

SISTEM PERINGATAN DINI KEMUNGKINAN TERJADINYA *BREAKOUT* PADA MESIN PENGECORAN KONTINYU BERBASIS FUZZY

Teguh Sutopo

Program Studi S1 Teknik Informatika
Sekolah Tinggi Teknologi Ilmu Komputer Insan Unggul
Jalan SA Tirtayasa No. 146 Cilegon Banten 42414
email : teguh_stp@yahoo.com

Abstrak

Penomena breakout merupakan peristiwa paling ditakuti dan merupakan bencana besar terkait dengan proses pengecoran baja cair secara kontinyu. Breakout merupakan peristiwa pecahnya kulit bekuan baja yang terbentuk hingga menyebabkan baja yang masih cair di bagian dalam tumpah keluar. Hal ini dapat mengakibatkan kerugian yang sangat besar. Selain membahayakan keamanan yang serius, breakout juga mengakibatkan kehilangan baja cair karena tumpah, kerusakan alat dan kehilangan waktu produksi. Hal ini mengakibatkan kerugian biaya mendekati US\$200.000. Kerugian yang serius ini cukup beralasan untuk membenaran pengembangan suatu sistem deteksi dan strategi pencegahan breakout.

Untuk mencegah atau meminimalisir terjadinya breakout, PT. Krakatau Steel (Persero) Tbk, khususnya pada pabrik “Slab Steel Plan 2” (SSP2) telah mengaplikasikan sistem peringatan dini kemungkinan terjadinya breakout (Breakout Pre Detection System / BOPS) pada mesin pengecoran kontinyu (Continuous Casting Machine / CCM) sejak pabrik dibangun. Akan tetapi, saat ini alat tersebut dalam kondisi rusak dan tidak dapat berfungsi. Disamping itu, alat tersebut juga sudah obsolete, sehingga menyebabkan pengadaan suku cadang atau pengadaan baru menjadi mahal. Selama periode tahun 2010-2011, telah terjadi breakout sebanyak 9 kali dengan kerugian sebesar Rp.10.442.459.666,6,-.

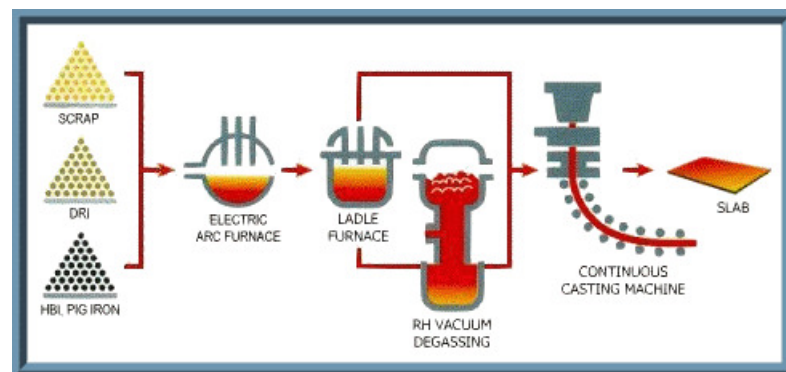
Bersumber dari beberapa literatur dan peluang yang ada, penulis melakukan penelitian untuk membuat prototipe “Sistem Peringatan Dini Kemungkinan Terjadinya Breakout Pada Mesin Pengecoran Kontinyu Berbasis Fuzzy”, dengan harapan dapat diaplikasikan tidak saja di PT. Krakatau Steel (Persero) Tbk, tapi juga di perusahaan sejenis.

Kata kunci : *Sistem Peringatan Dini Kemungkinan Terjadinya Breakout Pada Mesin Pengecoran Kontinyu Berbasis Fuzzy, Breakout Pre Detection System, Continuous Casting Machine.*

1. Pendahuluan

Proses pembuatan baja *slab* merupakan proses yang cukup rumit. Membutuhkan ketelitian dan kehati-hatian yang cukup tinggi. Urutan proses pembuatan baja pada umumnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dimulai di bagian dapur busur listrik (*Electric Arc Furnace / EAF*) atau sejenisnya. Bahan

baku berupa biji besi (*sponge* atau *Direct Reduction Iron / DRI*) ditambah dengan besi tua (*scrap*) dan material lain (*HBI, Pig, Iron* dan lain-lain) dilebur di dalam EAF hingga dihasilkan baja cair (*liquid steel*). Selanjutnya tahap kedua, baja cair dimurnikan sesuai komposisi kimia yang diharapkan. Proses pemurnian dilakukan di bagian *Ladle Furnace* (LF) dan *RH Vacuum Degassing*. Setelah komposisi dan temperatur baja cair sesuai yang diharapkan, maka tahap ketiga yaitu mencetak baja cair tersebut menjadi *slab* di mesin pengecoran kontinyu (*Continuous Casting Machine / CCM*). (G.Thomas, 2001:3-30)



Gambar 1. Proses Pembuatan Baja (dok.pri.)

Proses pengecoran kontinyu adalah metoda pengecoran dengan cara menuangkan baja cair secara terus-menerus (kontinyu) ke dalam cetakan (*mold*). Cetakan terbuat dari bahan tembaga yang terbuka pada bagian bawahnya. Proses pembekuan baja cair diakibatkan adanya perpindahan panas yang terjadi di dalam cetakan sehingga membentuk kulit baja (*strand*). Kulit baja ini semakin lama semakin tebal ke arah bagian bawah cetakan sampai akhirnya membeku sempurna. (J. Adamy, August 29-31,1995:754-759)

Breakout adalah fenomena bencana paling besar yang terkait dengan proses pengecoran baja secara kontinyu, yaitu merupakan peristiwa pecahnya kulit baja yang terbentuk hingga menyebabkan baja yang masih cair di bagian dalam tumpah keluar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Selain membahayakan keamanan yang serius, *breakout* juga mengakibatkan kehilangan baja cair karena tumpah, dan kehilangan waktu produksi. Kejadian ini mengakibatkan kerusakan yang tak terelakkan pada mesin pengecoran, dapat diperkirakan bahwa *breakout* dapat mengakibatkan kerugian biaya mendekati

US\$200.000. Kerugian yang serius ini cukup beralasan untuk membenaran pengembangan suatu sistem deteksi dan strategi pencegahan *breakout*. (W.H. Emling, 1991:153-181)



Gambar 2. Breakout Kulit Baja Slab Yang Pecah (dok.pri.)

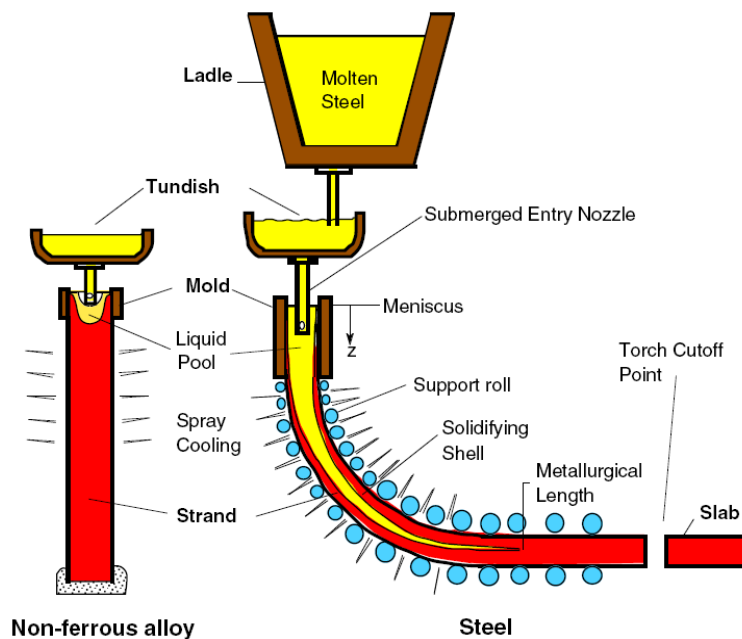
PT. Krakatau Steel (Tbk) Persero (selanjutnya dalam penelitian ini ditulis PT. KS) merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang pembuatan baja. PT. KS telah menggunakan teknologi otomasi dalam proses produksinya, dengan tujuan meningkatkan produktivitas, efisiensi dan kualitas produk serta kinerja perusahaan dengan mengutamakan faktor keamanan dan keselamatan kerja.

2. Landasan Teori

2.1. Proses Pengecoran (*Casting Process*)

Proses pengecoran merupakan proses menghasilkan baja *slab* dengan dimensi ukuran tertentu menggunakan unit Mesin Pengecoran Kontinyu (*Continuous Casting Machine / CCM*). Produk baja *slab* di SSP-2 mempunyai ukuran tebal yang tetap yaitu 200 mm dan panjang 6000 – 12000 mm dan lebar 800 – 1400 mm.

Proses pengecoran baja cair menjadi *slab* dapat dilihat dari Gambar 3. (Brian G.Thomas, 2001:16)



Gambar 3. Skema Proses Pengecoran (Brian G.Thomas, 2001:16)

Dalam konteks pengecoran kontinyu, cetakan (*mold*) merupakan jantung dari operasi. Efisiensi ekstraksi panas dalam cetakan sangat berpengaruh pada kualitas produk pengecoran dan produktivitas mesin. Jika tingkat perpindahan panas dari kulit baja berlebihan dan/atau tidak rata, akan menyebabkan retakan longitudinal pada kulit yang baru membeku. Berbeda dengan perpindahan panas yang berlebihan, perpindahan panas yang tidak mencukupi dapat menyebabkan kulit yang relatif lemah, dan dapat menonjol atau robek saat keluar dari cetakan. Dengan demikian jelas bahwa pemantauan panas pada cetakan dapat memberikan informasi berharga untuk memastikan bahwa aliran panas dipertahankan pada kondisi optimal. (W.H. Emling, 1991:153)

2.2. Model Prototype (*Prototyping Model*)

Dalam proses pengembangan perangkat lunak, terdapat beberapa model proses perangkat lunak yang dapat dipilih berdasarkan sifat aplikasi dan proyeknya. Salah satu dari model proses perangkat lunak tersebut yaitu model prototipe.

Proses pada model prototipe bisa dijelaskan sebagai berikut (Roger S. Pressman. 1982:40):

- a. **Pengumpulan kebutuhan:** pengembang dan klien (dalam hal ini penulis dan operator) bertemu dan menentukan tujuan umum, kebutuhan yang diketahui dan gambaran bagian-bagian yang akan dibutuhkan berikutnya. Detil kebutuhan tidak dibicarakan disini, pada awal pengumpulan kebutuhan.
- b. **Perancangan :** perancangan dilakukan cepat dan rancangan mewakili semua aspek perangkat lunak yang diketahui, dan rancangan ini menjadi dasar pembuatan prototipe.
- c. **Evaluasi prototipe:** evaluasi prototipe yang dibuat dan digunakan untuk memperjelas kebutuhan perangkat lunak.

Perulangan ketiga proses ini terus berlangsung hingga semua kebutuhan terpenuhi. Prototipe-prototipe dibuat untuk memuaskan kebutuhan operasi dan untuk memahami kebutuhan operasi lebih baik.

2.3.Sistem Fuzzy (*Fuzzy Systems*)

Fuzzy logic menyediakan cara sederhana untuk menggambarkan kesimpulan pasti dari informasi yang ambigu, samar-samar, atau tidak tepat. Sedikit banyak, *fuzzy logic* menyerupai pembuatan keputusan pada manusia dengan kemampuannya untuk bekerja dari data yang ditafsirkan dan mencari solusi yang tepat. (Suyanto, 2008:7-8)

Operasi Dasar Fuzzy

a) **Complement :** $\mu_{\overline{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$

b) **Union (Disjunction) :** $\mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)]$

c) **Intersection (Conjunction):** $\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$

Pengukur Kesamaran (*Fuzzy Quantifier*)

Menggambarkan pendekatan pengukuran *fuzzy logic*.

Fuzzy Quantifier digunakan untuk **Disposisi** (pernyataan yang mengandung makna “*Implied*” dalam Fuzzy).

Compositional Operator: o

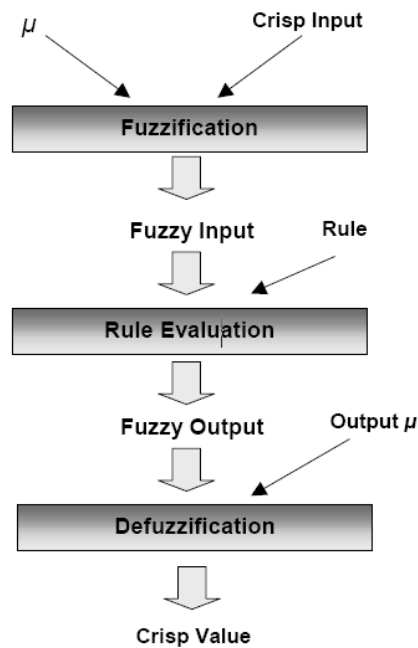
Approximately adequate income (y) =

Adequate income (x) **o** Approximately equal income (y)

$$\begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1m} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2m} \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nm} \end{bmatrix}$$

Sistem Berbasis Aturan Fuzzy (*Fuzzy-Rule-Based Systems*)

Suatu sistem berbasis aturan fuzzy terdiri dari tiga komponen utama (Suyanto, 2008:27-32): *Fuzzyfication*, *Inference* dan *Defuzzyfication* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 4. Diagram Blok Berbasis Aturan Fuzzy (Suyanto, 2008:27-32)

3. Analisa dan Perancangan

3.1 Analisa Proses

Terdapat beberapa parameter yang berpengaruh terhadap keberhasilan proses pencetakan dan kualitas baja *slab* dengan sistem pengecoran kontinyu, yaitu : temperatur baja cair (*liquidus temperature*), pemberian tepung pelumas (*casting powder*), pembatas cetakan (*mold tapper*), kecepatan pengecoran (*casting speed*), standar kelas baja (*steel grade*), kebersihan baja (*steel clean*), pelepasan panas (*super heat*), pergerakan cetakan (*oscilation*), kedalaman baja di dalam cetakan (*mold level*). Penyimpangan nilai parameter dari batas yang ditentukan dapat mengakibatkan kegagalan pencetakan atau penyimpangan

kualitas yang diharapkan, sehingga produk harus di-*down grade* atau di- *reject*. Bahkan, yang lebih parah dapat mengakibatkan terjadinya *breakout*.

Adapun proses-proses akuisisi data Sistem BOPS adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Proses-proses Akuisisi Data BOPS

No.	Proses	Data	Keterangan
1	Pengukuran temperatur permukaan dinding mold	Tegangan listrik	Tegangan listrik dibangkitkan oleh adanya panas yang merambat pada dinding mold dan mengenai termokopel (tipe K). Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan berbanding lurus dengan temperatur.
2	Konversi besaran temperatur (berupa tegangan listrik) ke besaran arus listrik	Arus Listrik	Besaran temperatur yang diwakili tegangan listrik pada termokopel diubah ke dalam bentuk arus (4-20mA) dengan menggunakan transduser
3	Konversi sinyal analog ke digital	Data Diskrit	Perubahan sinyal analog ke digital dilakukan dengan menggunakan Analog to Digital Converter (ADC) yang terdapat pada PLC (Analog Input)
4	Konversi nilai arus listrik ke nilai Temperatur	Temperatur	Perubahan nilai arus dalam bentuk diskrit ke nilai temperatur dalam bentuk desimal. Proses ini dilakukan pada tingkat PLC
5	Akuisisi Data	Data-data aktual dan Data-data Parameter (Tabel 3.2)	Proses akuisisi data dengan metode pengenalan pola berbasis Fuzzy untuk mendeteksi kemungkinan terjadinya Breakout. Semua data didapat dari PLC dan dibandingkan dengan data-data parameter.

Tabel 2. Daftar Parameter BOPS

Parameter	Value	Unit
Cast speed limit H	0.7	m/min
Area – Control	Yes	
Computer break – off	Yes	
Speed – setpoint	0.5	m/min
Cast speed limit L	0.4	m/min
Cast level limit	15	mm
Steel in mold	100	°C

Pair	Show	Tolerance	PreAlarm
W-I1	Yes	-10	40
W-I2	Yes	-10	40
W-I3	Yes	-10	40
W-I4	Yes	-10	40
W-O1	Yes	-10	40
W-O2	Yes	-10	40
W-O3	Yes	-10	40
W-O4	Yes	-10	40
N-L	Yes	-10	40
N-R	Yes	-10	40

3.2 Analisa Data

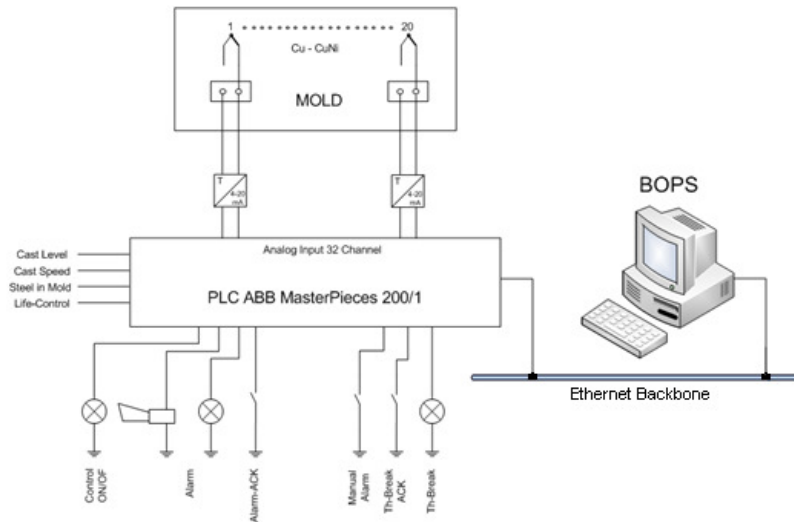
Kebutuhan data dalam perancangan BOPS adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Kebutuhan Data BOPS

No.	Nama Data	Atribut	Keterangan
1	Temperatur	WI1U WI2U WI3U WI4U WO1U WO2U WO3U WO4U WLU WRU WI1L WI2L WI3L WI4L WO1L WO2L WO3L WO4L WLL WRL	Data temperatur dari termokopel yang terpasang sebanyak 20 buah di dinding mold, yaitu sisi dalam (<i>Wide Inner / WI</i>) , sisi luar (<i>Wide Outer / WO</i>) dan sisi samping kiri (<i>Wide Nero Left / WL</i>) serta sisi samping kanan (<i>Wide Nero Right / WR</i>). Masing-masing termokopel berpasangan (<i>pair</i>) atas (<i>Upper</i>) dan bawah (<i>Lower</i>)
2	Kecepatan Pengecoran / Casting Speed	SPEED	Data laju kecepatan pengecoran didapat dari PLC Strand, yang berasal dari sensor kecepatan (<i>Tacho meter</i>).
3	Level Baja Cair / Mold Level	LEVEL	Data didapat dari PLC Interstop yang dikirim ke PLC Common

3.3 Analisa Perangkat

Analisa perangkat digunakan untuk menspesifikasikan kebutuhan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang diperlukan dalam menjalankan aplikasi BOPS. Untuk kebutuhan perangkat keras dan konfigurasinya digambarkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 5. Diagram Pengkawatan (Wiring Diagram) BOPS

Tabel 4. Kebutuhan Perangkat BOPS

No.	Perangkat	Keterangan
1	Komputer Personal	Komputer tersebut untuk menjalankan aplikasi BOPS, dengan spesifikasi utama sebagai berikut: - Processor intel pentium 4 atau lebih, - RAM dengan kapasitas 512 MB atau lebih, - Harddisk dengan kapasitas 80 GB atau lebih, - Mouse, Keyboard, CD/DVD Drive - NIC Ethernet 10/100 MBPS - Monitor berwarna - Pencetak berwarna.
2	PLC (<i>Programmable Logic Controller</i>) dengan AI (<i>Analog Input</i>) 32 kanal	PLC ABB Masterpiece 200/1 (sudah terpasang/ <i>exiting</i>), merupakan peralatan kendali utama mesin pengecoran kontinyu.
3	<i>Transmitter</i>	Digunakan sebagai tranduser untuk mengkonversi besaran panas (temperatur) ke besaran arus listrik
4	Termokopel	Tipe K (Cu-CuNi) digunakan sebagai sensor temperatur yang dipasang pada dinding mold (sudah terpasang/ <i>exiting</i>)
5	<i>Tranceiver</i>	Ethernet adapter untuk menghubungkan PC ke jaringan PLC (Computer Level 1).

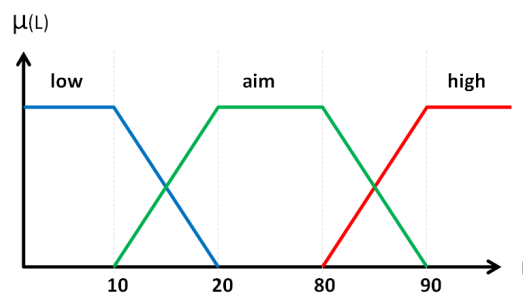
6	Pencetak (<i>Printer</i>)	Pencetak berwarna untuk mencetak data parameter, grafik waktu nyata, dan histori alarm (<i>logger alarm</i>)
7	Sistem Operasi	MS Windows XP SP2
8	Protocol Komunikasi	OPC G-COM DDE, digunakan untuk komunikasi data antara PLC dengan PC (BOPS)
9	Pemrograman	Visual Basic 2008
10	Database	Ms Access 2003 atau lebih

3.4 Aturan Logika Fuzzy Pada Aplikasi BOPS

a. Fungsi Keanggotaan Fuzzy Peubah Pada BOPS

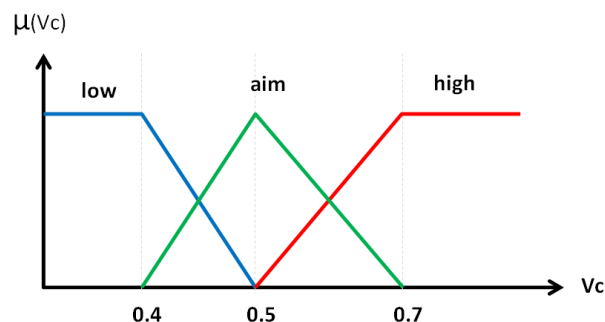
Berikut adalah fungsi keanggotaan fuzzy dari beberapa peubah yang berpengaruh terhadap terjadinya *breakout* :

1. Fungsi keanggotaan peubah ketinggian baja cair dalam cetakan (*Mold Level*) berbentuk trapesium dengan tiga linguistik *low*, *aim*, *high* dengan interval nilai 10 sampai 90



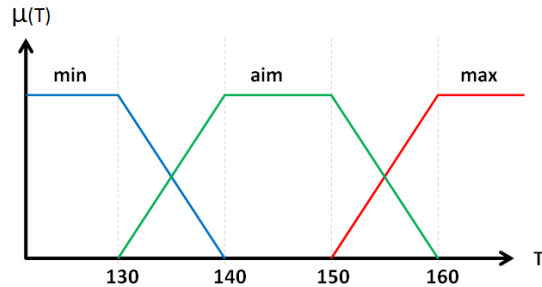
Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Trapesium Peubah Ketinggian Baja Cair Dalam Mold

2. Fungsi keanggotaan peubah kecepatan pengecoran (*casting speed*) berbentuk segitiga dengan tiga linguistik *low*, *aim*, *high* dengan interval nilai 0.4 sampai 0.7



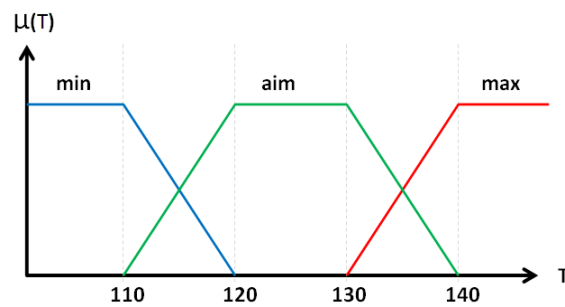
Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Segitiga Peubah Kecepatan Pengecoran

3. Fungsi keanggotaan peubah temperatur termokopel atas (*Upper*) berbentuk trapesium dengan tiga linguistik *min*, *aim*, *max* dengan interval nilai 130 sampai 160



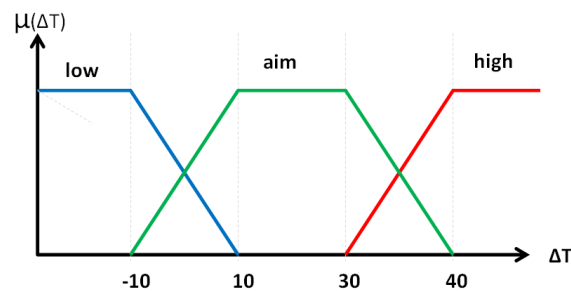
Gambar 8. Fungsi Keanggotaan Trapesium Peubah Temperatur Termokopel Atas (*Upper*)

4. Fungsi keanggotaan peubah temperatur termokopel bawah (*Lower*) berbentuk trapesium dengan tiga linguistik *min*, *aim*, *max* dengan interval nilai 110 sampai 140



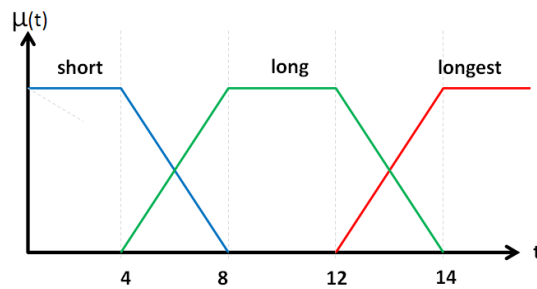
Gambar 9. Fungsi Keanggotaan Trapesium Peubah Temperatur Termokopel Bawah (*Lower*)

5. Fungsi keanggotaan peubah perbedaan temperatur (ΔT) termokopel atas (*Upper*) dan bawah (*Lower*) berbentuk trapesium dengan tiga linguistik *low*, *aim*, *high* dengan interval nilai -10 sampai 40



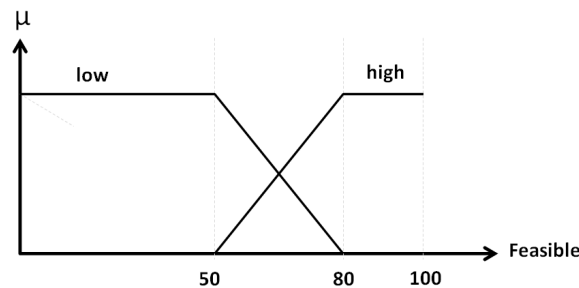
Gambar 10. Fungsi Keanggotaan Trapesium Peubah Perbedaan Temperatur (ΔT)

6. Fungsi keanggotaan peubah pewaktu berbentuk trapesium dengan tiga linguistik *short*, *long*, *longest* dengan interval nilai 4 sampai 14



Gambar 11. Fungsi Keanggotaan Trapesium Peubah Pewaktu

7. Fungsi keanggotaan peubah kelayakan berbentuk trapesium dengan dua linguistik *low* dan *high* dengan skala 0 sampai 100



Gambar 12. Fungsi Keanggotaan Trapesium Peubah Kelayakan Alarm

b. Aturan Fuzzy (Fuzzy Rules) BOPS

Dari fungsi keanggotaan yang berpengaruh terhadap terjadinya *breakout*, dapat dibentuk tiga aturan fuzzy (*fuzzy rules*) yaitu:

1. Aturan fuzzy untuk menentukan nilai kelayakan alarm *level* (ketinggian baja cair dalam *mold*)

Tabel 5. Aturan Fuzzy Untuk Menentukan Alarm Level

Kecepatan Casting (V_c)	Minimum	Aim	Maximum
Mold Level (L)			
Minimum	low	high	high
Aim	low	low	low
Maximum	low	low	low

2. Aturan fuzzy untuk menentukan nilai kelayakan alarm *High Temperature* (temperatur termokopel atas dan bawah)

Tabel 6. Aturan Fuzzy Untuk Menentukan Alarm Defference

deltaT	Minimum	Aim	Maximum
Waktu			
short	low	low	low
long	low	low	low
longest	high	low	low

3. Aturan fuzzy untuk menentukan nilai kelayakan alarm kenaikan temperatur melebihi parameter.

Tabel 7. Aturan Fuzzy Untuk Menentukan Alarm Kenaikan Temperatur Melebihi Parameter

Upper	Minimum	Aim	Maximum
Lower			
Minimum	low	low	low
Aim	low	low	low
Maximum	low	low	high

c. Penalaran (*Inference*) Pada BOPS

Berdasarkan *fuzzy input* dan *fuzzy rules* yang telah ditentukan maka dilakukan penalaran sehingga menghasilkan *fuzzy output* untuk pengenalan pola kemungkinan akan terjadinya *breakout* sebagai berikut (H.Kappelmann, 1992:32-37):

1. Komputer tidak memegang kendali, jika

- a) Semua termokopel dalam keadaan rusak.

atau

- b) Ketinggian baja cair (dalam mold) kurang dari batas (10 mm pada daftar parameter).

atau

- c) Kecepatan pengecoran kurang dari batas kecepatan pengecoran L (low) (0.4 m/min pada daftar parameter).

atau

- d) Kecepatan pengecoran kurang dari batas kecepatan pengecoran L dan tidak mencapai batas kecepatan pengecoran H (0.7 m/min pada daftar parameter).

atau

- e) Pada saat terjadi Pre-Alarm atau Alarm.

atau

- f) Telah terjadi kerusakan sekering.

atau

- g) Sedang berlangsung perekaman data alarm.

2. Alarm dibangkitkan karena kenaikan temperatur melebihi parameter, jika

- a) Perbedaan temperatur termokopel atas dan bawah lebih besar daripada prealarm-5 (40°C pada daftar parameter).

dan

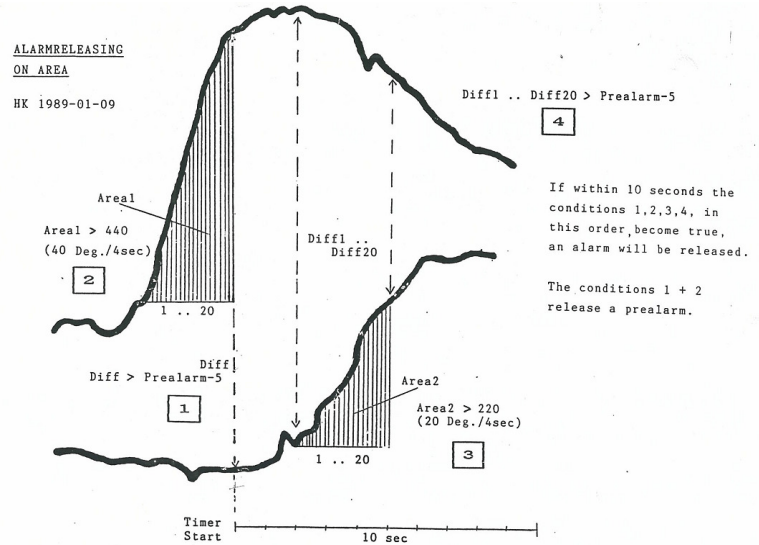
- b) Kenaikan temperatur termokopel atas lebih besar daripada $40^{\circ}\text{C}/4$ detik. Kondisi ini membangkitkan prealarm dan *timer* mulai menghitung selama 10 detik.

dan

- c) Dalam 10 detik ini, kenaikan temperatur termokopel bawah lebih besar daripada $20^{\circ}\text{C}/4$ detik.

dan

- d) AREA-CONTROL dalam daftar parameter ditandai dengan centang ($\surd$).



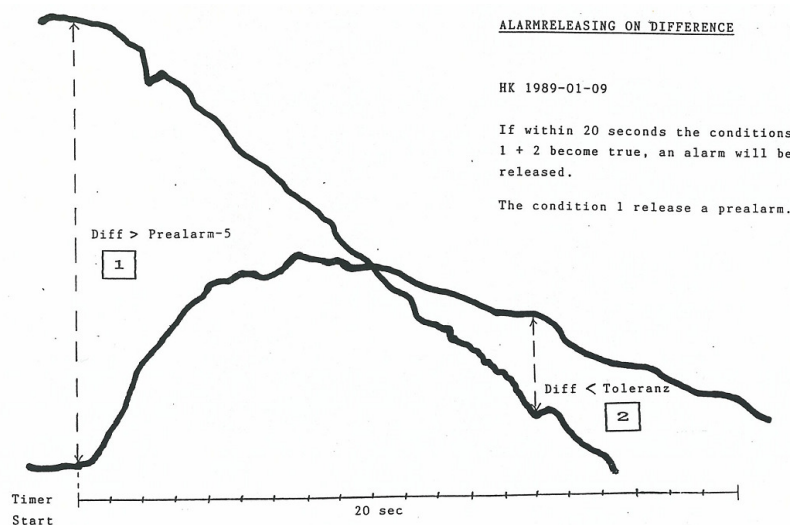
Gambar 13. Alarm Releasing On Area (H.Kappelmann, 1992:34)

3. Alarm dibangkitkan karena perbedaan temperatur termokopel atas dan bawah, jika

- Perbedaan temperatur termokopel atas dan bawah adalah lebih besar daripada prealarm (40°C pada daftar parameter). Kondisi ini membangkitkan pre-alarm dan *timer* mulai menghitung selama 20 detik.

dan

- Dalam 20 detik, perbedaan temperatur termokopel atas dan bawah adalah kurang dari toleransi (-10°C pada daftar parameter).



Gambar 14. Alarm Releasing On Difference (H.Kappelmann, 1992:36)

4. Alarm Level (Ketinggian baja cair di dalam mold) dibangkitkan, jika

a) Ketinggian baja cair di dalam mold turun di bawah 10 mm (pada daftar parameter).

dan

b) Kecepatan pengecoran lebih besar daripada 0.4 m/min (pada daftar parameter).

dan

c) Dimana tidak/belum ada alarm lain.

dan

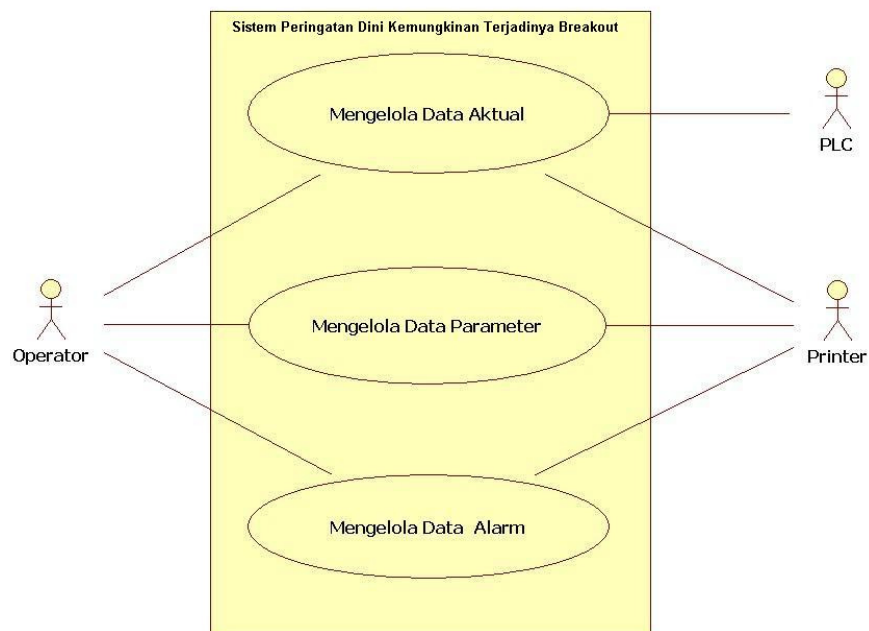
d) Salah satu termokopel B-I2, B-I3, B-O2 dan B-O3 ada yang rusak.

dan

e) Salah satu termokopel (tanpa kerusakan) memiliki temperatur lebih dari 150°C

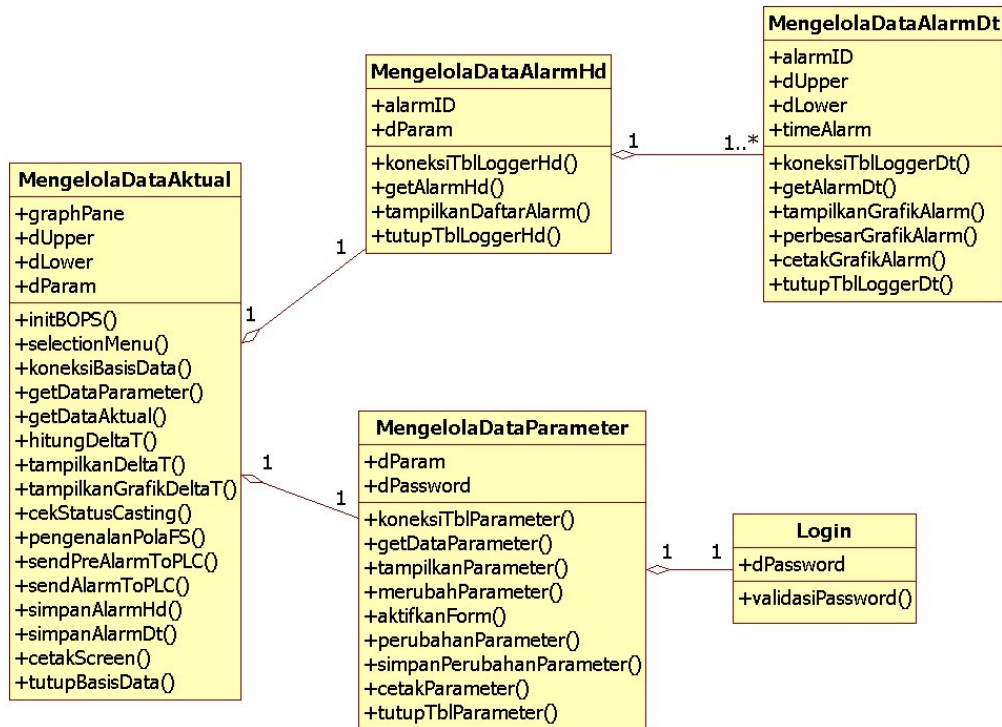
3.5 Perancangan Model Prototipe Aplikasi BOPS Dengan UML

a. Use Case Diagram



Gambar 15. Use Case Diagram BOPS

b. Diagram Kelas (*Class Digram*)

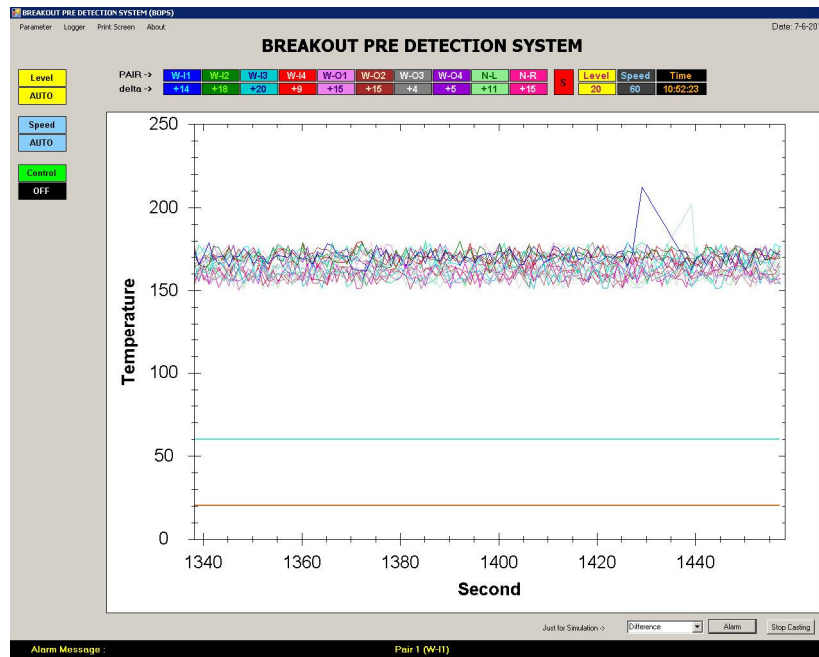


Gambar 16. Class Diagram BOPS

4. 4. Hasil

Antarmuka pengguna BOPS terdiri dari antarmuka pengguna utama dengan judul “BREAKOUT PRE-DETECTION SYSTEM (BOPS)”, antarmuka pengguna parameter dengan judul “PARAMETER”, antarmuka pengguna histori alarm dengan judul “ALARM LOGGER”, dan antarmuka pengguna informasi dengan judul “ABOUT”. Berikut ini adalah antarmuka pengguna untuk operator berinteraksi dengan aplikasi :

a. Antarmuka Pengguna BOPS



Gambar 17. Antarmuka Pengguna BOPS

Di dalam antarmuka pengguna BOPS terdapat beberapa bagian yaitu :

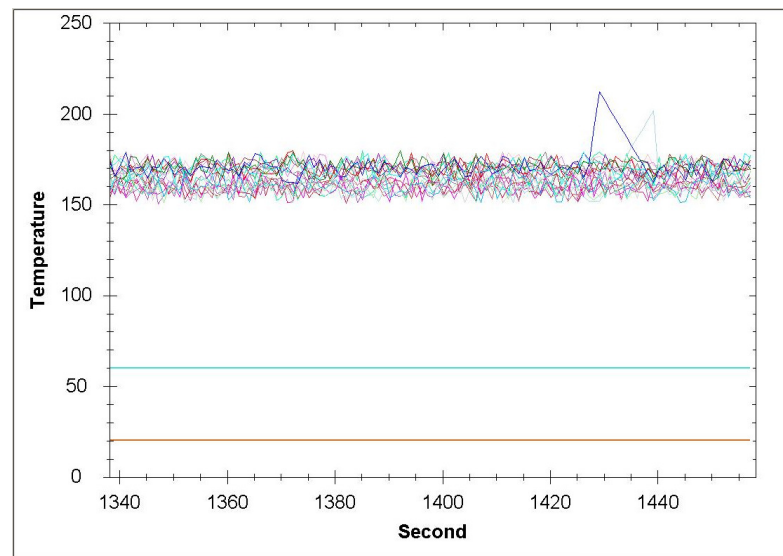
1. Menu Pilihan, yang terdiri dari **Parameter** untuk menuju ke antarmuka pengguna parameter, **Logger** untuk menuju ke antarmuka pengguna histori alarm, **Print Screen** untuk mencetak tampilan aktif dan **About** untuk menampilkan informasi mengenai aplikasi BOPS.



Gambar 18. Menu Pilihan

2. Jendela grafik. Pada jendela tersebut, data aktual direpresentasikan dalam bentuk grafik secara waktu nyata (*real-time*) dengan pergantian waktu (*cyclic-time*) per detik. Tampilkan grafik dalam bentuk grafik garis 2 dimensi dengan aksis mendatar adalah **Second** (detik) yang terus bergerak selama proses pengecoran berlangsung dan aksis ke atas adalah **Temperature** ($^{\circ}\text{C}$) yang skalanya dapat berubah otomatis menyesuaikan nilai terukur. Grafik merepresentasikan nilai temperatur terukur termokopel sisi atas (*upper*) dan sisi bawah (*lower*) dari sisi dalam (*Wide Inner / WI*), sisi luar (*Wide Outer / WO*), sisi kiri (*Nerrow Left / NL*), dan sisi kanan (*Narrow Right / NR*), juga menampilkan nilai ketinggian baja cair dalam cetakan (*Mold Level*), dan kecepatan pengecoran (*Casting*

speed). Masing-masing grafik garis dapat ditampilkan atau tidak, diatur pada parameter.



Gambar 19. Jendela Grafik Data Aktual

3. Tampilan nilai aktual, terdiri dari nilai-nilai selisih (delta) temperatur termokopel atas dan bawah (WI-1 - WI-4, WO-1 - WO-4, NL, NR), status baja dalam cetakan (S), ketinggian baja dalam cetakan (Level), kecepatan pengecoran (Speed), dan waktu aktual (Time). Nilai-nilai tersebut ditampilkan secara waktu nyata (real-time).

PAIR ->	W-I1	W-I2	W-I3	W-I4	W-O1	W-O2	W-O3	W-O4	N-L	N-R	S	Level	Speed	Time
delta ->	+18	+1	+12	-3	+1	+5	+14	+5	+10	+6		20	60	10:37:11

Gambar 20. Nilai Aktual

4. Tampilan indikator mode operasi. Tampilan ini menampilkan mode operasi yang dipilih oleh operator melalui HMI (Human Machine Interface) pada computer level 1 yaitu pengaturan ketinggian baja dalam cetakan AUTO atau MANUAL. AUTO artinya ketinggian baja cair dalam cetakan dikendalikan oleh komputer dalam hal ini oleh computer level 1 dan MANUAL artinya ketinggian baja cair dalam cetakan dikendalikan oleh operator. Begitu pula dengan kecepatan pengecoran. Untuk indikator Control bernilai ON atau OFF. ON artinya aplikasi BOPS mendeteksi kondisi cetakan selama proses pengecoran dan akan memberikan pesan peringatan pada operator jika terdapat inidikasi alarm. Sedangkan OFF

berarti kondisi pencetakan tidak dideteksi, hal ini dapat terjadi jika pada parameter BOPS, Control tidak diaktifkan atau aplikasi sedang merekam data alarm.



Gambar 21. Indikator Mode Operasi

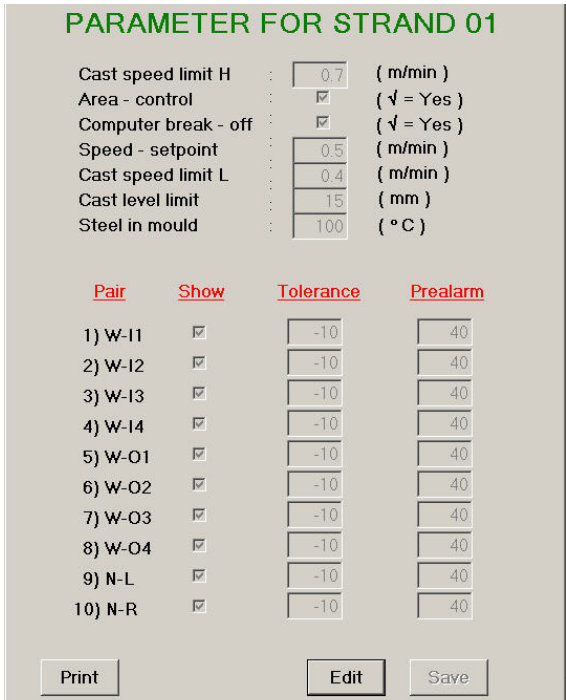
5. Jendela Alarm. Jendela alarm merupakan tempat untuk menampilkan pesan-pesan peringatan alarm.



Gambar 22. Jendela Pesan Alarm

b. Antarmuka Pengguna Parameter

Antarmuka pengguna Parameter diaktifkan melalui pemilihan menu Parameter pada antarmuka pengguna BOPS. Antarmuka pengguna Parameter merupakan fasilitas dalam aplikasi BOPS untuk memasukkan dan mengubah data-data parameter. Berikut bentuk tampilan antarmuka pengguna Parameter :



Gambar 23. Antarmuka Pengguna Parameter

Pada antarmuka pengguna parameter terdapat beberapa bagian, yaitu bagian untuk pemasukan/perubahan data parameter dan tombol-tombol fungsi.

1. Bagian pemasukan/perubahan parameter terdiri dari dua kelompok yaitu kelompok parameter umum yang terdiri dari parameter kecepatan pengecoran, ketinggian baja dalam cetakan, dan kontrol aplikasi. Sedangkan kelompok lainnya, yaitu kelompok parameter temperatur (batasan selisih temperatur pada tiap termokopel atas dan bawah).

Cast speed limit H	:	0.7	(m/min)
Area - control	:	☒	(√ = Yes)
Computer break - off	:	☒	(√ = Yes)
Speed - setpoint	:	0.5	(m/min)
Cast speed limit L	:	0.4	(m/min)
Cast level limit	:	15	(mm)
Steel in mould	:	100	(° C)

Gambar 24. Parameter Kelompok Umum

<u>Pair</u>	<u>Show</u>	<u>Tolerance</u>	<u>Prealarm</u>
1) W-I1	☒	-10	40
2) W-I2	☒	-10	40
3) W-I3	☒	-10	40
4) W-I4	☒	-10	40
5) W-O1	☒	-10	40
6) W-O2	☒	-10	40
7) W-O3	☒	-10	40
8) W-O4	☒	-10	40
9) N-L	☒	-10	40
10) N-R	☒	-10	40

Gambar 25. Parameter Kelompok Temperatur

2. Bagian tombol-tombol fungsi terdiri tiga yaitu tombol Print, digunakan untuk mencetak parameter ke pencetak (printer). Sebelum dicetak ke pencetak, hasil yang akan dicetak ditampilkan terlebih dahulu pada jendela pra-cetak. Tombol ke dua yaitu tombol Edit. Tombol tersebut digunakan untuk mengaktifkan bagian tampilan parameter pemasukan/perubahan. Tampilan ini hanya dapat diaktifkan bila kondisi mesin pengecoran tidak dalam operasi (end casting). Tombol Edit berfungsi mengaktifkan bagian

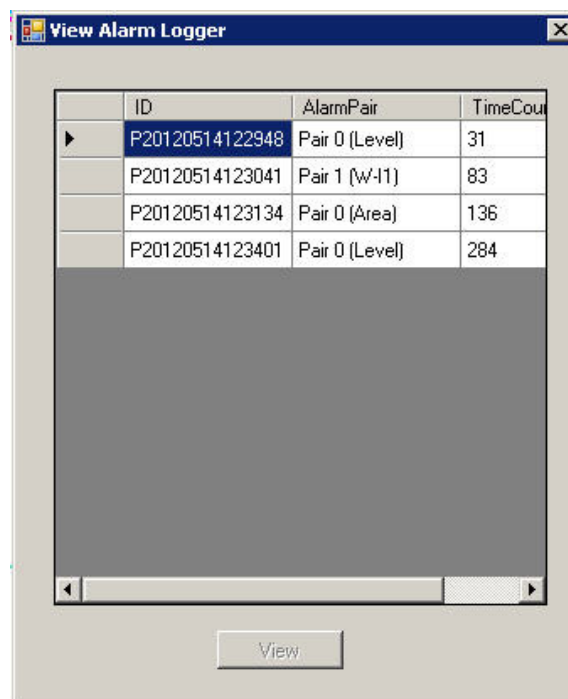
tampilan parameter pemasukan/perubahan sehingga data-data parameter dapat diubah dan mengaktifkan tombol Save. Tombol Save berfungsi untuk menyimpan data ke dalam basis data.



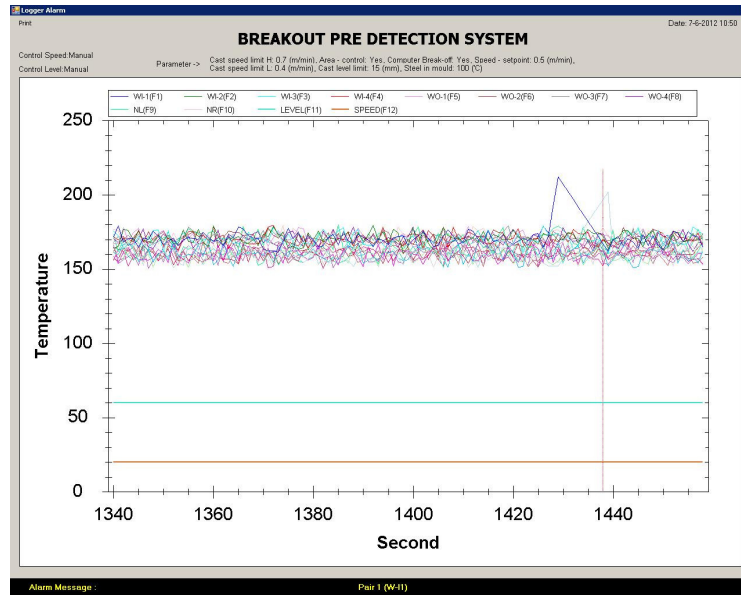
Gambar 26. Tombol Fungsi Navigasi

c. Antarmuka Pengguna Pemilihan Histori Alarm (Logger)

Antarmuka pengguna pemilihan histori alarm (Logger) adalah antarmuka pengguna yang dipilih dari menu Logger yang ada pada antarmuka pengguna BOPS. Antarmuka pengguna tersebut akan menampilkan daftar histori alarm dalam bentuk tabel (Grid View) seperti tampak pada Gambar 4.11. Untuk menampilkan histori alarm, operator cukup memilih histori yang dikehendaki pada tabel dan kemudian klik tombol VIEW, maka histori alarm akan ditampilkan pada antarmuka pengguna histori alarm dalam bentuk grafik. Seperti tampak pada Gambar 4.12.

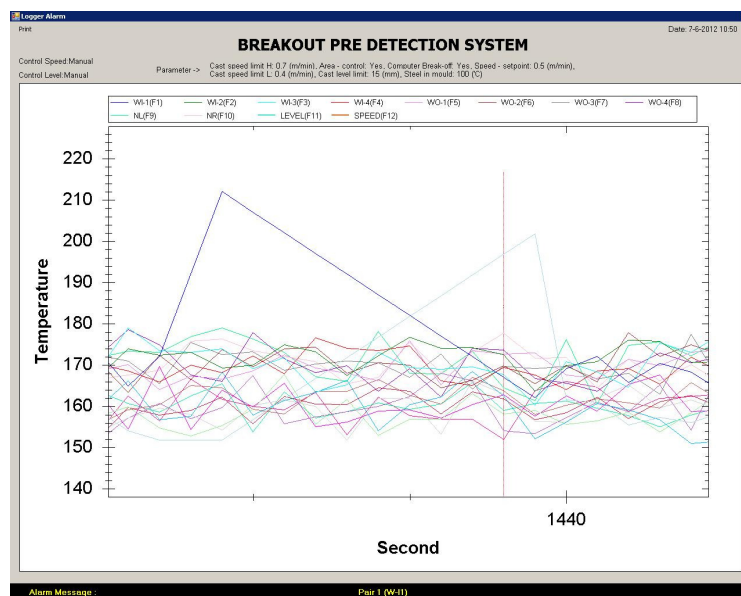


Gambar 27. Antarmuka Pengguna Daftar Histori Alarm (Logger)



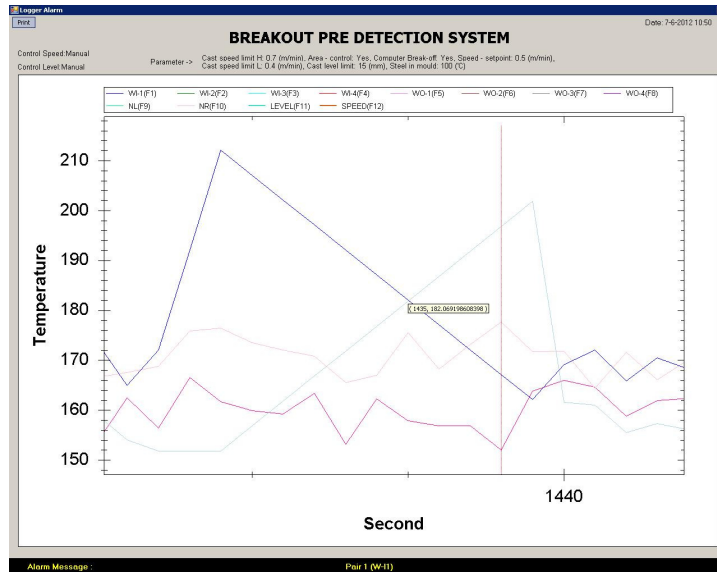
Gambar 28. Antarmuka Pengguna Grafik Statis Histori Alarm

Tampilan grafik pada jendela grafik histori dapat diperbesar/diperkecil sehingga dapat memperjelas tampilan yang dikehendaki.



Gambar 29. Grafik Histori Alarm Diperbesar (Zoom)

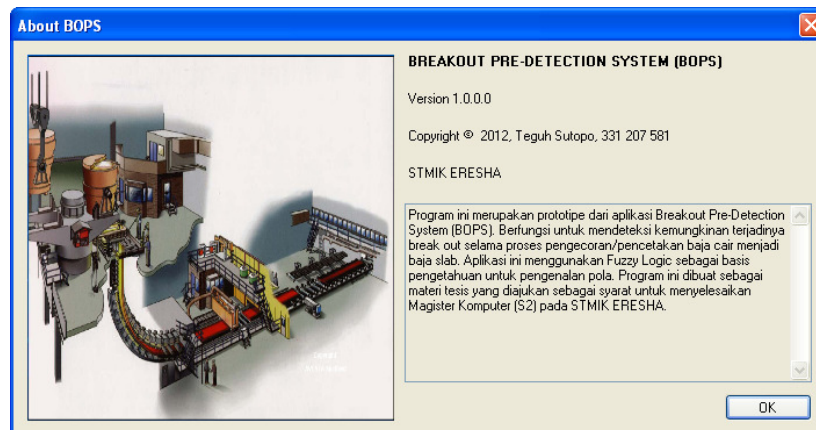
Begitu pula dengan grafiknya dapat dihilangkan atau ditampilkan hanya dengan menekan tombol fungsi F1 sampai dengan F12 pada papan ketik. Untuk mencetak tampilan grafik, operator dapat memilih menu Print, maka tampilan di layar akan ditampilkan pada jendela pra-cetak. Bila dikehendaki, dapat dicetak ke pencetak.



Gambar 30. Grafik Dipilih Pada Daerah Tertentu

d. Antarmuka Pengguna Informasi (About)

Antarmuka pengguna informasi berisi informasi mengenai aplikasi BOPS.



Gambar 31. Antarmuka Pengguna Informasi Tentang BOPS

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pembuatan prototipe aplikasi BOPS dengan metode rekayasa ulang (*re-engineering*) dan pemanfaatan ulang (*reusable*) dari bagian-bagian sistem BOPS lama yang masih dapat dimanfaatkan, maka diperoleh sebuah sistem BOPS baru dengan biaya yang relatif murah, mudah dikelola dan terintegrasi dengan sistem kendali yang ada.

- b. Dari beberapa parameter yang sangat berpengaruh pada keberhasilan proses pencetakan baja *slab*, terdapat tiga diantaranya dapat dimanfaatkan untuk memprediksi terjadinya *breakout*. Dengan menggunakan sistem Fuzzy dengan metode Mamdani, perubahan nilai ketiga parameter tersebut dapat digunakan untuk menentukan kapan akan terjadi *breakout*. Fungsi keanggotaan fuzzy pada prototipe aplikasi BOPS terdiri dari fungsi trapesium ketinggian baja cair dalam cetakan (*mold level*), fungsi segitiga kecepatan pengecoran (*casting speed*), fungsi trapesium temperatur termokopel atas (*upper*), fungsi trapesium temperatur termokopel bawah (*lower*), dan fungsi trapesium selisih temperatur termokopel atas dan bawah (ΔT). Penalaran (*inference*) nilai masukan (*fuzzy input*) menjadi nilai keluaran (*fuzzy output*) dengan menggunakan metode Mamdani yang membentuk 3 aturan fuzzy (*fuzzy rules*) dan *defuzzifikasi* dengan metode Centroid.

6. Daftar Pustaka

- J. Adamy (August 29-31,1995). "*Breakout Prediction for Continuous Casting by Mealy Automata*". *Proceedings of the 3rd European Congress of Intelligent Techniques and Soft Computing* (pp. 754-759). Aachen, Germany: Eufit.
- B. Mairy, N. Melardy, D. Ramelot, and P. Balthasart (1990). "*Recent Developments in Mould Monitoring*". *ISS PTD Conference Proceedings*, (pp. 73-81) dalam jurnal W.H. Emling, and S. Dawson. (1991). "Mould Instrumentation for Breakout Detection and Control". *Steelmaking Conference Proceedings* (pp. 166-169). ISS/AIME, Vol. 74.
- Brian. G.Thomas (2001). "Modeling of The Continuous Casting of Steel Past, Present and Future". *Electric Furnace Conference Proceedings*. 59, pp. 3-30. Phoenix, AZ: ISS, Warrendale, PA.
- B.G. Thomas, "Continuous Casting: Modeling," *The Encyclopedia of Advanced Materials*, (J.Dantzig, A. Greenwell, J. Michalczyk, eds.) Pergamon Elsevier Science Ltd., Oxford, UK, Vol.2, 2001, 8p., (Revision 3, Oct. 12, 1999).
- J. Savage, and W.H. Pritchard (1954, November). "*The Problem of Rupture of Billet in the Continuous Casting of Steel*". *The Iron and Steel Institute* , 269-277 dalam jurnal W.H. Emling, and S. Dawson. (1991). "Mould Instrumentation for Breakout Detection and Control". *Steelmaking Conference Proceedings* (pp. 166-169). ISS/AIME, Vol. 74.

- J. Shipman, and H.L. Gilles (1977). "*Method and Apparatus for Determining Heat Removal From a Continuous Caster*" Patent No. 4,006,633. United States of America.
- Divisi SSP2 PT. Krakatau Steel (Tbk) Persero. (2012). *Laporan Produksi Tahun 2010-2011*.
- S. Itoyama, H. Yamanaka, S. Tanaka, T.Yunde, and T. Kuroki. (1988). "*Prediction and Prevention System for Sticking Type Breakout in Continuous Casting*", (pp.97-102). 1988 ISS Steelmaking Conference Proccedings,
- Rosa A.S, M. Shalahuddin. (2011). "*Rekayasa Perangkat Lunak*", (pp.117-180). Bandung: Modula.
- Hanif Al Fatta. (2007). "*Analisa dan Perancangan Sistem Informasi untuk Keunggulan Bersaing Perusahaan dan Organisasi Modern*", (pp.169-173). Yogyakarta: Andi.