

REKAYASA

LAPORAN PENELITIAN HIBAH BERSAING



MODEL DAN KENDALI GELOMBANG LIQUID SAAT PUTAR BALIK DENGAN MENGATUR POSISI TITIK PUTAR DAN KECEPATAN PUTAR TUNGKU PADA PROSES PENGECORAN

**DRS. DADAN RAMDAN, MENG., MSC.
IR. AMRU SIREGAR, MT
IR. ZULKIFLI BAHRI**

**Dibiayai Oleh :
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Departemen Pendidikan Nasional
Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Penelitian
Nomor : 088/SP2H/PP/DP2M/III/2007**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA
DESEMBER 2007**

elitian
07

LAPORAN PENELITIAN HIBAH BERSAING



**MODEL DAN KENDALI GELOMBANG LIQUID
SAAT PUTAR BALIK DENGAN MENGATUR
POSISI TITIK PUTAR DAN KECEPATAN PUTAR
TUNGKU PADA PROSES PENGECORAN**

**DRS. DADAN RAMDAN, MENG., MSC.
IR. AMRU SIREGAR, MT
IR. ZULKIFLI BAHRI**

**Dibiayai Oleh :
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Departemen Pendidikan Nasional
, Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Penelitian
Nomor : 088/SP2H/PP/DP2M/III/2007**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA
DESEMBER 2007**

1. Judul Penelitian : Model dan Kendali Gelombang Liquid Saat Putar Balik dengan Mengatur Posisi Titik Putar dan Kecepatan Putar Tungku pada Proses Pengecoran

2. Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap : Drs. Dadan Ramdan, MEng., MSc.
- b. Jenis Kelamin : L
- c. NIP : 131 847 930
- d. Jabatan Struktural : Koordinator Laboratorium
- e. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- f. Bidang Keahlian : Teknik Sistem Kontrol
- g. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro
- h. Perguruan Tinggi : Universitas Medan Area
- i. Tim Peneliti

No.	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Fakultas/Jurusan	Perguruan Tinggi
1.	Ir. Amru Siregar, MT.	Material Produksi	Teknik/T. Mesin	Universitas Medan Area
2.	Ir. Zulkifli Bahri.	Konversi Energi Listrik	Teknik/T. Elektro	Universitas Medan Area

3. Pendanaan dan jangka waktu penelitian

- a. Jangka Waktu Penelitian yang diusulkan : 3 tahun
- b. Biaya total yang diusulkan : 149.260.000,-
- c. Biaya yang disetujui tahun I : 25.000.000,-

Medan, 29 Desember 2007

Mengetahui,
Pembantu Dekan I

H. Haniza, MT.
NIP. 131 667 983

Ketua Peneliti,

Drs. Dadan Ramdan, MEng., MSc.
NIP. 131 847 930

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian

Roeswandy
NIP. 130 517 460

Ringkasan

Pada penelitian ini dirancang model matematik gelombang permukaan liquid pada tungku (ladle) dalam sistem pengecoran. Model matematik yang dirancang menggunakan model pendulum.

Model matematik yang dirancang menjadi acuan simulai komputer untuk menggambarkan perilaku liquid di dalam ladle ketika putar balik setelah proses penuangan pada cetakan.

Simulasi yang dilakukan menggunakan Program MATLAB dan FLOW-3D, kemudian hasil simulasi ini dibandingkan dengan hasil simulasi yang menggunakan metoda SOLA-MAC.

Simulasi yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin banyak volume liquid pada tungku mengakibatkan amplitudo gelombang permukaan akan semakin tinggi pada kecepatan putar balik yang sama. Amplitudo gelombang ini pun semakin besar jika kecepatan putar balik semakin tinggi.

Summary

This research designed of mathematics model of vibration liquid in ladle of pouring process system. The mathematics model which design using pendulum models.

The mathematics model which design as references of computer simulation for describe of liquid behavior in the ladle in turn backward after pouring to sprue cup process.

The simulation which designed was use MATLAB Program and FLOW-3D. The simulation result compared whit simulation result of simulation which used SOLA-MAC methods.

The result of simulation to show that if the volume of liquid in the ladle was increase contribute to amplitude of vibration will be increase in the same turn backward velocity. The amplitude of vibration will be increase if turn backward velocity increase too.

PRAKATA

Alhamdulillah puji syukur penulis sampaikan kepada Allah swt yang telah memberikan petunjuk, kesehatan dan kemampuan sehingga penelitian tahap pertama ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian ini merupakan upaya untuk memberikan kontribusi kepada pembangunan dalam rangka meningkatkan kualitas hasil cetakan pada proses pengecoran logam.

Penulis sangat berharap jika hasil penelitian ini dapat diterapkan pada masyarakat yang memerlukannya, karena sampai saat ini di Kota Medan masih banyak yang belum menerapkan teknologi ini.

Namun demikian penulis juga berharap adanya masukan dan saran-saran untuk kesempurnaan penelitian ini dari pembaca yang budiman dan saya ucapkan banyak terima kasih.

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kepada kelancaran penyelesaian penelitian ini terutama kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.

Medan, Desember 2007

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan	i
A. LAPORAN HASIL PENELITIAN	
Ringkasan dan Summary	ii
Prakata	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Tabel	v
Daftar Gambar	vi
Daftar Lampiran	vii
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
Bab II Tinjauan Pustaka	3
Bab III Tujuan dan Manfaat Penelitian	7
3.1 Tujuan	7
3.2 Manfaat Penelitian	8
Bab IV Metoda Penelitian	10
Bab V Hasil Penelitian dan Pembahasan	13
5.1 Hasil Penelitian	13
5.2 Pembahasan	18
Bab VI Kesimpulan dan Saran	21
Daftar Pustaka	22
Lampiran	23
B. DRAF ARTIKEL ILMIAH	
C. SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN	



Daftar Tabel

Tabel 5.1	Parameter percobaan pada Simulasi Komputer	19
Tabel 5.2	Parameter Percobaan dengan model SOLA-MAC	19

Daftar Gambar

Gambar 2.1	Sistem Kontrol Pengecoran Otomatis yang didukung oleh CAE	5
Gambar 4.1	Model gelombang permukaan tipe pendulum untuk tanki (lade) berputar ke belakang (backward-tilting)	11
Gambar 4.2	Ilustrasi model alat eksperimen sistem pengecoran Otomatis	12
Gambar 5.1	(a) Hubungan sudut putar dan waktu, (b) Hubungan gelombang permukaan liquid dengan waktu pada $h_s = 9,5$ cm	13
Gambar 5.2	(a) Hubungan sudut putar dan waktu, (b) Hubungan gelombang permukaan liquid dengan waktu pada $h_s = 16$ cm	13
Gambar 5.3	(a) Hubungan sudut putar dan waktu, (b) Hubungan gelombang permukaan liquid dengan waktu pada $h_s = 20$ cm	14
Gambar 5.4	(a) Hubungan sudut putar dan waktu, (b) Hubungan gelombang permukaan liquid dengan waktu pada $h_s = 20$ cm	14
Gambar 5.5	Bentuk gelombang pada saat 0 – 1 detik untuk $h_s = 9,5$ cm	15
Gambar 5.6	Bentuk gelombang pada saat 1,5 – 2,5 detik untuk $h_s = 9,5$ cm	15
Gambar 5.7	Bentuk gelombang pada saat 3 – 4 detik untuk $h_s = 9,5$ cm	15
Gambar 5.8	Bentuk gelombang pada saat 4,5 – 5,5 detik untuk $h_s = 9,5$ cm	15
Gambar 5.9	Bentuk gelombang pada saat 0 – 1 detik untuk $h_s = 16$ cm	16
Gambar 5.10	Bentuk gelombang pada saat 1,5 – 2,5 detik untuk $h_s = 16$ cm	16
Gambar 5.11	Bentuk gelombang pada saat 3 – 4 detik untuk $h_s = 16$ cm	16
Gambar 5.12	Bentuk gelombang pada saat 4,5 – 5,5 detik untuk $h_s = 16$ cm	16
Gambar 5.13	Bentuk gelombang pada saat 0 – 1 detik untuk $h_s = 20$ cm	17
Gambar 5.14	Bentuk gelombang pada saat 1,5 – 2,5 detik untuk $h_s = 20$ cm	17
Gambar 5.15	Bentuk gelombang pada saat 3 – 4 detik untuk $h_s = 20$ cm	17
Gambar 5.16	Bentuk gelombang pada saat 4,5 – 5,5 detik untuk $h_s = 20$ cm	17
Gambar 5.17	Perbandingan hasil simulasi antara model SOLA-MAC dan Pendulum	20

Daftar Lampiran

Lampiran 1. Personalia Tenaga Peneliti

23

Bab I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Dalam upaya melakukan pemberdayaan masyarakat dan seluruh kekuatan ekonomi nasional termasuk terhadap industri kecil dan menengah (IKM) pengecoran logam memerlukan keberpihakan dari pemerintah. Keberpihakan ini disamping untuk meredam kegagalan pasar (market failures) juga diperlukan dalam upaya mengurangi keterpurukan akibat krisis ekonomi yang berkepanjangan. Industri kecil dan menengah (IKM) pengecoran logam di Ceper adalah contoh kasus, yang dalam batas-batas tertentu memerlukan keberpihakan tersebut.

Berdasarkan 'Klaten Dalam Angka 1998' bahwa jumlah IKM pengecoran logam sebanyak 332, namun dengan adanya krisis ekonomi, diduga yang masih survive sekitar 30%. Meskipun ada penurunan yang cukup tajam, IKM pengecoran logam di Ceper ini masih berpeluang untuk meraih potensi pasar komponen pengecoran logam, hanya persoalannya antara lain adalah diperlukan adanya sentuhan teknologi yang inovatif sehingga kualitas produknya memiliki daya saing yang tinggi. Oleh karena itu intervensi pemerintah melalui berbagai kebijakan diperlukan untuk mendorong IKM pengecoran logam Ceper mau mengadopsi atau mendifusikan hasil inovasi teknologi (Ugay Sugarmansyah dkk., 2003).

Hal utama yang harus diperhatikan pada proses pengecoran dengan teknologi yang berinovasi tinggi atau otomatis adalah : 1) Mampu menuangkan logam cair kedalam cetakan pada titik yang tepat; 2) Mampu menuangkan logam cair sampai level ketinggian yang tepat tanpa ada logam cair yang tumpah atau tanpa terjadi percikan, karena bila hal ini terjadi maka akan ada pemborosan bahan dan berbahaya bagi operatornya; 3) Mampu menentukan volume logam cair yang masuk ke cetakan dengan tepat; 4) Mampu menggunakan waktu proses yang diperlukan selama proses pencetakan pertama dan proses pencetakan berikutnya sesingkat mungkin, sebab hal ini akan dipengaruhi oleh temperatur dari logam cair yang digunakan (Kazuhiko Terashima dkk., 2000)

Kemudian, oleh karena proses pengecoran logam sangat berbahaya bagi kesehatan dan keselamatan operatornya yang diakibatkan oleh asap, panas dan gas yang ditimbulkannya, maka merealisasikan sistem pengecoran yang memiliki teknologi yang berinovasi tinggi atau otomatis sangat diperlukan.

1.2 Perumusan Masalah

Dari pemaparan di atas, maka penelitian ini mengambil perumusan masalah sebagai berikut : **Apakah dengan mengendalikan kecepatan putar balik dan mengatur gerak posisi titik putar dapat mengurangi atau menghilangkan gelombang permukaan liquid (logam cair) sehingga kesalahan posisi penuangan pada cetakan dapat dihindari dan konsumsi energi dapat dikurangi?.**

Bab II

Tinjauan Pustaka

Kazuhiko TERASIMA, Dadan RAMDAN (2000), telah membuat model dan simulasi komputer untuk perilaku fluida pada tungku dan cetakan pada proses pengecoran untuk penuangan model putar (tilting-type). Paper ini telah menunjukkan perbandingan antara hasil simulasi dan eksperimen yang signifikan. Perilaku fluida dianalisa dengan menggunakan metoda SOLA-MAC. Pertama dilakukan analisa perilaku permukaan fluida pada saat tungku putar balik, kemudian dilakukan analisa fluida di dalam cetakan ketika penuangan dilakukan, lalu hasilnya dibandingkan dengan hasil pengamatan dari eksperimen.

K. Terashima dkk. (2001) telah menganalisa gelombang permukaan dan merancang sistem kontrol untuk menghilangkan gelombang permukaan pada mesin pengecoran logam otomatis model tilting-type. Paper ini membahas kendali dua derajat kebebasan yaitu mengendalikan besar sudut putar balik dan sekaligus mengatur kecepatan putar sehingga gelombang permukaan liquid dapat diredam. Pengendalian yang digunakan adalah kompensasi umpan balik dan input shaping. Kazuhiko TERASHIMA dkk. (1999, 1997) juga telah membahas Model dan sistem kendali vibrasi permukaan zat cair pada sistem pengecoran otomatis untuk model tilting-type. Pada penelitian ini suatu rancangan optimal dengan menghilangkan gelombang permukaan pada kendali kontainer bergerak yang berisi fluida cair dengan model simulasi komputer dinamika fluida telah dihasilkan.

Dengan model yang berbeda, Michael F. Burditt, Paul M. Bralower (1989) dan W. Lindsay (1983) dalam papernya membahas kualitas produk yang dihasilkan oleh sistem pengecoran yang dikendalikan secara otomatis.

K. Terashima dkk. (2005) telah membahas tentang model dan kontrol robust untuk mengatur ketinggian permukaan liquid pada suatu cetakan untuk bentuk baskom pada proses pengecoran logam. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk memperoleh metode agar menghasilkan ketinggian permukaan liquid pada cetakan yang tetap setiap dilakukan penuangan pada proses pengecoran logam model baskom. Pada penelitian ini digunakan model robot pengecoran otomatis tipe tilting. Suatu sistem kontrol dua derajat kebebasan

digunakan untuk mengendalikan ketinggian permukaan liquid. Pada paper ini juga menunjukkan suatu urutan model yang sesuai untuk setiap bagian pada proses pengecoran logam. Selanjutnya model input feedforward juga digunakan untuk merealisasikan pengendali ketinggian permukaan liquidnya (level control). Untuk mempertahankan performansi model digunakan kendali umpan balik robust dengan menggunakan teori kendali H tak hingga. Untuk menguji validitas sistem kontrol yang diusulkan telah ditunjukkan melalui hasil simulasi dan eksperimen.

Y.Noda dkk. (2003) telah melakukan penelitian tentang pendeteksian dan kendali lintasan untuk objek yang sistem geraknya tidak diketahui dengan tujuan untuk meredam gelombang permukaan pada proses pengecoran logam.

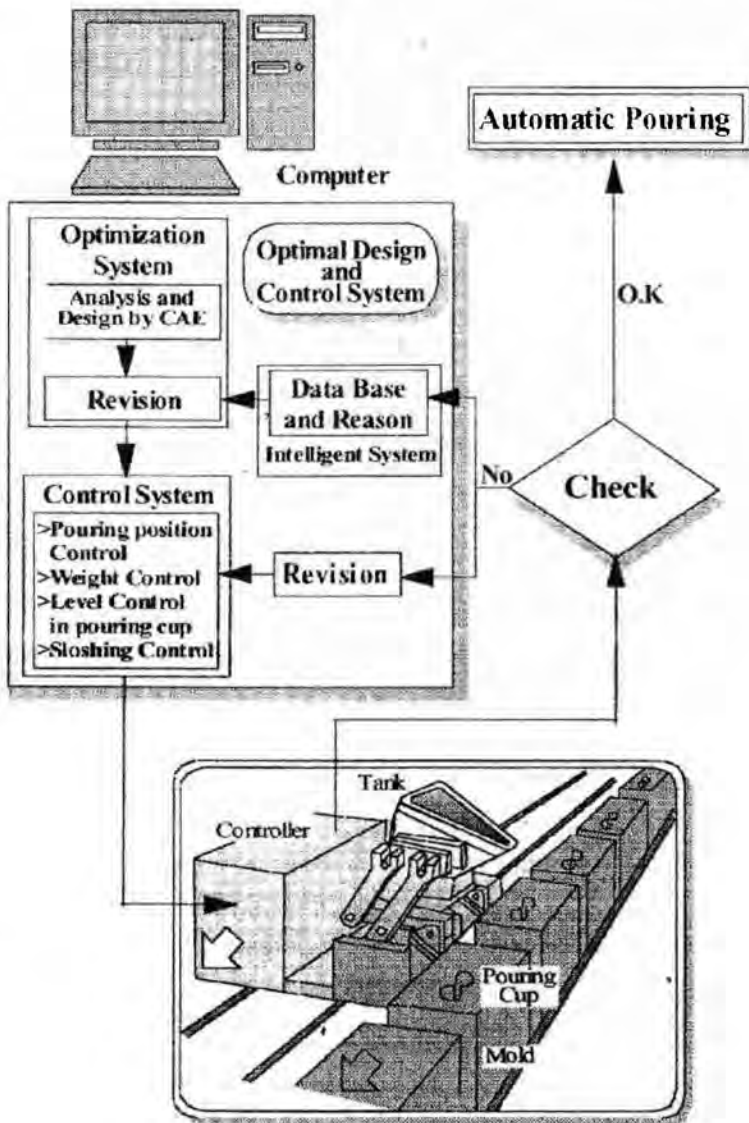
Penelitian ini mengambil fokus pada pendeteksian otomatis dan kendali lintasan untuk gerakan memperoleh target yang posisinya tidak diketahui, juga kendali untuk meredam gelombang permukaan pada suatu lintasan objek. Kendali lintasan untuk target objek tersebut dengan mengeksekusi gelombang permukaan melalui kendali peredaman telah direkomendasikan sebagai pengembangan awal untuk suatu tipe robot pengecoran otomatis yang dapat bekerja secara otomatis pada industri pengecoran.

Pada penelitian ini juga telah dilakukan pengamatan target objek, kemudian suatu sensor laser telah digunakan untuk mengukur posisi lintasan objek dan perbedaan antara target dan lintasan objek telah diestimasi. Berdasarkan informasi ini, referensi jalan lintasannya untuk mengendalikan lintasan diberikan berdasarkan peredaman gelombang permukaan. 2-DOF (degree of freedom) sistem dengan menggunakan suatu pengendali feedforward model inverse untuk lintasan objek telah ditunjukkan. Kendali gelombang permukaan pada lintasan objek ditunjukkan dengan merancang pengendali umpan balik melalui pendekatan bentuk hibrida. Keefektifan sistem kendali yang diusulkan ditunjukkan melalui percobaan pada sistem transfer container zat cair.

E. Tabatabaei (1998), pada papernya yang berjudul Pengecoran Otomatis untuk Logam Cair dengan Menggunakan Sistem Kendali Pengamatan Real Time telah melakukan penelitian yang memfokuskan pada

pengamatan logam cair dalam sprue cup dengan menggunakan kamera digital. Penelitian ini juga telah membandingkan hasil penggunaan Laser dan Sinar-X di dalam pengukuran tanpa menyentuh objek yang ditangkap dengan kamera, lensa dan elektronik pemeroses citra.

K. Terashima dkk. (2001) pada papernya menunjukkan Sistem Kontrol Pengecoran Otomatis yang didukung oleh CAE yang diilustrasikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem Kontrol Pengecoran Otomatis yang didukung oleh CAE

Dari Gambar 2.1 di atas dapat dilihat bahwa pengendalian dapat di fokuskan selain kepada meredam gelombang permukaan juga dapat ditekankan kepada pengendalian posisi titik jatuh pengecoran, pengendalian berat (massa) liquid dan pengendalian ketinggian level liquid pada sprue cup (cetakan) ketika pengecoran dilakukan.

Bab III

Tujuan dan Manfaat Penelitian

3.1 Tujuan

Untuk merealisasikan maksud di atas, maka diperlukan upaya agar perilaku logam cair (liquid) pada saat dilakukan proses penuangan dan pencetakan selama pengecoran dapat diketahui. Hal ini dapat dicapai dengan merancang model dan kendali gelombang liquid sistem pengecoran melalui komputer terutama analisa bentuk dan besar gelombang permukaan selama proses pengecoran, sebab untuk mengetahui perilaku permukaan liquid di dalam tungku dan cetakan pada proses pengecoran logam melalui analisa komputer dapat diamati dengan mudah (Kazuhiko Terashima dkk., 2001). Oleh karena itu biaya dan waktu percobaan di lapangan dapat dikurangi, juga operator dapat memahami lebih mudah untuk mengenal proses pengecoran.

Dengan proses numerik yang dilakukan komputer, analisa akan mudah dilakukan, begitu juga visualisasi perilaku permukaan liquid dapat ditunjukkan dengan interaktif.

Selain hal di atas, penelitian ini juga berusaha agar diperoleh suatu model matematik yang tepat dari perilaku liquid (zat cair) pada proses pengecoran logam. Hal ini sangat diperlukan untuk upaya proses pengendalian secara otomatis dengan tujuan agar gelombang permukaan liquid (zat cair) pada tungku (ladle) dapat dikurangi atau dihilangkan ketika proses putar balik berlangsung setelah penuangan.

Gelombang permukaan ini akan sangat berpengaruh terhadap proses dan hasil pengecoran karena akan menimbulkan ketidak-tepatan jatuhnya logam cair ke cetakan. Juga getaran yang timbul akan berpengaruh terhadap sistim perangkat pengecorannya.

Telah banyak peneliti yang melakukan upaya di atas namun pengendalian untuk meredam gelombang permukaan hanya melalui pengaturan gerak putar motor dengan titik putar yang tetap. Hal ini diperlukan motor yang memiliki torsi yang sangat besar, sehingga energi yang diperlukan juga cukup besar (Kazuhiko Terashima dkk., 1999, 1997).

Pada penelitian ini akan diupayakan proses pengendalian untuk meredam gelombang permukaan liquid (zat cair) melalui pengaturan posisi

titik putar yang berubah serta mengatur gerak putar motor pada tungku (ladle). Hal ini diharapkan akan diperoleh hasil peredaman gelombang permukaan yang lebih baik serta dapat mengurangi konsumsi energi.

3.2 Manfaat Penelitian

IKM pengecoran logam Ceper merupakan aset negara yang peranannya relatif cukup besar dalam menghasilkan produk besi cor Indonesia. Namun teknologi pengecoran logam di Ceper yang sebagian besar memakai teknologi tungkik menghasilkan kualitas produk coran yang relatif rendah dan kurang efisien, sehingga produk yang dihasilkan akan sulit bersaing dengan produk dari luar negeri terutama dalam menjelang pasar bebas. Padahal IKM pengecoran di Ceper ini masih berpeluang untuk meraih potensi pasar komponen pengecoran logam, hanya persoalannya antara lain adalah diperlukan adanya sentuhan teknologi yang inovatif sehingga kualitas produknya memiliki daya saing yang tinggi (Ugay Sugarmansyah dkk., 2003).

Oleh karena di Indonesia pada umumnya dan di Medan pada khususnya, industri yang menggunakan proses pengecoran belum banyak menggunakan sistem teknologi yang berinovasi tinggi misalnya yang otomatis, maka penelitian ini sangat diperlukan, terutama nanti apabila sudah diterapkan pada IKM akan menghasilkan kualitas produk yang lebih baik.

Untuk menghasilkan produk cetakan yang dapat bersaing dengan dunia luar, maka diperlukan suatu sistem pengecoran yang berkualitas. Berkualitas dalam hal ini adalah sistem yang bekerja dapat dilakukan secara otomatis sehingga dapat melakukan proses pengecoran dengan presisi dan akurasi yang tinggi sehingga tidak muncul gangguan baik dari luar maupun dari sistem itu sendiri.

Kemudian, apabila hasil produksinya sudah dapat diterima di pasar global, maka tentu harga jual akan semakin bersaing sehingga keuntungan yang diperoleh IKM atau perusahaan semakin besar. Dengan demikian diharapkan industri pengecoran di Indonesia akan dapat diterima di pasar global untuk meningkatkan daya saing bangsa di masa depan.

Selain hal di atas dari sisi teknologi inovasi, paling tidak ada beberapa elemen penting yang perlu dipertimbangkan di dalam mendifusikan teknologi tersebut yaitu (1) inovasi teknologi yang didifusikan harus memberikan

manfaat bagi adopters baik secara teknis maupun ekonomis (relative advantage), kemudian juga dilihat dari aspek compatibility, complexity, trialability, dan observability; (2) bagaimana inovasi tersebut dikomunikasikan; (3) difusi inovasi teknologi memerlukan waktu yang relatif beragam dan ;(4) harus mempertimbangkan sistem sosial yang ada (Ugay Sugarmansyah dkk., 2003).

Model dan kendali gelombang liquid melalui simulasi komputer yang dirancang dapat juga digunakan sebagai alat untuk mengkomunikasikan teknologi yang inovatif kepada para operator yang bertugas di Industri Pengecoran. Dalam segi ilmiah, penelitian ini sangat memungkinkan untuk menghasilkan beberapa paper yang dapat diterbitkan pada jurnal nasional maupun internasional.

Penelitian ini diharapkan akan menjadi acuan perancangan model sistem pengecoran otomatis dan sekaligus menjadi alat untuk menganalisa perilaku zat cair pada proses pengecoran. Sehingga penelitian akan mudah dilakukan dengan biaya yang rendah karena cukup dilakukan di laboratorium.

Bab IV

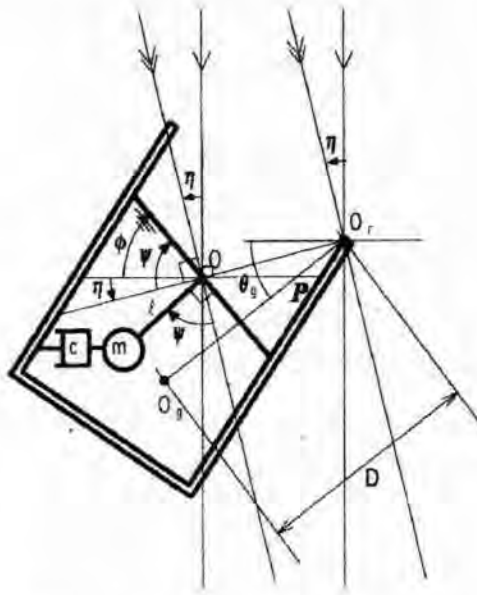
Metoda Penelitian

Metode penelitian yang dipakai pada tahun pertama adalah dengan urutan sebagai berikut :

1. Merancang model matematik dan kendali gelombang permukaan liquid pada sistem pengecoran logam otomatis dengan posisi titik putar yang tetap.
2. Membangun program simulasi komputer dengan model matematik yang diperoleh dari poin 1 dengan menggunakan program MATLAB.
3. Membuat program simulasi komputer dengan menggunakan FLOW-3D untuk mengamati perilaku liquid pada tungku (ladle).
4. Membuat program pengendali sistem dengan program MATLAB

Jadi, metode penelitian yang digunakan adalah melalui pendekatan simulasi yang akan dibandingkan dengan hasil experiment. Simulasi diawali dengan membangun model matematik dan algoritma untuk menyusun program pengendali. Program yang digunakan untuk pengendali sistem adalah program MATLAB. Model matematik dikembangkan melalui model bandul matematis (pendulum) berayun yang dipengaruhi oleh tinggi permukaan, gesekan akibat pengaruh viskositas zat cair serta gravitasi yang mempengaruhi massa zat cair yang ada dalam tungku (ladle). Model bandul matematis tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.

Titik O adalah titik pusat perputaran pendulum. Dimana m adalah massa liquid, c adalah ekivalen dengan koefisien fiskositas, l ekivalen dengan panjang pendulum, η = sudut putar dari sudut putar inialisasi, ψ = sudut vibrasi dari garis permukaan, θ = sudut putar inialisasi, $\Phi = \psi + \eta$, D = jarak antara O_r dan O_g .



Gambar 4.1 Model gelombang permukaan tipe pendulum untuk tanki (lade) berputar ke belakang (backward-tilting)

Model tipe pendulum akan dengan mudah dapat diturunkan dari kesetimbangan momen pada sekitar titik pusat perputaran O sebagai berikut.

$$J \frac{d^2(\eta + \psi)}{dt^2} = -c \frac{d\{\eta + \psi\}}{dt} l \cos(\eta + \psi) - mgl \sin(\eta + \psi) - m \frac{d^2\{D \cos \theta_g \eta\}}{dt^2} l \sin(\eta + \psi) - m \frac{d^2\{D \sin \theta_g \eta\}}{dt^2} l \cos(\eta + \psi) \quad (4.1)$$

$$\ddot{\phi} = -\frac{c}{m} \dot{\phi} - \frac{g}{l} \phi - \frac{D \sin \theta_g}{l} \ddot{\eta}, \quad J = ml^2 \quad (4.2)$$

Fungsi Transfer Q(s) menjadi :

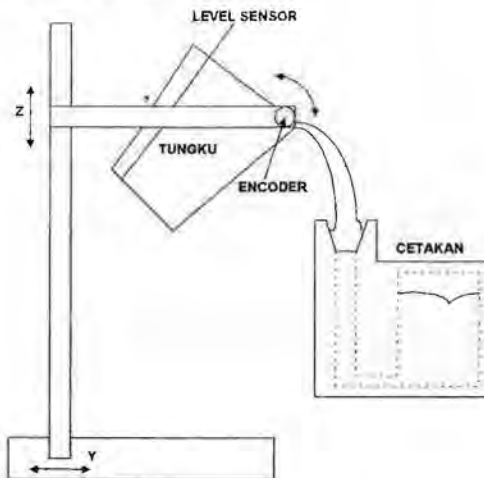
$$Q(s) = \frac{\phi(s)}{\eta(s)} = -\frac{(D \sin \theta_g / l) s^2}{s^2 + (c/m)s + (g/l)} = -\frac{(D \sin \theta_g / l) \omega^2}{-\omega^2 + 2\xi \omega_n \omega + \omega_n^2} \quad (4.3)$$

$$\omega_n = 2\pi f_n = \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad \xi = \frac{c}{2m} \sqrt{\frac{l}{g}}$$

J adalah momen inersia, ω_n adalah frekwensi angular natural, ζ adalah rasio peredam.

Model matematik yang diperoleh disubstitusikan dengan persamaan gerak motor (sistem motor) yang digunakan, kemudian dilakukan pemeriksaan kekontrolan (controllable) dan keteramatan (observable) dari matrik ruang keadaan yang diperoleh. Apabila sudah memenuhi syarat, maka dapat dibangun perangkat keras sistem pengecoran logam.

Ilustrasi model alat eksperimen sistem pengecoran logam otomatis yang akan dirancang dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini. Pada Gambar 4.2 tersebut terlihat tungku dapat bergerak berputar ke depan dan ke belakang serta titik putar dapat bergerak secara vertikal dan horizontal sehingga diharapkan diperoleh titik jatuh tepat pada sprue cup pada cetakan serta dapat menghilangkan gelombang permukaan liquid (zat cair) yang terdapat di dalam tungku (ladle).



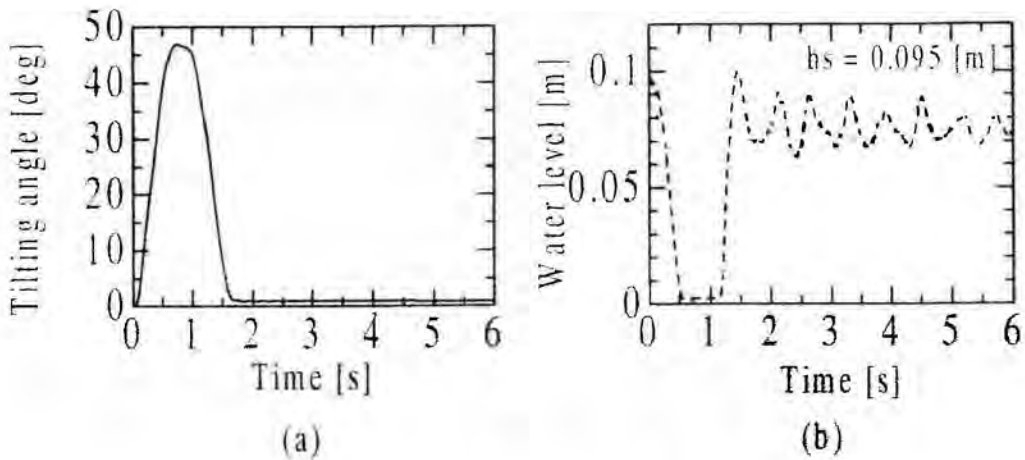
Gambar 4.2 Ilustrasi model alat eksperimen sistem pengecoran otomatis

Bab V

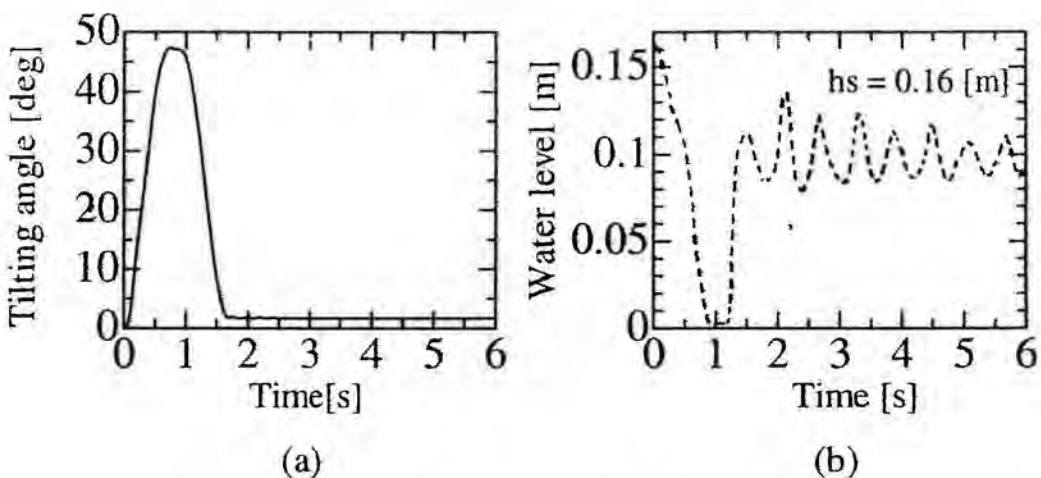
Hasil Penelitian dan Pembahasan

5.1 Hasil Penelitian

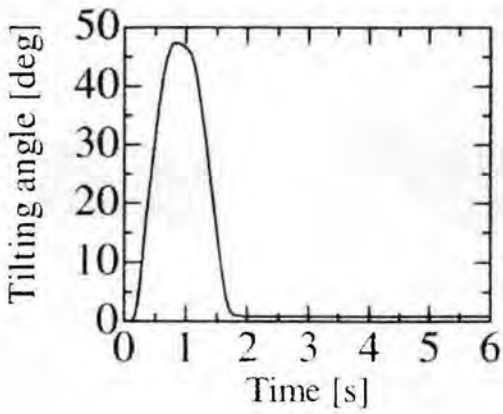
Hasil penelitian tahap pertama ini diperoleh data simulasi seperti grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.1 sampai Gambar 5.4 di bawah ini. Sedangkan dalam bentuk visual ditunjukkan pada Gambar 5.5 sampai Gambar 5.16.



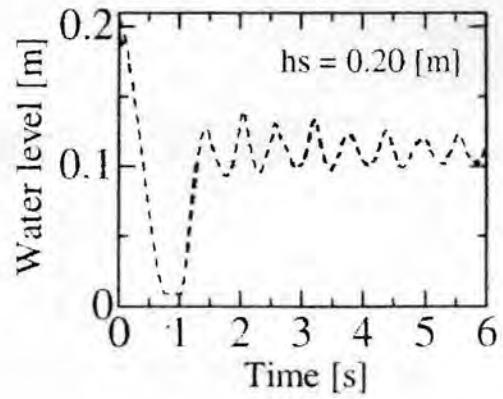
Gambar 5.1 (a) Hubungan sudut putar dan waktu
(b) Hubungan gelombang permukaan liquid dengan waktu pada $h_s = 9,5$ cm



Gambar 5.2 (a) Hubungan sudut putar dan waktu
(b) Hubungan gelombang permukaan liquid dengan waktu pada $h_s = 16$ cm

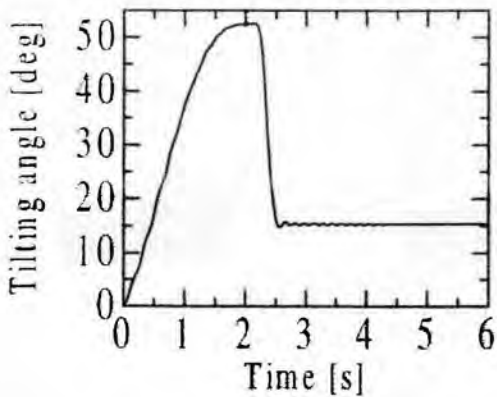


(a)

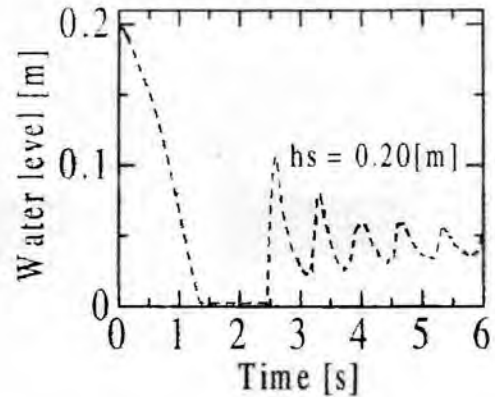


(b)

Gambar 5.3 (a) Hubungan sudut putar dan waktu
(b) Hubungan gelombang permukaan liquid dengan waktu pada $h_s = 20$ cm

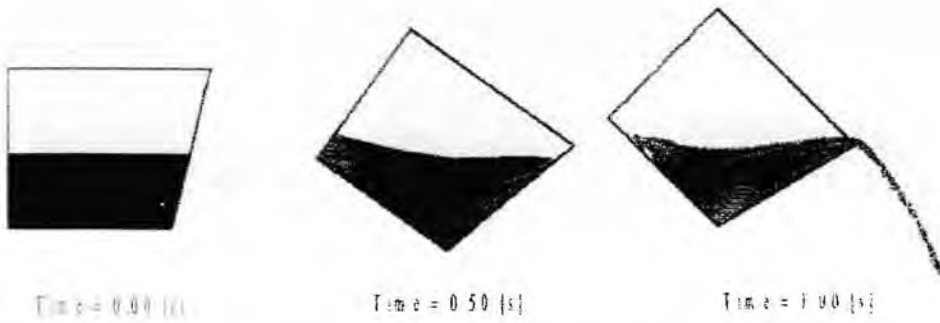


(a)



(b)

Gambar 5.4 (a) Hubungan sudut putar dan waktu
(b) Hubungan gelombang permukaan liquid dengan waktu pada $h_s = 20$ cm



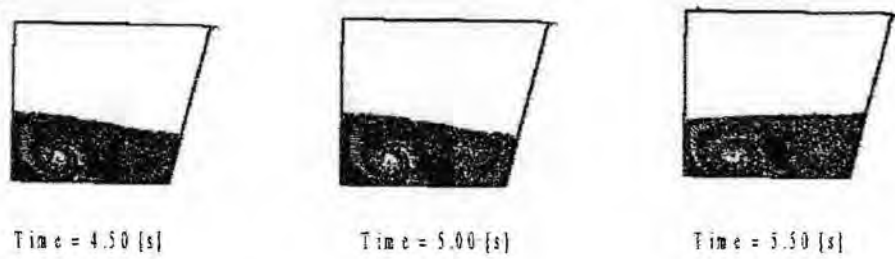
Gambar 5.5 Bentuk gelombang pada saat 0 – 1 detik untuk $h_s = 9,5$ cm



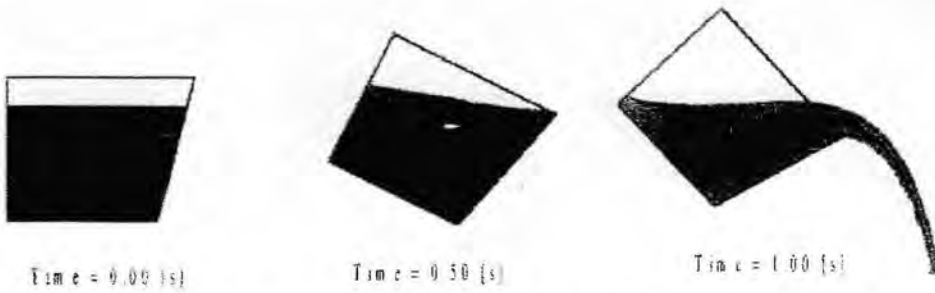
Gambar 5.6 Bentuk gelombang pada saat 1,5 – 2,5 detik untuk $h_s = 9,5$ cm



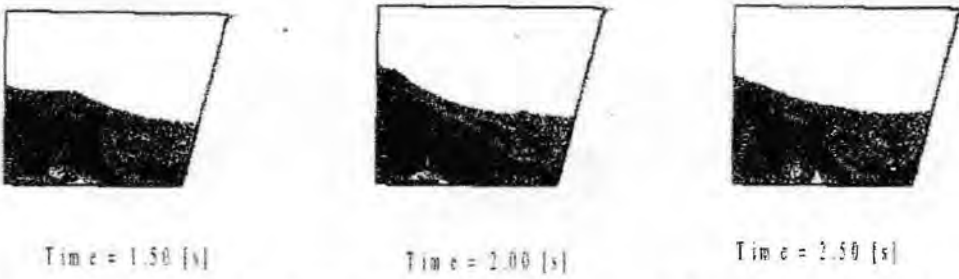
Gambar 5.7 Bentuk gelombang pada saat 3 – 4 detik untuk $h_s = 9,5$ cm



Gambar 5.8 Bentuk gelombang pada saat 4,5 – 5,5 detik untuk $h_s = 9,5$ cm



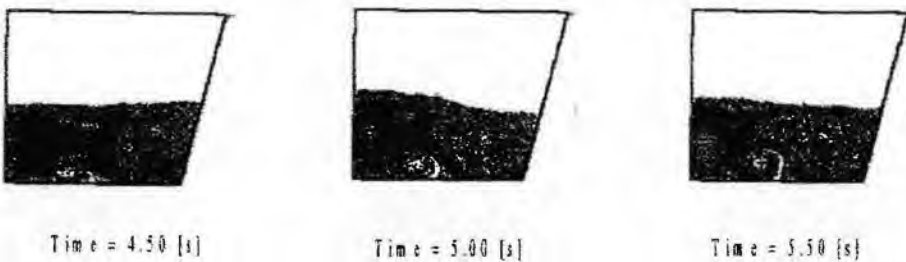
Gambar 5.9 Bentuk gelombang pada saat 0 – 1 detik untuk $h_s = 16$ cm



Gambar 5.10 Bentuk gelombang pada saat 1,5 – 2,5 detik untuk $h_s = 16$ cm



Gambar 5.11 Bentuk gelombang pada saat 3 – 4 detik untuk $h_s = 16$ cm



Gambar 5.12 Bentuk gelombang pada saat 4,5 – 5,5 detik untuk $h_s = 16$ cm

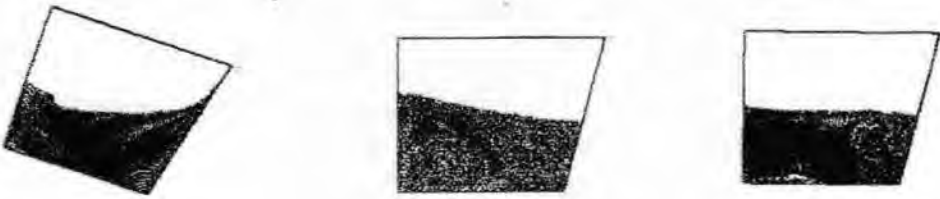


Time = 0.00 [s]

Time = 0.50 [s]

Time = 1.00 [s]

Gambar 5.13 Bentuk gelombang pada saat 0 – 1 detik untuk $h_s = 20$ cm



Time = 1.50 [s]

Time = 2.00 [s]

Time = 2.50 [s]

Gambar 5.14 Bentuk gelombang pada saat 1,5 – 2,5 detik untuk $h_s = 20$ cm



Time = 3.00 [s]

Time = 3.50 [s]

Time = 4.00 [s]

Gambar 5.15 Bentuk gelombang pada saat 3 – 4 detik untuk $h_s = 20$ cm



Time = 4.50 [s]

Time = 5.00 [s]

Time = 5.50 [s]

Gambar 5.16 Bentuk gelombang pada saat 4,5 – 5,5 detik untuk $h_s = 20$ cm

5.2 Pembahasan

Data penelitian di atas menggunakan parameter simulasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.1 sebagai berikut :

Tabel 5.1 Parameter percobaan pada Simulasi Komputer

Percobaan	Parameter	Dimensi
Percobaan I	Sudut Putar Mundur	47°
	Kecepatan Putar	31,3°/det
	Tinggi Air dlm. tungku	9,5 [cm]
Percobaan II	Sudut Putar Mundur	46°
	Kecepatan Putar	30,67°/det
	Tinggi Air dlm. tungku	16 [cm]
Percobaan III	Sudut Putar Mundur	47°
	Kecepatan Putar	31,3°/det
	Tinggi Air dlm. tungku	20 [cm]
Percobaan IV	Sudut Putar Mundur	37°
	Kecepatan Putar	74°/det
	Tinggi Air dlm. tungku	20 [cm]

Apabila kita memperhatikan bentuk gelombang permukaan zat cair yang dihasilkan dan dihubungkan dengan parameter yang diberikan maka dapat ditunjukkan bahwa untuk percobaan pertama sampai ke tiga dengan sudut putar mundur dan kecepatan putar yang relatif hampir sama yaitu berturut-turut 47° dan 31,3 °/det, bila ketinggian air dalam tungku semakin tinggi, maka amplitudo gelombang permukaan yang timbul akan semakin tinggi. Sedangkan pada percobaan IV dengan parameter tinggi air 20 cm dan kecepatan 74 °/det tinggi gelombang permukaan lebih besar jika dibandingkan dengan ke tiga percobaan sebelumnya. Hal ini diakibatkan oleh massa zat cair yang semakin berat dan kecepatan putar balik semakin tinggi. Hal ini pun terjadi dikarenakan pengereman dilakukan lebih cepat.

Dari semua hasil percobaan secara simulasi komputer di atas menunjukkan bahwa gelombang permukaan muncul ketika tungku di putar mundur hal ini tentu akan mempengaruhi proses penuangan berikutnya. Hal ini dapat dilihat juga pada hasil simulasi secara visual untuk percobaan satu sampai tiga dengan menggunakan program FLOW-3D. Oleh karena itu perlu diupayakan proses pengendalian pada saat putar mundur tersebut agar supaya pada proses penuangan selanjutnya tidak terjadi percikan pada

lubang cetakan dan jatuh pada titik yang tepat sehingga akan mengurangi pemborosan bahan cetakan.

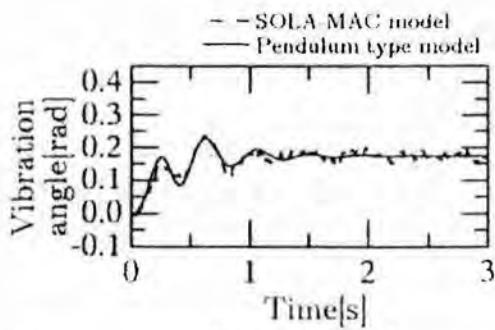
Penelitian ini merekomendasikan pengendali dengan cara menggunakan umpan balik dan tanpa menggunakan umpan balik. Namun untuk tahap awal ini (Tahun I) terlebih dahulu akan dilakukan simulasi dengan menggunakan pengendali tanpa umpan balik yaitu menggunakan metoda *reshaping* yaitu metoda pemberian gelombang yang sama namun dilakukan pergeseran fase dan lalu dijumlahkan dengan gelombang tersebut setelah terlebih dahulu di-inversi-kan. Keunggulan metoda ini adalah sistem tidak memerlukan sensor sehingga apabila diterapkan pada eksperimen maka akan mengurangi biaya percobaan dan akan mempermudah pengecekan ketika ada kesalahan.

Pada penelitian ini juga dilakukan percobaan dengan metoda lain yaitu dengan model SOLA-MAC (Solution Algorithm Marker and Cells) dan hasil yang diperoleh dibandingkan dengan model Pendulum yang ditunjukkan pada Gambar 3.17. Parameter yang digunakan pada percobaan ini adalah ditunjukkan pada Tabel 5.2 sebagai berikut

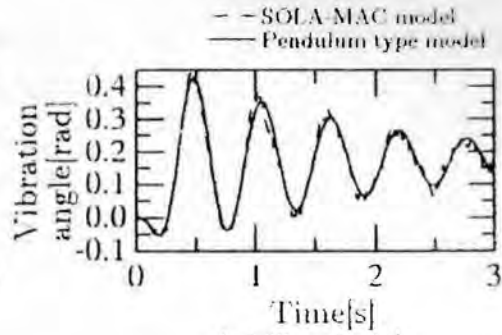
Tabel 5.2 Parameter Percobaan dengan model SOLA-MAC

Percobaan	Parameter	Dimensi
Percobaan I	Waktu Pengamatan	3 det
	Waktu Putar Mundur T_b	0,4; 0,5; 0,6
	Sudut Inisialisasi	0,33 rad
	Tinggi Air dlm. tungku	12 [cm]
Percobaan II	Waktu Pengamatan	3 det
	Waktu Putar Mundur T_b	0,4; 0,5; 0,6
	Sudut Inisialisasi	0,87 rad
	Tinggi Air dlm. tungku	4 [cm]

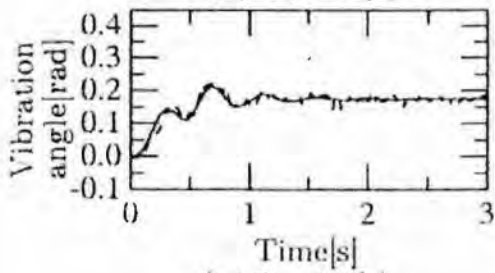
Dari hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa kedua model yaitu SOLA-MAC model dan Pendulum model memiliki hasil simulasi yang hampir mendekati pada setiap percobaan. Hal ini bisa diperhatikan pada Gambar 5.17. Hasil inipun dapat menunjukkan bahwa dengan kecepatan putar balik semakin besar, diperoleh gelombang permukaan yang semakin besar. Hal ini sesuai dengan hasil percobaan sebelumnya yaitu dengan kecepatan putar balik yang semakin tinggi diperoleh gelombang permukaan semakin besar.



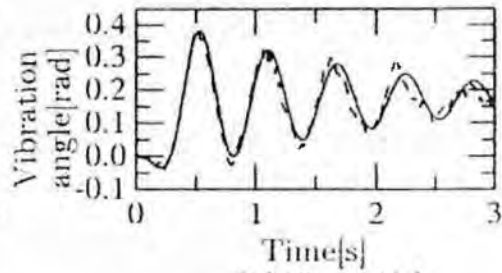
(a) $T_b=0.4[s]$



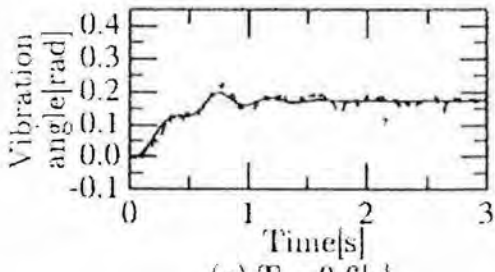
(a) $T_b=0.4[s]$



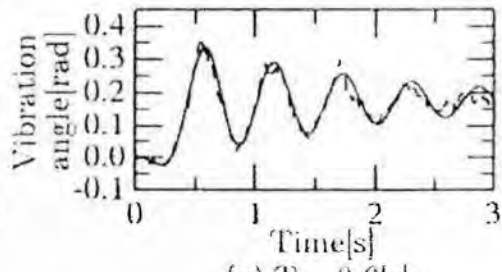
(b) $T_b=0.5[s]$



(b) $T_b=0.5[s]$



(c) $T_b=0.6[s]$



(c) $T_b=0.6[s]$

Simulation results

$(h_s=0.12[m], \theta_{ini}=0.3333[rad])$

Simulation results

$(h_s=0.04[m], \theta_{ini}=0.8742[rad])$

Gambar 5.17 Perbandingan hasil simulasi antara model SOLA-MAC dan Pendulum

Bab 6

Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian di atas dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya adalah :

1. Telah ditunjukkan hasil simulasi komputer mengenai perilaku fluida pada tanki (ladle) yang berputar balik (mundur) pada proses pengecoran model tilting.
2. Pada proses pengecoran tersebut terlihat bahwa amplitudo gelombang permukaan fluida semakin besar jika ketinggian fluida pada tanki bertambah tinggi karena dipengaruhi oleh massa fluida.
3. Amplitudi gelombang permukaan juga bertambah tinggi jika kecepatan putar balik bertambah besar.
4. Perbandingan bentuk gelombang permukaan telah dilakukan dengan menggunakan metoda SOLA-MAC dan model pendulum dengan hasil yang mendekati.
5. Model matematik yang dirancang dapat dijadikan acuan dalam pengendalian sistem karena diperoleh hasil yang mendekati dengan model yang menggunakan metoda SOLA-MAC.

6.2 Saran

Hasil penelitian ini masih dapat dikembangkan diantaranya dengan melakukan lebih banyak variasi variabel yang digunakan, misalnya dengan merubah bentuk dan ukuran tanki (ladle) serta ketinggian fluida dalam ladle. Kecepatan putar maju dan mundurpun dapat diganti dengan nilai yang berbeda sehingga mendekati dengan kasus yang sebenarnya.

Untuk menghilangkan atau mengurangi gelombang permukaan yang timbul dapat menggunakan pengendali diantaranya menggunakan *Feedforward control* dengan *reshaped input*. Hal ini direkomendasikan karena pengendali ini tidak memerlukan sensor sebagai feedback sehingga akan menghemat biaya pemakaian pada kasus yang sebenarnya.

Daftar Pustaka

1. E. Tabatabaei (1998), Automatic Pouring of Molten Metal by Utilizing Real Time Vision Based Control System, AFS Transaction, pp 641-644
2. Kazuhiko Terashima, Dadan Ramdan, Ken'ichi Yano, Takahiro Toda (2000), Modeling and Simulation of Fluid Flow in Ladle and Mold of Tilting-type Pouring in Casting Process, Paper, FLUCOME 2000, Sherbrooke, Canada, Vol.18, No. 5 pp. 728-736
3. Kazuhiko Terashima, Ken'ichi Yano (2001), Sloshing Analysis and Suppression Control of Tilting-type Automatic Pouring Machine, Control Engineering Prctice 9, pp 607-620
4. Kazuhiko Terashima, Ken'ichi Yano (1999), Sloshing Suppression Control of Tilting-Type Automatic Pouring Machine, IFAC World Congress, Beijing, vol O pp 25-30
5. Kazuhiko Terashima and Tomochika Inagaki (1997), Feedforward and Feedback Control on Liquid Vibration and Rotary Angle in Tilting Motion of Automatic Pouring, Proc. Of 2nd Asian Control Conference, Soul (Korea), pp 375-378
6. K. Terashima, K. Yano, Y. Sugimoto (2005), Modeling and Robust Control of Liquid Level in a Sprue Cup for Batch-type Casting Pouring Processes, ISIJ Int. vol. 45 pp. 1165 - 1172
7. Michael F. Burditt, Paul M. Bralower (1989), Good Pouring Practice Contributor to Quality Castings, Modern Casting, pp 59-63
8. Ugay Sugarmansyah, Dharmawan, Hartaya, Ruki Savianto, Irawan Santoso (2003), Analisis Difusi Inovasi Teknologi Pengecoran Logam di Industri Kecil dan Menengah Klaten-Ceper (Tinjauan dari Aspek Kebijakan), Prosiding Seminar Teknologi untuk Negeri, Volume V, hal. 130-139
9. W. Lindsay (1983), Automatic Pouring and Metal Distribution Systems, Foundry Trade Journal, pp 151-165
10. Y.Noda, K. Yano, K. Terashima (2003), Detection and Tracking Control to Unknown Moving Object Considering Sloshing-Suppression in Pouring Robot, Proceeding Intelligent Systems and Control vol. 388

Lampiran 1

Personalia Tenaga Peneliti

Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap : Drs. Dadan Ramdan, MEng., MSc.
- b. Jenis Kelamin : L
- c. NIP : 131 847 930
- d. Jabatan Struktural : Koordinator Laboratorium
- e. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- f. Bidang Keahlian : Teknik Sistem Kontrol
- g. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro
- h. Perguruan Tinggi : Universitas Medan Area

Anggota Peneliti

- a. Nama Lengkap : Ir. Amru Siregar, MT.
- b. Jenis Kelamin : L
- c. NIP : 131 996 163
- d. Jabatan Struktural : Koordinator Laboratorium
- e. Jabatan Fungsional : Lektor
- f. Bidang Keahlian : Material Produksi
- g. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin
- h. Perguruan Tinggi : Universitas Medan Area

- a. Nama Lengkap : Ir. Zulkifli Bahri
- b. Jenis Kelamin : L
- c. NIP : 131 673 020
- d. Jabatan Struktural : Ka. Lab. Elektronika
- e. Jabatan Fungsional : Lektor
- f. Bidang Keahlian : Teknik Elektro
- g. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro
- h. Perguruan Tinggi : Universitas Medan Area

Model dan Kendali Gelombang Permukaan Liquid Saat Putar Balik dengan Mengatur Kecepatan Putar Tungku pada Proses Pengecoran

Dadan Damdan, Amru Siregar, Zulkifli Bahri
Fakultas Teknik
Universitas Medan Area
ft_umamdn@yahoo.com

Ringkasan

Pada penelitian ini dirancang model matematik gelombang permukaan liquid pada tungku (ladle) dalam sistem pengecoran. Model matematik yang dirancang menggunakan model pendulum.

Model matematik yang dirancang menjadi acuan simulai komputer untuk menggambarkan perilaku liquid di dalam ladle ketika putar balik setelah proses penuangan pada cetakan.

Simulasi yang dilakukan menggunakan Program MATLAB dan FLOW-3D, kemudian hasil simulasi ini dibandingkan dengan hasil simulasi yang menggunakan metoda SOLA-MAC.

Simulasi yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin banyak volume liquid pada tungku mengakibatkan amplitudo gelombang permukaan akan semakin tinggi pada kecepatan putar balik yang sama. Amplitudo gelombang ini pun semakin besar jika kecepatan putar balik semakin tinggi.

Kata Kunci : ladle, pendulum, pengecoran, liquid, SOLA-MAC

1. Pendahuluan

Dalam upaya melakukan pemberdayaan masyarakat dan seluruh kekuatan ekonomi nasional termasuk terhadap industri kecil dan menengah (IKM) pengecoran logam memerlukan keberpihakan dari pemerintah. Keberpihakan ini disamping untuk meredam kegagalan pasar (market failures) juga diperlukan dalam upaya mengurangi keterpurukan akibat krisis ekonomi yang berkepanjangan. Industri kecil dan menengah (IKM) pengecoran logam di Ceper adalah contoh kasus, yang dalam batas-batas tertentu memerlukan keberpihakan tersebut.

Berdasarkan 'Klaten Dalam Angka 1998' bahwa jumlah IKM pengecoran logam sebanyak 332, namun dengan adanya krisis ekonomi, diduga yang masih survive sekitar 30%. Meskipun ada penurunan yang cukup tajam, IKM pengecoran logam di Ceper ini masih berpeluang untuk meraih potensi pasar komponen pengecoran logam, hanya persoalannya antara lain adalah diperlukan adanya sentuhan teknologi yang inovatif sehingga kualitas produknya memiliki daya saing yang tinggi.

Oleh karena itu intervensi pemerintah melalui berbagai kebijakan diperlukan untuk mendorong IKM pengecoran logam Ceper mau mengadopsi atau mendifusikan hasil inovasi teknologi (Ugay Sugarmansyah dkk., 2003).

Hal utama yang harus diperhatikan pada proses pengecoran dengan teknologi yang berinovasi tinggi atau otomatis adalah : 1) Mampu menuangkan logam cair kedalam cetakan pada titik yang tepat; 2) Mampu menuangkan logam cair sampai level ketinggian yang tepat tanpa ada logam cair yang tumpah atau tanpa terjadi percikan, karena bila hal ini terjadi maka akan ada pemborosan bahan dan berbahaya bagi operatornya; 3) Mampu menentukan volume logam cair yang masuk ke cetakan dengan tepat; 4) Mampu menggunakan waktu proses yang diperlukan selama proses pencetakan pertama dan proses pencetakan berikutnya sesingkat mungkin, sebab hal ini akan dipengaruhi oleh temperatur dari logam cair yang digunakan (Kazuhiko Terashima dkk., 2000)

Kemudian, oleh karena proses pengecoran logam sangat berbahaya bagi kesehatan dan keselamatan operatornya

yang diakibatkan oleh asap, panas dan gas yang ditimbulkannya, maka merealisasikan sistem pengecoran yang memiliki teknologi yang berinovasi tinggi atau otomatis sangat diperlukan.

Dari pemaparan di atas, maka penelitian ini mengambil perumusan masalah sebagai berikut : Apakah dengan mengendalikan kecepatan putar balik dapat mengurangi atau menghilangkan gelombang permukaan liquid (logam cair) sehingga kesalahan posisi penuangan pada cetakan dapat dihindari dan konsumsi energi dapat dikurangi?.

2. Tinjauan Pustaka

Kazuhiko TERASIMA, Dadan RAMDAN (2000), telah membuat model dan simulasi komputer untuk perilaku fluida pada tungku dan cetakan pada proses pengecoran untuk penuangan model putar (tilting-type). Paper ini telah menunjukkan perbandingan antara hasil simulasi dan eksperimen yang signifikan. Perilaku fluida dianalisa dengan menggunakan metoda SOLA-MAC. Pertama dilakukan analisa perilaku permukaan fluida pada saat tungku putar balik, kemudian dilakukan analisa fluida di dalam cetakan ketika penuangan dilakukan, lalu hasilnya dibandingkan dengan hasil pengamatan dari eksperimen.

K. Terashima dkk. (2001) telah menganalisa gelombang permukaan dan merancang sistem kontrol untuk menghilangkan gelombang permukaan pada mesin pengecoran logam otomatis model tilting-type. Paper ini membahas kendali dua derajat kebebasan yaitu mengendalikan besar sudut putar balik dan sekaligus mengatur kecepatan putar sehingga gelombang permukaan liquid dapat diredam. Pengendalian yang digunakan adalah kompensasi umpan balik dan input shaping. Kazuhiko TERASHIMA dkk. (1999, 1997) juga telah membahas Model dan sistem kendali vibrasi permukaan zat cair pada sistem pengecoran otomatis untuk model tilting-type. Pada penelitian ini suatu rancangan optimal dengan menghilangkan gelombang permukaan pada kendali kontainer bergerak yang berisi fluida cair dengan model simulasi komputer dinamika fluida telah dihasilkan.

Dengan model yang berbeda, Michael F. Burditt, Paul M. Bralower (1989) dan W. Lindsay (1983) dalam papernya membahas kualitas produk yang dihasilkan oleh sistem pengecoran yang dikendalikan secara otomatis.

K. Terashima dkk. (2005) telah membahas tentang model dan kontrol robust untuk mengatur ketinggian permukaan liquid pada suatu cetakan untuk bentuk baskom pada proses pengecoran logam. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk memperoleh metode agar menghasilkan ketinggian permukaan liquid pada cetakan yang tetap setiap dilakukan penuangan pada proses pengecoran logam model baskom. Pada penelitian ini digunakan model robot pengecoran otomatis tipe tilting. Suatu sistem kontrol dua derajat kebebasan digunakan untuk mengendalikan ketinggian permukaan liquid. Pada paper ini juga menunjukkan suatu urutan model yang sesuai untuk setiap bagian pada proses pengecoran logam. Selanjutnya model input feedforward juga digunakan untuk merealisasikan pengendali ketinggian permukaan liquidnya (level control). Untuk mempertahankan performansi model digunakan kendali umpan balik robust dengan menggunakan teori kendali H tak hingga. Untuk menguji validitas sistem kontrol yang diusulkan telah ditunjukkan melalui hasil simulasi dan eksperimen.

Y.Noda dkk. (2003) telah melakukan penelitian tentang pendeteksian dan kendali lintasan untuk objek yang sistem gerakannya tidak diketahui dengan tujuan untuk meredam gelombang permukaan pada proses pengecoran logam.

Penelitian ini mengambil fokus pada pendeteksian otomatis dan kendali lintasan untuk gerakan memperoleh target yang posisinya tidak diketahui, juga kendali untuk meredam gelombang permukaan pada suatu lintasan objek. Kendali lintasan untuk target objek tersebut dengan mengeksekusi gelombang permukaan melalui kendali peredaman telah di rekomendasikan sebagai pengembangan awal untuk suatu tipe robot pengecoran otomatis yang dapat bekerja secara otomatis pada industri pengecoran.

Pada penelitian ini juga telah dilakukan pengamatan target objek, kemudian suatu

sensor laser telah digunakan untuk mengukur posisi lintasan objek dan perbedaan antara target dan lintasan objek telah diestimasi. Berdasarkan informasi ini, referensi jalan lintasannya untuk mengendalikan lintasan diberikan berdasarkan peredaman gelombang permukaan. 2-DOF (degree of freedom) sistem dengan menggunakan suatu pengendali feedforward model inverse untuk lintasan objek telah ditunjukkan. Kendali gelombang permukaan pada lintasan objek ditunjukkan dengan merancang pengendali umpan balik melalui pendekatan bentuk hibrida. Keefektifan sistem kendali yang diusulkan ditunjukkan melalui percobaan pada sistem transfer container zat cair.

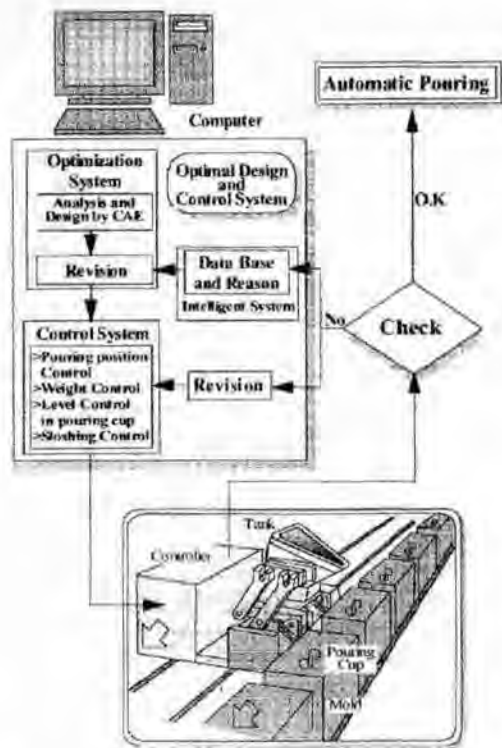
E. Tabatabaei (1998), pada papernya yang berjudul Pengecoran Otomatis untuk Logam Cair dengan Menggunakan Sistem Kendali Pengamatan Real Time telah melakukan penelitian yang memfokuskan pada pengamatan logam cair dalam sprue cup dengan menggunakan kamera digital. Penelitian ini juga telah membandingkan hasil penggunaan Laser dan Sinar-X di dalam pengukuran tanpa menyentuh objek yang ditangkap dengan kamera, lensa dan elektronik pemroses citra.

K. Terashima dkk. (2001) pada papernya menunjukkan Sistem Kontrol Pengecoran Otomatis yang didukung oleh CAE yang diilustrasikan pada Gambar 2.1.

Dari Gambar 2.1 di atas dapat dilihat bahwa pengendalian dapat di fokuskan selain kepada meredam gelombang permukaan juga dapat ditekankan kepada pengendalian posisi titik jatuh pengecoran, pengendalian berat (massa) liquid dan pengendalian ketinggian level liquid pada sprue cup (cetakan) ketika pengecoran dilakukan.

3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Untuk merealisasikan maksud di atas, maka diperlukan upaya agar perilaku logam cair (liquid) pada saat dilakukan proses penuangan dan pencetakan selama pengecoran dapat diketahui. Hal ini dapat dicapai dengan merancang model dan kendali gelombang liquid sistem pengecoran melalui komputer terutama analisa bentuk dan besar gelombang



Gambar 2.1 Sistem Kontrol Pengecoran Otomatis yang didukung oleh CAE

permukaan selama proses pengecoran, sebab untuk mengetahui perilaku permukaan liquid di dalam tungku dan cetakan pada proses pengecoran logam melalui analisa komputer dapat diamati dengan mudah (Kazuhiko Terashima dkk., 2001). Oleh karena itu biaya dan waktu percobaan di lapangan dapat dikurangi, juga operator dapat memahami lebih mudah untuk mengenal proses pengecoran.

Dengan proses numerik yang dilakukan komputer, analisa akan mudah dilakukan, begitu juga visualisasi perilaku permukaan liquid dapat ditunjukkan dengan interaktif.

Selain hal di atas, penelitian ini juga berusaha agar diperoleh suatu model matematik yang tepat dari perilaku liquid (zat cair) pada proses pengecoran logam. Hal ini sangat diperlukan untuk upaya proses pengendalian secara otomatis dengan tujuan agar gelombang permukaan liquid (zat cair) pada tungku (ladle) dapat dikurangi atau dihilangkan ketika proses putar balik berlangsung setelah penuangan.

Gelombang permukaan ini akan sangat berpengaruh terhadap proses dan hasil

pengecoran karena akan menimbulkan ketidak-tepatan jatuhnya logam cair ke cetakan. Juga getaran yang timbul akan berpengaruh terhadap sistim perangkat pengecorannya.

Telah banyak peneliti yang melakukan upaya di atas namun pengendalian untuk meredam gelombang permukaan hanya melalui pengaturan gerak putar motor dengan titik putar yang tetap. Hal ini diperlukan motor yang memiliki torsi yang sangat besar, sehingga energi yang diperlukan juga cukup besar (Kazuhiko Terashima dkk., 1999, 1997).

Pada penelitian ini akan diupayakan proses pengendalian untuk meredam gelombang permukaan liquid (zat cair) melalui pengaturan posisi titik putar yang berubah serta mengatur gerak putar motor pada tungku (ladle). Hal ini diharapkan akan diperoleh hasil peredaman gelombang permukaan yang lebih baik serta dapat mengurangi konsumsi energi.

IKM pengecoran logam Ceper merupakan aset negara yang peranannya relatif cukup besar dalam menghasilkan produk besi cor Indonesia. Namun teknologi pengecoran logam di Ceper yang sebagian besar memakai teknologi tungkik menghasilkan kualitas produk coran yang relatif rendah dan kurang efisien, sehingga produk yang dihasilkan akan sulit bersaing dengan produk dari luar negeri terutama dalam menjelang pasar bebas. Padahal IKM pengecoran di Ceper ini masih berpeluang untuk meraih potensi pasar komponen pengecoran logam, hanya pesolannya antara lain adalah diperlukan adanya sentuhan teknologi yang inovatif sehingga kualitas produknya memiliki daya saing yang tinggi (Ugay Sugarmansyah dkk., 2003).

Oleh karena di Indonesia pada umumnya dan di Medan pada khususnya, industri yang menggunakan proses pengecoran belum banyak menggunakan sistem teknologi yang berinovasi tinggi misalnya yang otomatis, maka penelitian ini sangat diperlukan, terutama nanti apabila sudah diterapkan pada IKM akan menghasilkan kualitas produk yang lebih baik.

Untuk menghasilkan produk cetakan yang dapat bersaing dengan dunia luar, maka diperlukan suatu sistem pengecoran

yang berkualitas. Berkualitas dalam hal ini adalah sistem yang bekerja dapat dilakukan secara otomatis sehingga dapat melakukan proses pengecoran dengan presisi dan akurasi yang tinggi sehingga tidak muncul gangguan baik dari luar maupun dari sistem itu sendiri.

Kemudian, apabila hasil produksinya sudah dapat diterima di pasar global, maka tentu harga jual akan semakin bersaing sehingga keuntungan yang diperoleh IKM atau perusahaan semakin besar. Dengan demikian diharapkan industri pengecoran di Indonesia akan dapat diterima di pasar global untuk meningkatkan daya saing bangsa di masa depan.

Selain hal di atas dari sisi teknologi inovasi, paling tidak ada beberapa elemen penting yang perlu dipertimbangkan di dalam mendifusikan teknologi tersebut yaitu (1) inovasi teknologi yang didifusikan harus memberikan manfaat bagi adopters baik secara teknis maupun ekonomis (relative advantage), kemudian juga dilihat dari aspek compatibility, complexity, trialability, dan observability; (2) bagaimana inovasi tersebut dikomunikasikan; (3) difusi inovasi teknologi memerlukan waktu yang relatif beragam dan ; (4) harus mempertimbangkan sistem sosial yang ada (Ugay Sugarmansyah dkk., 2003).

Model dan kendali gelombang liquid melalui simulasi komputer yang dirancang dapat juga digunakan sebagai alat untuk mengkomunikasikan teknologi yang inovatif kepada para operator yang bertugas di Industri Pengecoran. Dalam segi ilmiah, penelitian ini sangat memungkinkan untuk menghasilkan beberapa paper yang dapat diterbitkan pada jurnal nasional maupun internasional.

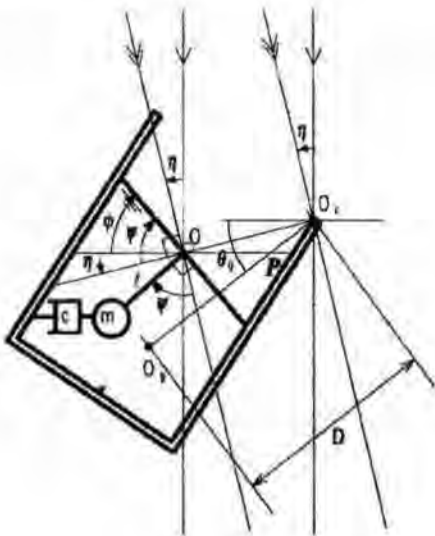
Penelitian ini diharapkan akan menjadi acuan perancangan model sistem pengecoran otomatis dan sekaligus menjadi alat untuk menganalisa perilaku zat cair pada proses pengecoran. Sehingga penelitian akan mudah dilakukan dengan biaya yang rendah karena cukup dilakukan di laboratorium.

4. Metoda Penelitian

Metode penelitian yang dipakai pada tahap awal adalah dengan urutan sebagai berikut :

1. Merancang model matematik dan kendali gelombang permukaan liquid pada sistem pengecoran logam otomatis dengan posisi titik putar yang tetap.
2. Membangun program simulasi komputer dengan model matematik yang diperoleh dari poin 1 dengan menggunakan program MATLAB.
3. Membuat program simulasi komputer dengan menggunakan FLOW-3D untuk mengamati perilaku liquid pada tungku (ladle).

Jadi, metode penelitian yang digunakan adalah melalui pendekatan simulasi yang akan dibandingkan dengan experiment. Simulasi diawali dengan membangun model matematik dan algoritma untuk menyusun program pengendali. Program yang digunakan untuk pengendali sistem adalah program MATLAB. Model matematik akan dikembangkan melalui model bandul matematis (pendulum) berayun yang dipengaruhi oleh tinggi permukaan, gesekan akibat pengaruh viskositas zat cair serta gravitasi yang mempengaruhi massa zat cair yang ada dalam tungku (ladle). Model bandul matematis tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Model gelombang permukaan tipe pendulum untuk tanki (lade) berputar ke belakang (backward-tilting)

Titik O adalah titik pusat perputaran pendulum. Dimana m adalah massa liquid, c adalah ekuivalen dengan koefisien

fiskositas, l ekuivalen dengan panjang pendulum, η = sudut putar dari sudut putar inialisasi, ψ = sudut vibrasi dari garis permukaan, θ = sudut putar inialisasi, $\phi = \psi + \eta$, D = jarak antara O_r dan O_g .

Model tipe pendulum akan dengan mudah dapat diturunkan dari kesetimbangan momen pada sekitar titik pusat perputaran O sebagai berikut.

$$J \frac{d^2(\eta + \psi)}{dt^2} = -c \frac{d\{(\eta + \psi)\}}{dt} l \cos(\eta + \psi) - mgl \sin(\eta + \psi) - m \frac{d^2\{D \cos \theta_g \eta\}}{dt^2} l \sin(\eta + \psi) - m \frac{d^2\{D \sin \theta_g \eta\}}{dt^2} l \cos(\eta + \psi) \quad (4.1)$$

$$\ddot{\phi} = -\frac{c}{m} \dot{\phi} - \frac{g}{l} \phi - \frac{D \sin \theta_g}{l} \ddot{\eta} \quad (4.2)$$

Fungsi Transfer $Q(s)$ menjadi :

$$Q(s) = \frac{\phi(s)}{\eta(s)} = \frac{(D \sin \theta_g l) s^2}{s^2 + (c/m)s + (g/l)} = \frac{(D \sin \theta_g l) \omega_n^2}{-\omega^2 + 2\xi \omega_n \omega + \omega_n^2} \quad (4.3)$$

$$\omega_n = 2\pi f_n = \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad \xi = \frac{c}{2m} \sqrt{\frac{l}{g}}$$

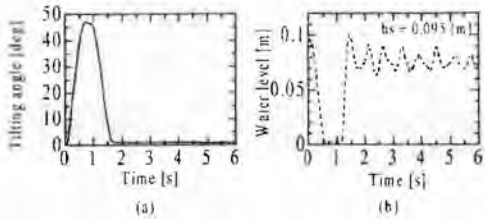
ω_n adalah frekwensi angular natural, ξ adalah rasio peredam.

Model matematik yang diperoleh disubstitusikan dengan persamaan gerak motor (sistem motor) yang digunakan, kemudian dilakukan pemeriksaan kekontrolan (controllable) dan keteramatan (observable) dari matrik ruang keadaan yang diperoleh. Apabila sudah memenuhi syarat, maka dapat dibangun perangkat keras sistem pengecoran logam.

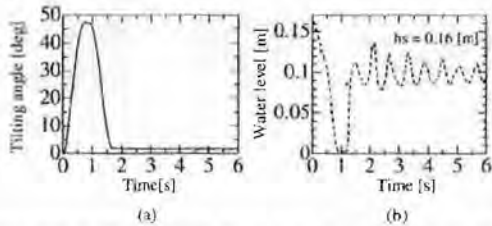
5. Hasil Penelitian dan Pembahasan

5.1 Hasil Penelitian

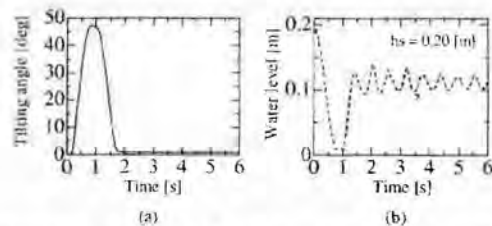
Hasil penelitian tahap pertama ini diperoleh data simulasi seperti grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.1 sampai Gambar 5.4 di bawah ini. Sedangkan dalam bentuk visual ditunjukkan pada Gambar 5.5 sampai Gambar 5.16.



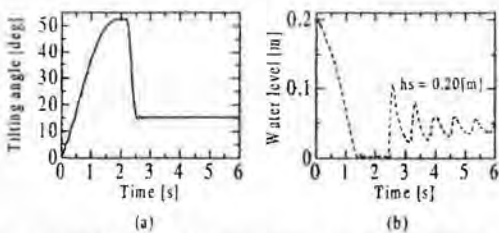
Gambar 5.1 (a) Hubungan sudut putar dan waktu (b) Hubungan gelombang permukaan liquid dengan waktu pada $h_s = 9,5$ cm



Gambar 5.2 (a) Hubungan sudut putar dan waktu (b) Hubungan gelombang permukaan liquid dengan waktu pada $h_s = 16$ cm



Gambar 5.3 (a) Hubungan sudut putar dan waktu (b) Hubungan gelombang permukaan liquid dengan waktu pada $h_s = 20$ cm



Gambar 5.4 (a) Hubungan sudut putar dan waktu (b) Hubungan gelombang permukaan liquid dengan waktu pada $h_s = 20$ cm



Gambar 5.5 Bentuk gelombang pada saat 0 - 1 detik untuk $h_s = 9,5$ cm



Gambar 5.6 Bentuk gelombang pada saat 1,5 - 2,5 detik untuk $h_s = 9,5$ cm



Gambar 5.7 Bentuk gelombang pada saat 3 - 4 detik untuk $h_s = 9,5$ cm



Gambar 5.8 Bentuk gelombang pada saat 4,5 - 5,5 detik untuk $h_s = 9,5$ cm



Gambar 5.9 Bentuk gelombang pada saat 0 - 1 detik untuk $h_s = 16$ cm



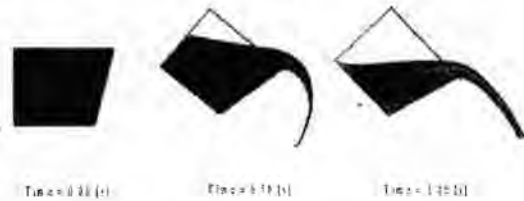
Gambar 5.10 Bentuk gelombang pada saat 1,5 - 2,5 detik untuk $h_s = 16$ cm



Gambar 5.11 Bentuk gelombang pada saat 3 - 4 detik untuk $h_s = 16$ cm



Gambar 5.12 Bentuk gelombang pada saat 4,5 – 5,5 detik untuk $h_s = 16$ cm



Gambar 3.13 Bentuk gelombang pada saat 0 – 1 detik untuk $h_s = 20$ cm



Gambar 3.14 Bentuk gelombang pada saat 1,5 – 2,5 detik untuk $h_s = 20$ cm



Gambar 3.15 Bentuk gelombang pada saat 3 – 4 detik untuk $h_s = 20$ cm



Gambar 3.16 Bentuk gelombang pada saat 4,5 – 5,5 detik untuk $h_s = 20$ cm

Tabel 5.1 Parameter simulasi

Percobaan	Parameter	Dimensi
Percobaan I	Sudut Putar Mundur	47°
	Kecepatan Putar	31,3°/det
	Tinggi Air dlm. tungku	9,5 [cm]
Percobaan II	Sudut Putar Mundur	46°
	Kecepatan Putar	30,6°/det
	Tinggi Air dlm. tungku	16 [cm]
Percobaan III	Sudut Putar Mundur	47°
	Kecepatan Putar	31,3°/det
	Tinggi Air dlm. tungku	20 [cm]
Percobaan IV	Sudut Putar Mundur	37°
	Kecepatan Putar	74°/det
	Tinggi Air dlm. tungku	20 [cm]

Apabila kita memperhatikan bentuk gelombang permukaan zat cair yang dihasilkan dan dihubungkan dengan parameter yang diberikan maka dapat ditunjukkan bahwa untuk percobaan pertama sampai ke tiga dengan sudut putar mundur dan kecepatan putar yang relatif hampir sama yaitu berturut-turut 47° dan 31,3 °/det, bila ketinggian air dalam tungku semakin tinggi, maka amplitudo gelombang permukaan yang timbul akan semakin tinggi. Sedangkan pada percobaan IV dengan parameter tinggi air 20 cm dan kecepatan 74 °/det tinggi gelombang permukaan lebih besar jika dibandingkan dengan ke tiga percobaan sebelumnya. Hal ini diakibatkan oleh massa zat cair yang semakin berat dan kecepatan putar balik semakin tinggi. Hal ini pun terjadi dikarenakan pengereman dilakukan lebih cepat.

Dari semua hasil percobaan secara simulasi komputer di atas menunjukkan bahwa gelombang permukaan muncul ketika tungku di putar mundur hal ini tentu akan mempengaruhi proses penuangan berikutnya. Hal ini dapat dilihat juga pada hasil simulasi secara visual untuk

percobaan satu sampai tiga dengan menggunakan program FLOW-3D. Oleh karena itu perlu diupayakan proses pengendalian pada saat putar mundur tersebut agar supaya pada proses penuangan selanjutnya tidak terjadi percikan pada lubang cetakan dan jatuh pada titik yang tepat sehingga akan mengurangi pemborosan bahan cetakan.

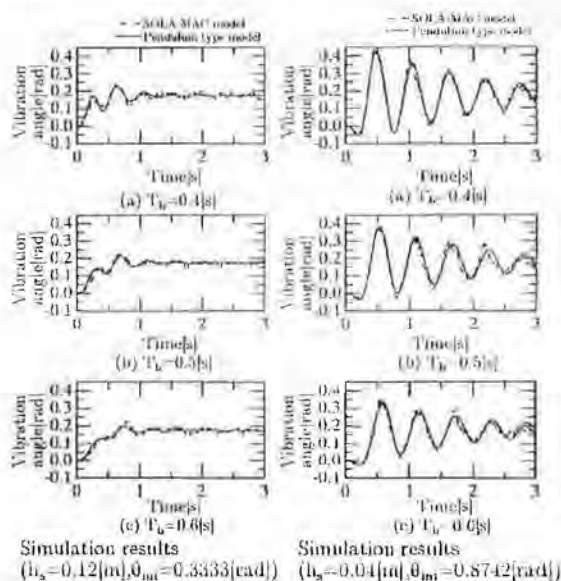
Penelitian ini merekomendasikan pengendali dengan cara menggunakan umpan balik dan tanpa menggunakan umpan balik. Namun untuk tahap awal ini (Tahun I) terlebih dahulu akan dilakukan simulasi dengan menggunakan pengendali tanpa umpan balik yaitu menggunakan metoda preshaping yaitu metoda pemberian gelombang yang sama namun dilakukan pergeseran pаса dan lalu dijumlahkan dengan gelombang tersebut setelah terlebih dahulu di-inversi-kan. Keunggulan metoda ini adalah sistem tidak memerlukan sensor sehingga apabila diterapkan pada eksperimen maka akan mengurangi biaya percobaan dan akan mempermudah pengecekan ketika ada kesalahan.

Pada penelitian ini juga dilakukan percobaan dengan metoda lain yaitu dengan model SOLA-MAC (Solution Algorithm Marker and Cells) dan hasil yang diperoleh dibandingkan dengan model Pendulum yang ditunjukkan pada Gambar 3.17. Parameter yang digunakan pada percobaan ini adalah ditunjukkan pada Tabel 5.2 sebagai berikut

Tabel 5.2 Parameter Percobaan dengan model SOLA-MAC

Percobaan	Parameter	Dimensi
Percobaan I	Waktu Pengamatan	3 det
	Waktu Putar Mundur T_b	0,4; 0,5; 0,6
	Sudut Inisialisasi	0,33 rad
	Tinggi Air dlm. tungku	12 [cm]
Percobaan II	Waktu Pengamatan	3 det
	Waktu Putar Mundur T_b	0,4; 0,5; 0,6
	Sudut Inisialisasi	0,87 rad
	Tinggi Air dlm. tungku	4 [cm]

Dari hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa kedua model yaitu SOLA-MAC model dan Pendulum model memiliki hasil simulasi yang hampir mendekati pada setiap percobaan. Hal ini bisa dipertahkan pada Gambar 5.17. Hasil inipun dapat menunjukkan bahwa dengan kecepatan putar balik semakin besar, diperoleh gelombang permukaan yang semakin besar. Hal ini sesuai dengan hasil percobaan sebelumnya yaitu dengan kecepatan putar balik yang semakin tinggi diperoleh gelombang permukaan semakin besar.



Gambar 5.17 Perbandingan hasil simulasi antara model SOLA-MAC dan Pendulum

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian di atas dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya adalah :

1. Telah ditunjukkan hasil simulasi komputer mengenai perilaku fluida pada tanki (ladle) yang berputar balik (mundur) pada proses pengecoran model tilting.
2. Pada proses pengecoran tersebut terlihat bahwa amplitudo gelombang permukaan fluida semakin besar jika ketinggian fluida pada tanki bertambah tinggi karena dipengaruhi oleh massa fluida.

3. Amplitudi gelombang permukaan juga bertambah tinggi jika kecepatan putar balik bertambah besar.
4. Perbandingan bentuk gelombang permukaan telah dilakukan dengan menggunakan metoda SOLA-MAC dan model pendulum dengan hasil yang mendekati.
5. Model matematik yang dirancang dapat dijadikan acuan dalam pengendalian sistem karena diperoleh hasil yang mendekati dengan model yang menggunakan metoda SOLA-MAC.

6.2 Saran

Hasil penelitian ini masih dapat dikembangkan diantaranya dengan melakukan lebih banyak variasi variabel yang digunakan, misalnya dengan merubah bentuk dan ukuran tanki (ladle) serta ketinggian fluida dalam ladle. Kecepatan putar maju dan mundurpun dapat diganti dengan nilai yang berbeda sehingga mendekati dengan kasus yang sebenarnya.

Untuk menghilangkan atau mengurangi gelombang permukaan yang timbul dapat menggunakan pengendali diantaranya menggunakan *Feedforward control* dengan *reshaped input*. Hal ini direkomendasikan karena pengendali ini tidak memerlukan sensor sebagai feedback sehingga akan menghemat biaya pemakaian pada kasus yang sebenarnya.

Daftar Pustaka

1. E. Tabatabaei (1998), Automatic Pouring of Molten Metal by Utilizing Real Time Vision Based Control System, AFS Transaction, pp 641-644
2. Kazuhiko Terashima, Dadan Ramdan, Ken'ichi Yano, Takahiro Toda (2000), Modeling and Simulation of Fluid Flow in Ladle and Mold of Tilting-type Pouring in Casting Process, Paper, FLUCOME 2000, Sherbrooke, Canada, Vol.18, No. 5 pp. 728-736
3. Kazuhiko Terashima, Ken'ichi Yano (2001), Sloshing Analysis and Suppression Control of Tilting-type Automatic Pouring Machine, Control Engineering Prctice 9, pp 607-620
4. Kazuhiko Terashima, Ken'ichi Yano (1999), Sloshing Suppression Control of Tilting-Type Automatic Pouring Machine, IFAC World Congress, Beijing, vol O pp 25-30
5. Kazuhiko Terashima and Tomochika Inagaki (1997), Feedforward and Feedback Control on Liquid Vibration and Rotary Angle in Tilting Motion of Automatic Pouring, Proc. Of 2nd Asian Control Conference, Soul (Korea), pp 375-378
6. K. Terashima, K. Yano, Y. Sugimoto (2005), Modeling and Robust Control of Liquid Level in a Sprue Cup for Batch-type Casting Pouring Processes, ISIJ Int. vol. 45 pp. 1165 - 1172
7. Michael F. Burditt, Paul M. Bralower (1989), Good Pouring Practice Contributor to Quality Castings, Modern Casting, pp 59-63
8. Ugay Sugarmansyah, Dharmawan, Hartaya, Ruki Savianto, Irawan Santoso (2003), Analisis Difusi Inovasi Teknologi Pengecoran Logam di Industri Kecil dan Menengah Klaten-Ceper (Tinjauan dari Aspek Kebijakan), Prosiding Seminar Teknologi untuk Negeri, Volume V, hal. 130-139
9. W. Lindsay (1983), Automatic Pouring and Metal Distribution Systems, Foundry Trade Journal, pp 151-165
10. Y.Noda, K. Yano, K. Terashima (2003), Detection and Tracking Control to Unknown Moving Object Considering Sloshing-Suppression in Pouring Robot, Proceeding Intelligent Systems and Control vol. 388

Sinopsis Penelitian Lanjutan

1. Judul

Model dan Kendali Gelombang Liquid Saat Putar Balik dengan Mengatur Posisi Titik Putar dan Kecepatan Putar Tungku pada Proses Pengecoran

2. Pendahuluan

Pada penelitian tahap I telah diperoleh model matematik dari gelombang permukaan liquid pada tangki (ladle) pada saat putar balik pada proses pengecoran.

Model matematik ini dapat dijadikan acuan untuk melakukan pengendalian sistem tersebut sehingga gelombang permukaan pada ladle dapat dikurangi atau dihilangkan.

Banyak teori pengendalian yang terbaru yang dapat diterapkan pada sistem pengecoran ini. Namun yang paling cocok yang dapat diterapkan dalam proses ini adalah model input shaping. Model input shaping ini tidak memerlukan sensor pada umpan balik sistem, sehingga dapat menghemat biaya operasional.

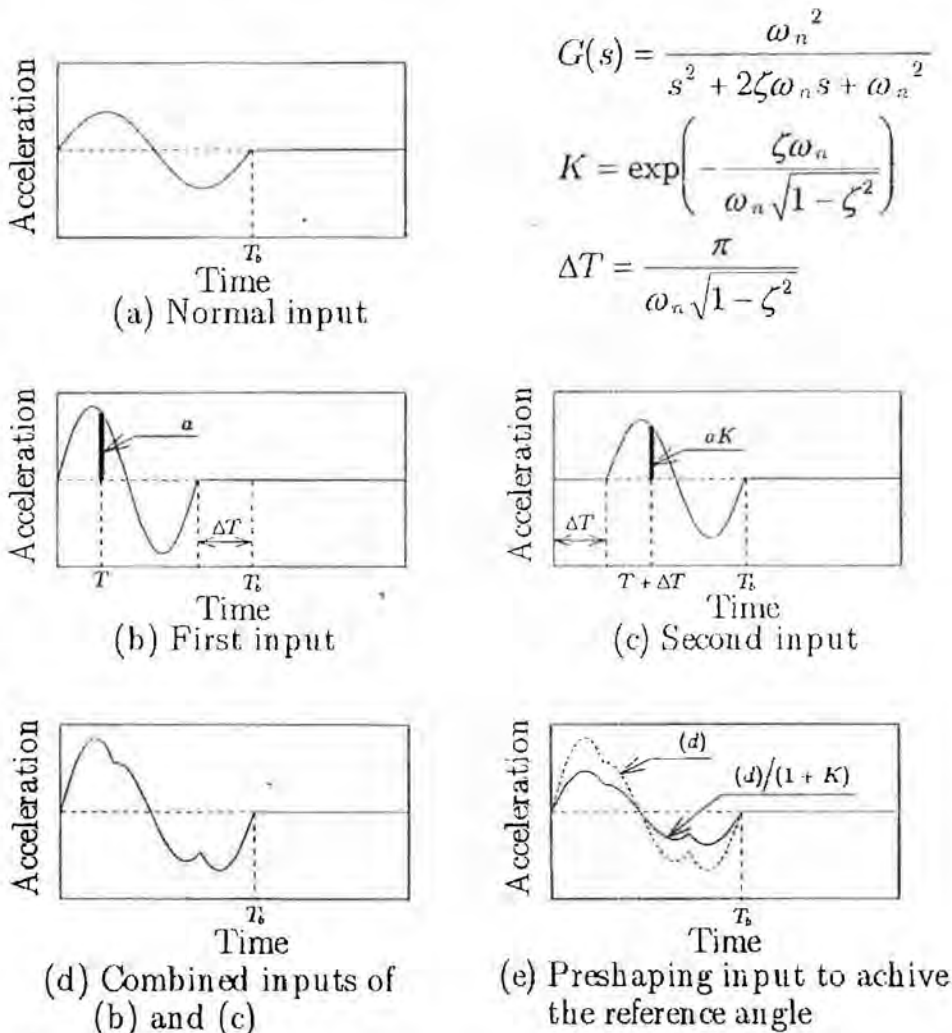
Pada penelitian tahap selanjutnya pengendali model input shaping akan digunakan untuk meredam gelombang permukaan pada ladle pada proses pengecoran. Penelitian ini akan menggunakan alat eksperimen yang dirancang. Penekanan penelitian ini hanya kepada upaya untuk meredam gelombang permukaan dengan dua derajat kebebasan.

3. Model Input Shaping

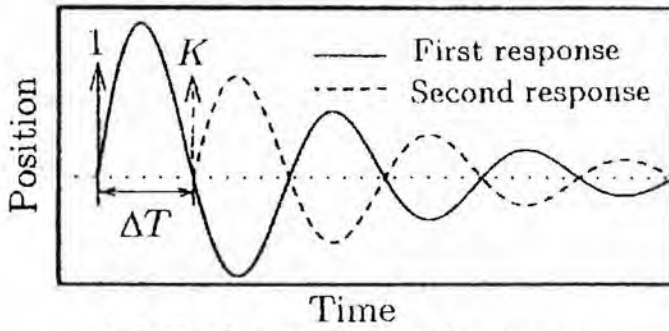
Pengendali yang digunakan pada penelitian tahap kedua ini adalah pengendali Preshaping methods. Metoda ini digunakan karena tidak memerlukan sensor sebagai umpan balik, sehingga dalam simulasi akan lebih mudah dilakukan dan dalam eksperimen atau percobaan dilaboratorium akan menghemat biaya dan sistem menjadi lebih sederhana. Namun dalam menggunakan metoda ini kita memerlukan penentuan pergeseran waktu

gelombang yang tepat karena hal ini akan sangat berpengaruh kepada hasil pengendaliannya.

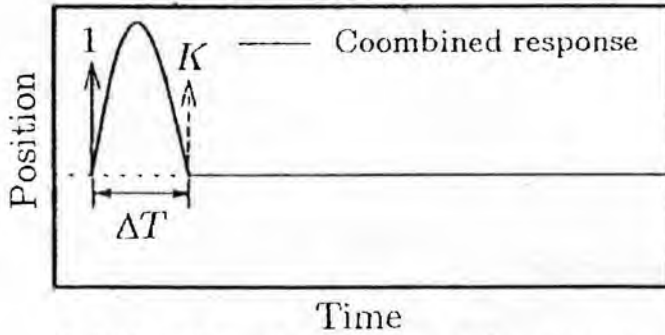
Secara teori model Preshaping ini ditunjukkan pada Gambar 3.1 sampai Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.1 Penerapan prinsip input shaping pada turunan input kendali kontinu berdasarkan kedua reduksi vibrasi dan kendali sudut putar tungku

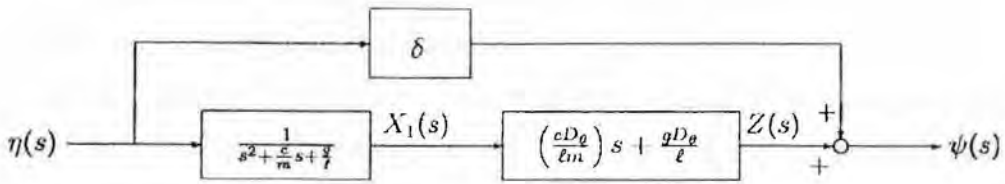


(a) Each impulse and response



(b) Combined impulse and response

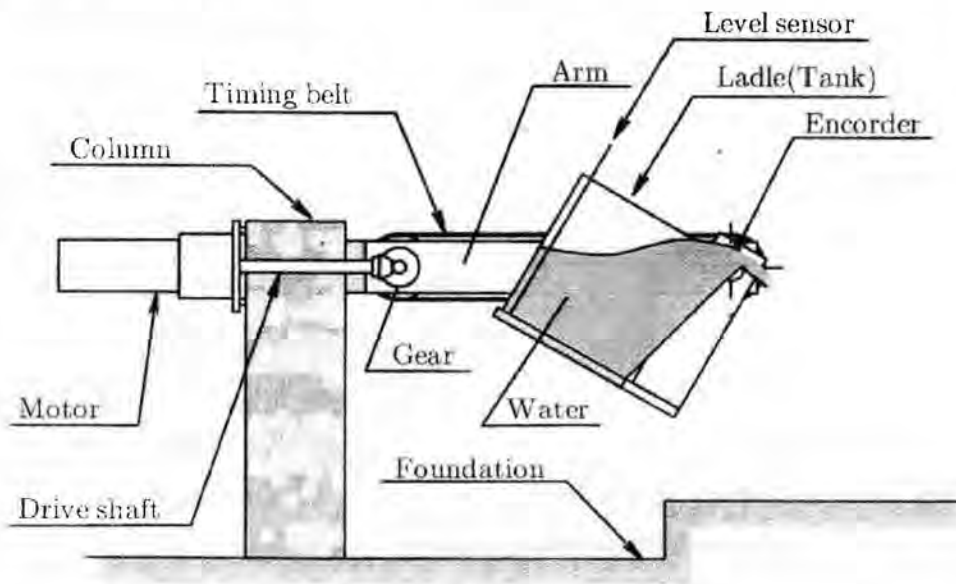
Gambar 3.2 Prinsip mereduksi vibrasi



Gambar 3.3 Sistem kendali fungsi transfer model tipe pendulum

4. Alat Eksperimen

Alat eksperimen yang akan dirancang adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Alat Eksperimen

Pada Gambar 4.1 tampak bahwa motor yang digunakan sebanyak satu buah dan rencananya menggunakan Motor Servo. Aktuator yang digunakan adalah gear dan timing belt, hal ini bertujuan agar gesekan yang terjadi pada system dapat dikurangi. Kecepatan dan besar sudut diukur menggunakan encoder yang ditempatkan pada titik putar tungku (ladle).

Untuk mendeteksi bentuk gelombang permukaan digunakan level sensor yang ditempatkan pada salah satu sisi pada ladle yang berjarak 1 cm dari dinding ladle. Level sensor ini dibuat dari bahan elektroda dua buah yang dipasang secara berdampingan.

Ladle yang digunakan akan dibuat dari bahan akrilik bening, sehingga secara visual dapat diamati secara langsung, sehingga selama proses pengecoran perilaku liquid dapat direkam melalui digital kamera. Ladle ini akan dibuat dengan ketebalan 2 cm sehingga pengamatan hanya dalam dua dimensi.

5. Metoda Penelitian

Metode penelitian yang akan dipakai pada tahap ke dua ini adalah dengan urutan sebagai berikut :

1. Merancang alat eksperimen sistem pengecoran otomatis untuk posisi titik putar tangki yang tetap.
2. Melakukan pengamatan dan pengukuran dengan menggunakan alat eksperimen.
3. Membandingkan hasil perhitungan simulasi dengan hasil pengukuran dan pengamatan eksperimen.
4. Melakukan perubahan parameter yang digunakan baik untuk simulasi komputer maupun untuk eksperimen,
5. Membandingkan hasil perhitungan simulasi dengan hasil pengukuran dan pengamatan eksperimen.
6. Mengembangkan teori sistem kendali dan memperoleh sistem kendali (controller) untuk sistem yang berputar dan mengalami perubahan massa.
7. Menyusun paper yang dapat dipublikasikan ke jurnal nasional maupun Internasional

Adapun langkah-langkah dari penelitian ini dapat ditunjukkan pada flow-chart Gambar 5.1 pada halaman berikut.

Tahun II :

Membuat model eksperimen sistem pengecoran otomatis dengan posisi titik putar tetap
Langkah-langkah :

- Menghitung torsi semua titik putar sesuai dengan beban yang ada
- Memilih motor servo yang diperlukan
- Merakit aktuator dan komponen lainnya
- Membuat Model tangki dari akrilik yang dibeli

- Melakukan pengujian alat eksperimen yang dibuat diantaranya sensor yang digunakan
- Melakukan eksperimen dengan control input dari hasil simulasi dengan melakukan pengulangan pada parameter yang berbeda
- Menyusun data yang diperoleh seperti : data input sudut putar, bentuk gelombang permukaan liquid pada tungku (ladle)
- Membuat grafik dari data yang diperoleh
- Melakukan percobaan dengan variable dan parameter yang berbeda

Melakukan analisa data dan membandingkan dengan hasil simulasi yang telah dilakukan pada tahun I.
Langkah-langkah :

- Menyusun data hasil simulasi
- Membuat grafik data hasil simulasi seperti (sudut putar vs waktu), (besar amplitudo gelombang permukaan liquid vs waktu)
- Menyusun data hasil eksperimen
- Membandingkan data yang diperoleh dengan hasil pengamatan dari hasil eksperimen

Tidak

Apakah Mendekati

Ya

Indikator Capaian :

1. Diperoleh data yang mendekati dengan hasil eksperimen
2. Diperoleh model matematik yang lebih baik

Publikasi pada Jurnal Nasional yang Terakreditasi

- Mencari Jurnal yang sesuai
- Menyusun artikel sesuai jurnal
- Mengirimkan artikel

Gambar 5.1 Flow Chart penelitian tahap ke dua