lunak menyatakan bahwa perangkat lunak dengan arsitektur modular lebih disukai karena lebih mudah untuk dimodifikasi dan dikembangkan (Pressman, 2001). Dengan mempertimbangkan hal tersebut, untuk pengembangan simulasi, bahasa pemrograman jenis orientasi objek lebih menguntungkan untuk digunakan. Hal ini disebabkan karakteristik dari bahasa

pemrograman ini yang dapat memodelkan proses yang ada dalam objek-objek atau modul-modul yang terpisah satu sama lain, yang hubungannya dapat diatur secara seri atau paralel (Bennet, 2004).

Penggunaan bahasa pemrograman berorientasi objek memiliki keuntungan dalam kegunaan, perawatan, pengembangan, serta efisiensi dari perangkat lunak yang dihasilkan (Hawley, 2002). Bahasa pemrograman merupakan produk yang dikembangkan oleh perusahaan atau komunitas tertentu, dan tersedia bahasa pemrograman yang berlisensi maupun yang tidak. Bahasa pemrograman yang tidak berlisensi cukup banyak beredar, dan umumnya lebih dikenal dengan nama bebas lisensi, yang banyak dikembangkan oleh komunitas tertentu di bidang teknologi informasi. Implikasi penggunaan bahasa pemrograman bebas lisensi adalah program yang dihasilkan akan minim biaya, serta mudah dikembangkan oleh berbagai pihak.

Bahasa pemrograman berorientasi objek bebas lisensi yang umum digunakan adalah bahasa pemrograman berbasis Java. Kualitas bahasa pemrograman dapat dilihat dari tiga aspek, yaitu kecepatan, keamanan, dan portabilitas. Bahasa pemrograman berbasis Java ini memiliki keunggulan dalam tiga aspek tersebut (Heriyanto, 2005).

Dalam program ini, dikembangkan simulasi sederhana dari hidropulper yang ada di pabrik kertas yang menggunakan bahan baku kertas bekas. Pengembangan simulasi dilakukan dengan bahasa pemrograman bebas lisensi berbasis Java, dengan harapan dapat diperoleh simulasi proses yang murah, dan mudah dikembangkan. Kegiatan simulasi ini diharapkan menjadi langkah awal yang baik untuk pengembangan simulasi proses lebih lanjut di industri pulp dan kertas nasional.

BAHAN DAN METODA

Bahan

Perangkat lunak yang digunakan untuk pemrograman yaitu JDK (*Java Development Kit*) versi 1.5

Metoda

Untuk dapat sukses dalam pengembangan suatu perangkat lunak diperlukan pendekatan perekayasa (Peters, 2000). Untuk itu, pengembangan simulator hidropulper dilakukan dengan metoda perekayasa untuk perangkat lunak, yang pelaksanaannya dibagi menjadi beberapa tahap kegiatan sbb :

1. Pengumpulan Data

Data diambil dari data operasi dan desain hidropulper salah satu pabrik kertas yang beroperasi secara *batch*. Hidropulper yang dikumpulkan datanya adalah hidropulper dengan konsistensi tinggi lebih dari 12%

2. Penyusunan Model Matematika

Model matematika diperoleh dengan menggunakan beberapa persamaan empiris dari beberapa literatur dan mengacu pada data-data operasi yang diperoleh dari pabrik yang disurvei. Beberapa persamaan utama yang terdapat dalam model diantaranya adalah :

- a. Energi teoritis yang diperlukan untuk memutar rotor hidropulper didefinisikan sbb:

$$N_e = \frac{x_k \times x_m \times D^5 \times n^3 \times \rho}{102 \times 10^{15} \times 60^3}$$

Dimana :

N_e = energi untuk memutar poros rotor (kW)

x_k = koef. konstruksi rotor = 1

x_m = koef. konsistensi (tak bersatuan)

ρ = densitas stock (kg/m³)

D = diameter pengaduk (mm)

n = kecepatan putaran rotor (rpm)

- b. Efisiensi energi didefinisikan sbb :

$$\eta = \frac{\text{Energi Teoritis } (N_e)}{\text{Energi Aktual}} \times 100\%$$

Dalam perhitungan energi teoritis diperlukan nilai koefisien x_m . Untuk mendapatkan nilai koefisien tersebut perlu dilakukan ekstrapolasi dari data yang ada pada literatur seperti pada Tabel 1. Dari ekstrapolasi tersebut, diperoleh persamaan x_m . Model persamaan x_m berbeda-beda tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Koefisien Konsistensi (x_m)

Konsistensi Stok \ Kualitas Stok	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6
Pulp sulfat	0.248	0.259	0.270	0.276	0.298	0.311	0.323	0.330
Pulp sulfit	0.236	0.249	0.268	0.275	0.290	0.310	0.316	0.320
Kertas Bekas	0.256	0.278	0.294	0.314	0.340	0.365	0.368	0.405

Sumber : Kikiewicz, 1972

Tabel 2. Persamaan x_m untuk Berbagai Bahan Baku

x_m	a	b	d
Kertas bekas $x_m = a + (b \times c)$	0,2548	0,0253	-
Pulp sulfat $x_m = \frac{1}{a \times b \times c^d}$	4,8205	-0,9739	0,3478
Pulp sulfit $x_m = a \times c^b$	0,2539	0,1311	-

Ket. x_m = koef. konsistensi (tak bersatuan);
c = konsistensi stok (%)

- a. Pengaruh suhu terhadap energi dimodelkan sebagai berikut:

$$\Delta E = \frac{a}{1 + b e^{-cT}}$$

Dimana :

a = 442,69163,

b = 611,73278,

c = 0,16121873,

e = 2,7183

ΔE = pengurangan energi pengadukan karena kenaikan temperatur,

T = temperatur hidropulper.

- a. Perhitungan volume hidropulper menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_a = \frac{p_d \times \tau}{14,4 \times c} \quad V_t = \frac{V_a}{0,7-0,9}$$

Dimana :

V_a = volume aktif hidropulper (m^3)

τ = waktu total / waktu *charging* + waktu defibrasi + waktu *dumping* (menit)

p_d = kapasitas *pulping*

c = konsistensi (%)

V_t = volume total hidropulper (m^3)

Menurut Kikiewicz (1972) waktu penguraian (τ) untuk tiap jenis bahan baku tidak sama. Waktu penguraian (τ) untuk bahan baku jenis pulp sulfit, pulp sulfat dan kertas bekas masing-masing dapat dilihat pada Tabel 3.

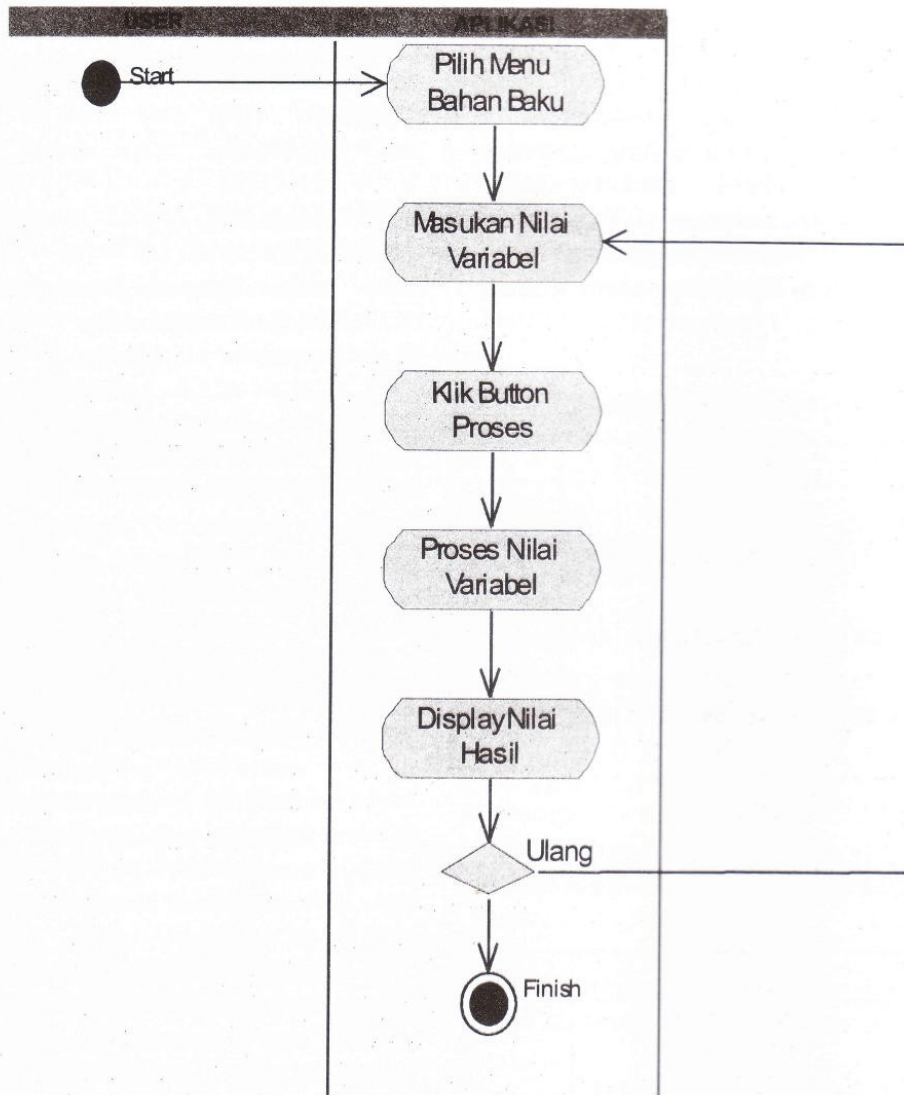
Tabel 3. Waktu Penguraian untuk Beberapa Jenis Bahan Baku

Jenis Bahan Baku	Waktu Defibrasi (menit)	Waktu <i>pulping</i> per <i>charge</i> (menit)
Pulp Sulfit	5-10	15-20
Pulp Sulfat	10-15	20-25
Kertas Bekas	25-30	33-40

Sumber : Kikiewicz (1972)

3. Algoritma Pemrograman

Gambaran rancangan aliran aktivitas dalam simulator hidropulper secara umum dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Algoritma Program Simulator Hidropulper

4. Penulisan Program

Model matematika yang telah disusun kemudian dituliskan dalam bahasa pemrograman Java dalam beberapa modul. Modul – modul tersebut kemudian dikompilasi, dan dibuat dalam bentuk yang dapat langsung dieksekusi.

5. Pengujian Program

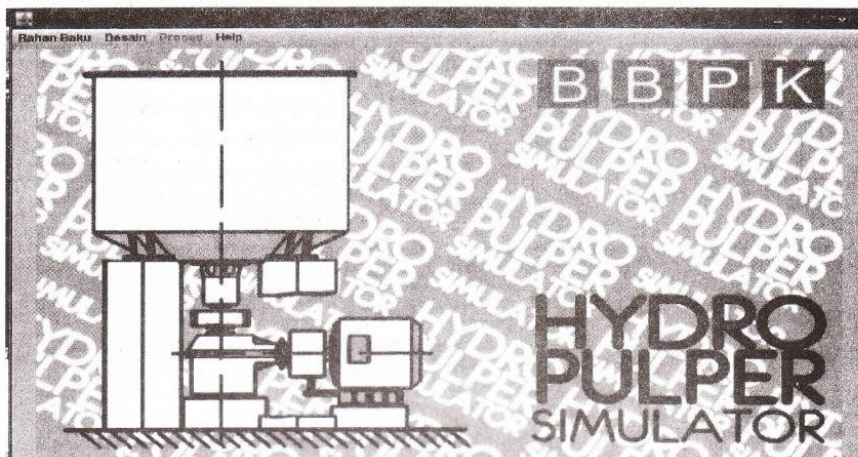
Program atau simulator yang dihasilkan kemudian diuji coba apakah dapat berjalan dengan baik, memberikan hasil sesuai dengan

algoritma pemrograman, tidak melanggar prinsip-prinsip dan logika keteknikan, serta apakah memberikan hasil yang cukup mendekati perhitungan manual berdasarkan data operasi lapangan.

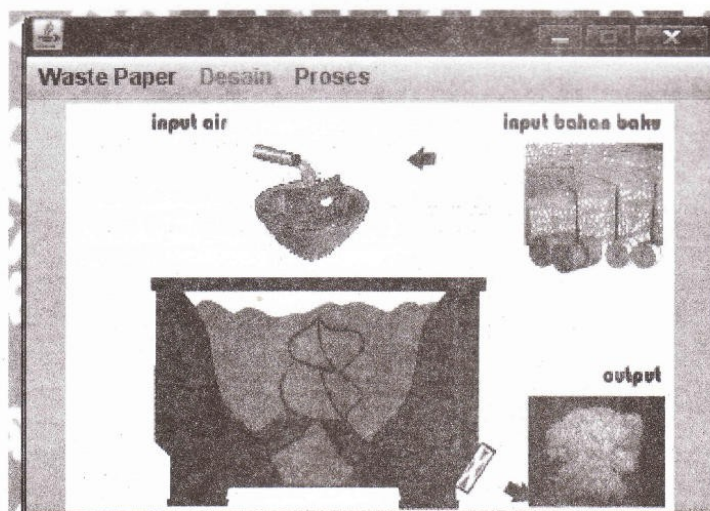
HASIL DAN PEMBAHASAN

Antarmuka Program

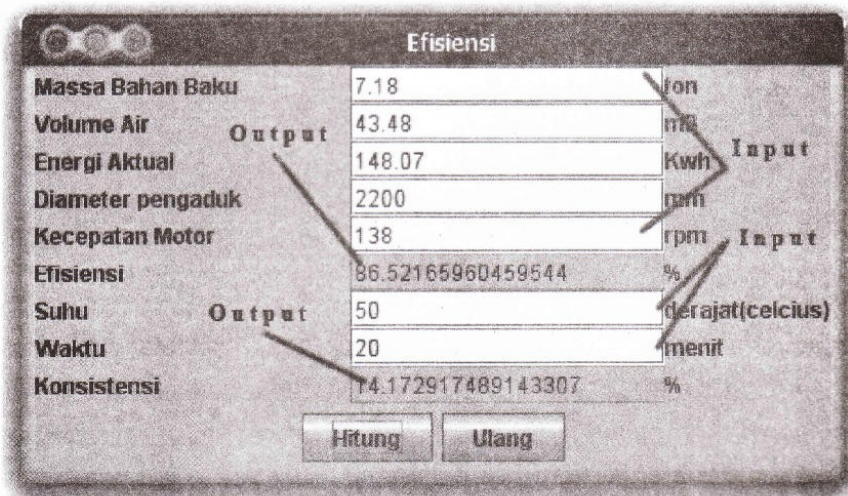
Tampilan prototipe simulator hidropulper yang dihasilkan diantaranya adalah sbb :



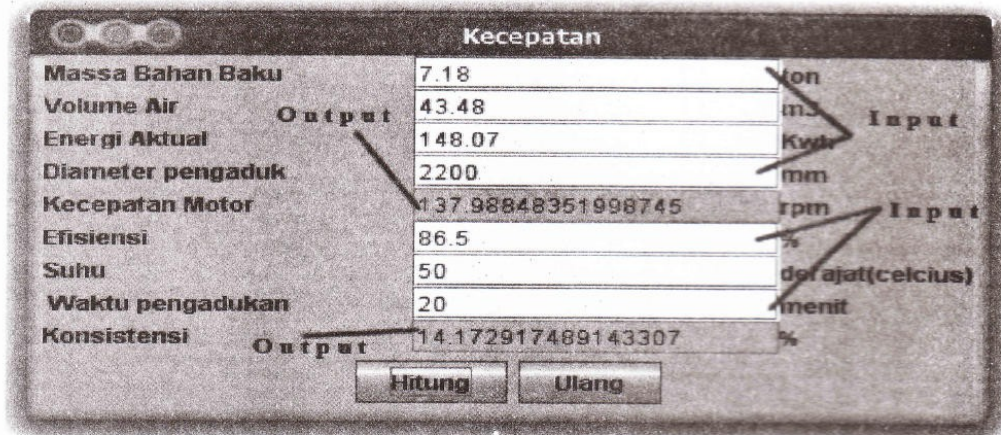
Gambar 2. Tampilan Awal Simulator



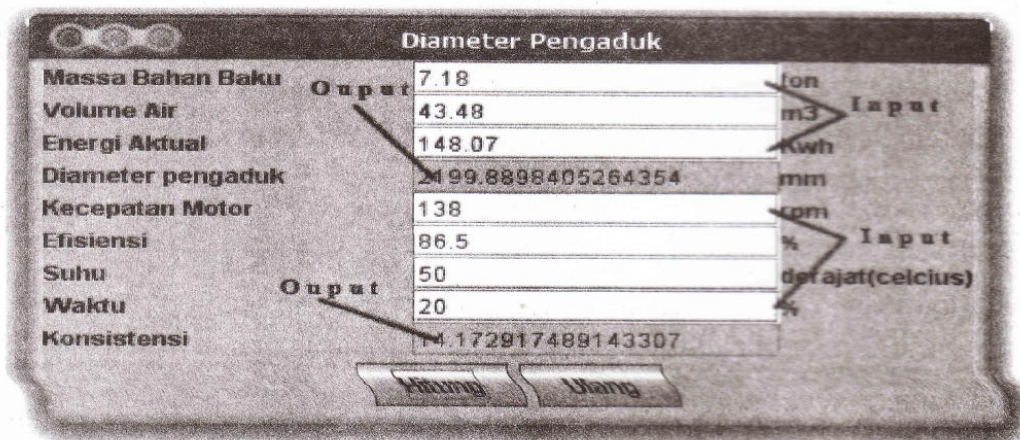
Gambar 3. Tampilan Menu Utama Simulator



Gambar 4. Tampilan Menu Perhitungan Efisiensi Energi



Gambar 5. Tampilan Menu Perhitungan Kecepatan Pengaduk



Gambar 6. Tampilan Menu Perhitungan Diameter Pengaduk

Simulator ini dilakukan pada komputer yang telah terinstal Java, dengan sistem operasi Microsoft WindowsTM. Simulator ini dapat langsung dioperasikan dengan mengeksekusi *icon shortcut*-nya, tanpa perlu membuka *Java Runtime Environment (JRE)* terlebih dahulu. Dengan kata lain, pengguna tidak perlu memahami pemrograman dengan Java untuk menggunakan simulator ini. Variabel yang disimulasikan yaitu : energi aktual yang dikonsumsi motor, kecepatan putaran rotor, diameter pengaduk yang digunakan, konsistensi stok pada saat penguraian, efisiensi energi dari hidropulper dan dimensi dari hidropulper yang meliputi diameter hidropulper, tinggi hidropulper dan volume hidropulper. Bahan baku yang ada pada basis data simulator meliputi kertas bekas, pulp sulfit dan pulp sulfat. Simulator ini menghitung variabel proses yang

ingin diprediksi berdasarkan input variabel-variabel proses lain yang diketahui atau diasumsikan. Jika input variabel telah lengkap terisikan dalam form isian yang tersedia, simulator ini dapat menghitung outputnya dalam waktu kurang dari satu detik.

Penanganan Kesalahan

Simulator hidropulper yang dihasilkan akan menghitung output yang dikehendaki berdasarkan input dan persamaan empiris yang diturunkan dari data literatur dan data pabrik. Input yang dimasukkan rentangnya kurang lebih pada kisaran operasi pabrik. Jika terjadi pemasukan input yang terlalu besar atau terlalu kecil maka simulator akan terus melakukan iterasi, dan jika iterasinya tidak dapat diselesaikan, maka simulator akan berhenti

bekerja. Hal yang sama berlaku untuk input yang jenisnya bukan numerik. Simulator dalam hal ini dirancang hanya untuk input numerik. Jika terjadi kesalahan pemasukan input dalam bentuk non numerik, maka simulator akan berhenti bekerja. Untuk menghindari kesalahan pemasukan input oleh pengguna, maka terdapat menu help pada simulator. Menu tersebut berisi panduan praktis mengenai penggunaan simulator tersebut.

Perbandingan Hasil Simulasi

Perbandingan hasil perhitungan untuk energi aktual dan efisiensi energi antara simulator dan perhitungan manual untuk bahan baku kertas bekas pada berbagai *batch* operasi dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Simulator dan Perhitungan Manual untuk Energi Aktual

Batch	Simulator (kWh)	Perhitungan manual dari data lapangan (kWh)
1	148,11	148,07
2	212,89	211,93
3	200,12	199,11

Tabel 5. Perbandingan Hasil Simulator dan Perhitungan Manual untuk Efisiensi Energi

Batch	Simulator (%)	Perhitungan manual dari data lapangan (%)
1	86,5	86,5
2	77,7	77,4
3	82,27	81,86

Nilai energi aktual dan efisiensi energi yang sebelumnya menjadi output, dapat dijadikan input bersama-sama variabel proses lainnya untuk menghitung kecepatan pengaduk serta diameternya. Dengan kata lain simulator ini meliputi interaksi antar variabel yang disimulasikan, sehingga perhitungan maju atau mundur dapat dilakukan dengan mudah.

Perbandingan hasil perhitungan untuk energi aktual dan efisiensi energi antara simulator dan perhitungan manual untuk bahan pulp jenis pulp sulfit dan pulp sulfat dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7. Data operasi untuk pulp jenis ini tidak didapatkan di pabrik yang disurvei, sehingga nilainya diprediksi berdasarkan literatur, pada kondisi operasi hidropulper yang sama. Asumsi yang digunakan dalam hal ini adalah, nilai energi aktual yang dibutuhkan untuk penguraian pulp pulp sulfit adalah setengah dari nilai energi untuk penguraian kertas bekas. Sementara nilai energi yang dibutuhkan untuk penguraian pulp pulp sulfat adalah satu perempat dari nilai energi yang dibutuhkan untuk penguraian kertas bekas.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Simulator dan Perhitungan Manual untuk Energi Aktual pada Bahan Baku Pulp Jenis Pulp Sulfit

Batch	Simulator (kWh)	Prediksi* (kWh)
1	50,92-76,38	74
2	57,92-86,88	105
3	54,56-81,85	99

*Kikiewicz, 1972

Tabel 7. Perbandingan Hasil Simulator dan Perhitungan Manual untuk Energi Aktual pada Bahan Baku Pulp Sulfat

Batch	Simulator (kWh)	Prediksi* (kWh)
1	21,69 - 43,39	37
2	24,40 - 48,81	52
3	23,05 - 46,09	49

*Kikiewicz, 1972

Kekurangan dan Penyempurnaan Lebih Lanjut

Simulasi ini baru merupakan langkah awal dalam pengembangan simulasi proses di industri pulp dan kertas nasional. Aspek yang dikaji dari hidropulper pun masih terbatas pada beberapa parameter proses. Simulator ini masih

memiliki beberapa kekurangan, diantaranya adalah :

- Simulator belum dapat memberikan pesan kesalahan terhadap input-input yang tidak wajar
- Pemodelan matematika fenomena pengadukan belum membahas secara mendalam mengenai penambahan bahan kimia, jenis dan konfigurasi *baffle*, jenis dan konfigurasi pisau pada rotor pengaduk, serta konfigurasi *tube* hidropulper
- Data lapangan yang menjadi acuan relatif masih terbatas

Agar simulator ini dapat bermanfaat secara luas, maka pengembangan simulator ini perlu dilanjutkan, dengan arah sebagai berikut :

- Pengembangan kemampuan simulator untuk dapat memberikan pesan kesalahan terhadap input-input yang tidak wajar, sehingga dapat terinformasikan pada pengguna mengenai kesalahan pemasukan input, serta input mana yang salah pemasukannya.
- Penambahan aspek yang dikaji dari hidropulper dalam simulator, seperti penambahan bahan kimia, jenis dan konfigurasi *baffle*, jenis dan konfigurasi pisau pada rotor pengaduk, konfigurasi *tube* hidropulper, dsb.
- Pengembangan simulator dengan mengacu kepada data operasi yang lebih banyak dan beragam, baik berupa beberapa hidropulper pada pabrik yang sama, maupun hidropulper pada pabrik yang berbeda.
- Pengembangan simulator dengan mengacu kepada bahan baku yang lebih beragam dan lebih lengkap data operasinya.
- Uji coba simulator untuk sistem operasi lain, seperti Linux, Mac OS, Ubuntu, Solaris, dsb
- Pengembangan simulator untuk unit proses lainnya yang penting pada pabrik kertas, seperti *refiner*, *paper machine*, *finishing part*, dsb

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari kegiatan perekayasaan perangkat lunak ini, telah diperoleh simulator hidropulper, yang dapat mensimulasikan proses yang terjadi pada hidropulper konsistensi tinggi

dengan bahan baku kertas bekas, melalui prediksi dan perhitungan secara otomatis dari variabel-variabel proses yang terlibat. Simulator hidropulper dapat dijalankan pada komputer yang telah terinstal Java pada sistem operasi Microsoft WindowsTM

- Variabel yang telah disimulasikan dalam simulator ini meliputi energi aktual motor, kecepatan putaran rotor, diameter pengaduk, konsistensi stok pada saat penguraian, efisiensi energi, dan dimensi dari hidropulper. Bahan baku yang ada pada basis data simulator meliputi kertas bekas, pulp sulfit dan pulp sulfat. Simulator dapat menghitung variabel proses secara perhitungan maju maupun mundur. Simulator memberikan hasil yang cukup mendekati hasil perhitungan manual berdasarkan data lapangan.
- Simulator hidropulper yang dihasilkan bersifat modular sehingga simulator tersebut mudah untuk dikembangkan dan disesuaikan dengan berbagai situasi dan kondisi lapangan. Hal ini karena sifat simulator yang modular memungkinkan modifikasi dengan merubah modul-modul yang ada pada simulator sesuai dengan keperluan, tanpa perlu merubah keseluruhan arsitektur pemrograman simulator. Selain itu, simulator hidropulper dikembangkan dengan bahasa pemrograman bebas lisensi sehingga pengguna yang hendak mengembangkan simulator ini tidak perlu mengeluarkan biaya untuk lisensi bahasa pemrograman.
- Penyempurnaan simulator perlu dilakukan terhadap antisipasi simulator untuk menampilkan kesalahan terhadap input yang tidak wajar, model matematika yang diperluas untuk berbagai aspek hidropulper yang lain, serta acuan data lapangan yang lebih banyak dari berbagai sumber.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Bapak Taufan Hidayat dan Ibu Lies Indriati dari BBPK yang telah bersedia memberi pengarahan dalam pelaksanaan kegiatan simulasi ini. Juga kepada Ibu Sri Haryati dan Bapak Rohmansyah dari Teknik Informatika UIN yang telah bersedia membantu sebagai *programmer*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, Alvaro, *et al*, 2004, *Modelling and Simulation in the Pulp and Paper Industry*, COST Action E36 Survey Report, Spain
- Bennet, Simmon, *et al*, 2002, *Object-Oriented Systems Analysis and Design using UML*, McGraw-Hill, London
- Casavant, Tracy E., Cote, Raymond P., 2004, Using Chemical Process Simulation to Design Industrial Ecosystems, *Journal of Cleaner Production* 12 (2004) 901-908, Elsevier
- Heriyanto, Bambang. 2005. *Esensi - Esensi Bahasa Pemrograman Java*, Informatika, Bandung
- Hawley, Patricia A., Urban, Thomas J. 2004, *An Object-Oriented Simulation Architecture*, AIAA Modelling and Simulation Technologies Conference and Exhibit, 16-19 Agustus 2004, Providence, Rhode Island
- Kikiewicz, Z. 1972. *Basic Calculation Of Paper Mill Equipments Part 1*, Tara Publication, Varansi, India.
- McGrath, P., Sundaram S., 2005, *Process Simulation Gets Real*, Aspentech
- Miotti, Roberto, 2003, *Benefits of Process Simulation in Conservation Projects*, 57th Appita Annual Conference, Melbourne, Victoria
- Peters, James F., Pedrycz, Witold, 2000, *Software Engineering and Engineer Approach*, John Wiley and Sons, Inc, New York
- Pressman, Roger S., *Software Engineering a Practitioner Approach 5th Edition*, 2001, McGraw-Hill, Singapore
- Syberg *et al*. *Introduction to Process Simulation 2nd edition*. 1992. Tappi Press, Atlanta, Georgia
- Wasik, Larry S. 2002. *Simulation, a Pulp and Paper Perspective*, SIMS-43rd Conference on Simulation and Modeling 26-27 September 2002, Oulu