

Perancangan Gating System pada Piston Mobil Sinjai Dengan Metode Gravity Die Casting

Rizki Yustisiabellah dan Indra Sidharta

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri (FTI), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: sidarta@me.its.ac.id

Abstrak— Perancangan *gating system* untuk pengecoran piston bertujuan untuk meningkatkan kualitas benda cor. Pengecoran piston menggunakan metode *gravity die casting*, dimana logam cair dituang pada cetakan akan melewati *sprue*, *well* dan *ingate* sebelum masuk kedalam rongga cetakan. Karena cukup mahal biaya produksi untuk *die casting*. Mengetahui kualitas coran menggunakan simulasi dengan *software* tanpa melakukan eksperimen dapat menekan biaya *trial and error*. Rancangan dimensi *gating system* berdasarkan *American Foundry Society* (AFS) yang meliputi perancangan *sprue*, *well*, *ingate*, dan *riser*. Simulasi pengecoran dilakukan pada *gating system* yang telah dirancang dengan memvariasikan posisi piston, menambahkan *riser* dengan berbagai ukuran, inti pasir dan inti metal, dan geometri permukaan piston untuk mengetahui kualitas benda cor. Aluminium dituang pada temperatur 700 °C pada cetakan yang memiliki temperatur mula-mula 250 °C dalam waktu 2 detik. Cacat *shrinkage* dapat muncul akibat adanya bagian yang terlalu lambat membeku (*hot spot*) selama pengecoran. Penambahan *riser* bertujuan untuk menyeimbangkan kecepatan pembekuan logam agar tidak terjadi *shrinkage*. *Gating system* tipe 2 yang memiliki *riser* 60 mm menurunkan persentase *shrinkage* menjadi 4,86% dari 8,69% saat saluran tidak memiliki *riser*. Dengan menggunakan *riser* 90 mm *shrinkage* turun menjadi 0,84%. *Gating system* tipe 4 dengan *riser* 70 mm mengalami *shrinkage* 0,54% yang lebih kecil dibandingkan saluran tanpa menggunakan *riser* dengan *shrinkage* 5%. Perancangan cetakan menggunakan *gating system* tipe 2 dengan inti metal dan cetakan yang memiliki profil *valve cutout* pada permukaan piston. Hasil simulasi menunjukkan adanya *shrinkage* 0,84% namun tidak menunjukkan adanya potensi porositas.

Kata Kunci—Piston, *gating system*, *shrinkage*, *riser*, aluminium.

I. PENDAHULUAN

Salah satu komponen dalam engine yang masih dikembangkan hingga saat ini yaitu piston. Piston berperan untuk meneruskan energi pembakaran fuel dengan udara ke *crankshaft* melalui *connecting rod*. Pembuatan piston mobil Sinjai telah dilakukan oleh CV. ICCI yang menggunakan metode *die gravity casting*. Dengan menggunakan cetakan dari material *cast iron* pada mulanya didapatkan piston dengan cacat *shrinkage* pada bagian *piston boss*. Dilakukan perencanaan ulang *gating system* dengan menambahkan *riser* untuk menghilangkan cacat tersebut. Didapatkan dua jenis piston dengan memvariasikan *matras* pada die dari perencanaan ulang *gating system* setelah ditambakkannya *riser*.



Gambar 1 Piston yang dihasilkan dari cetakan (a)matras datar (b) matras berpola

Piston pada gambar 1.a yang dihasilkan dengan menggunakan matras datar belum memiliki *valve cutout* pada bagian *crown* direncanakan untuk diproses *machining* agar memiliki bentuk serupa dengan piston pada gambar 1.b. Namun proses *machining* akan menyebabkan timbulnya perbedaan *mechanical properties* pada permukaan piston. Menurut penelitian oleh Kurniawan, yang menganalisa *thermal-stress* pada bagian piston menyimpulkan bahwa bagian *crown piston* daerah mengalami *high thermal stress* sehingga apabila terdapat perbedaan *mechanical properties* pada surface akan menyebabkan konsentrasi tegangan yang dapat menyebabkan kerusakan pada material [12]. Maka dari itu pengembangan piston tanpa dilakukan *machining* pada *crown* lebih diutamakan.

Piston dengan *valve cutout* yang didapatkan tanpa melakukan *machining* (gambar 1.b) masih terdapat cacat porositas permukaan yang terdapat pada *piston skirt*. Bagian ini berfungsi sebagai tumpuan dan daerah yang mengalami stress terbesar. Cacat yang mengurangi *mechanical properties* harus dihindari dengan cara merancang *gating system* sesuai standar yang ada sehingga meminimalisir turbulensi dan terperangkapnya udara, sekaligus mengatur kecepatan solidifikasi agar tidak berlangsung terlalu cepat ataupun terlalu lambat. Perancangan *gating system* dengan bantuan *software* sudah dibuktikan oleh Hussainy untuk dapat mengatasi cacat pada produk cor [4]. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian ini untuk mengurangi cacat produk pada piston sekaligus menghemat *cost production* dalam industri pengecoran karena meminimalisir biaya *trial and error* dalam pembuatan *gating system*.

II. DASAR TEORI

A. Aluminium

Menurut C.SIRO, National Research (2008), ADC 12 merupakan paduan aluminium tuang yang mengikuti tata nama JIS (*Japan Industrial Standart*). Paduan aluminium ADC 12 ini memiliki kesetaraan dengan paduan aluminium 384.0-F dan 383.0-F [11]. Menurut standar klasifikasi AA, aluminium jenis ini termasuk ke dalam paduan Al-Si-Cu [11].

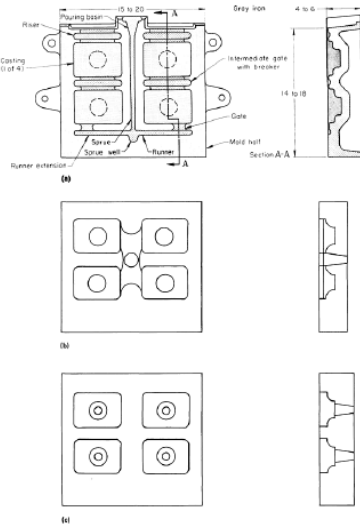
Tabel 1 Physical Properties Of Die-Casting Aluminum Alloy [6]

Properties	Unit	ADC					
		1	10	12	3	5	14
Physical properties	Density	2.55	2.71	2.70	2.63	2.57	2.75
	Melting Point	K	858	883	835	873	913
	Specific Heat	J/gk	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	Solidification Temp.	°C	570-580	540-590	520-580	560-620	540-620

B. Die Casting [11]

Die casting adalah metode pengecoran logam dengan menggunakan dua komponen atau lebih yang digunakan untuk memproduksi coran yang sama berulang-ulang. Logam cair memasuki cetakan karena gravitasi. Inti yang digunakan pada pengecoran ini didesain agar mudah dikeluarkan dan biasanya terbuat dari metal, apabila bentuk inti cukup rumit maka dapat menggunakan dari pasir atau plaster. Ketika pasir atau plaster digunakan, proses disebut *semipermanen mold casting*.

Die casting merupakan metode yang cocok untuk produksi dalam jumlah walaupun benda coran cukup rumit. Dibandingkan *sand casting*, die casting mampu memproduksi hasil coran yang seragam, toleransi dimensi yang lebih kecil, permukaan yang halus, dan meningkatkan *mechanical properties*.



Gambar 2 Bottom-gated permanen mold (a) with stacked cavities. (b) Multicavities mold with low pressure die casting system. (c) Alternate gating system for low-pressure gating system or vacuum casting.[11]

Cetakan pada gambar didesain dengan *vertikal parting line* dan *side gating*. Namun, dikarenakan kedalaman rongga dan dibutuhkannya rongga coran yang cukup panjang, cetakan dengan engsel tidak dapat digunakan. Cetakan dibuka tutup dengan menggerakkan salah satu cetakan dengan gerak lurus satu sumbu.

C. Merancang Sistem Saluran [1]

Logam cair yang mengalir dalam sistem saluran dianggap sebagai aliran fluida sehingga dalam perancangan sistem saluran perlu memperhatikan sifat-sifat dari aliran fluida untuk mendapatkan sistem saluran yang tepat. Pada perancangan sistem saluran terbentuknya aliran turbulen sangat dihindari. Aliran turbulen pada sistem saluran dapat mengakibatkan terbentuknya daerah yang bertekanan lebih rendah sehingga akan menyebabkan terpebaknya udara atau gas dalam coran.

Coran bukan besi umumnya mempunyai penyusutan besar pada waktu pembekuan. Oleh karena itu logam cair harus diisi ke dalam rongga-rongga diantara butir-butir kristal pada waktu pembekuan. Daerah pengaruh efektif dari penambahan untuk coran bukan besi lebih pendek dari pada untuk besi cor, ini menyebabkan prosentase terpakai yang rendah. Tetapi penggunaan efektif dari cil memperbaiki daerah efektif tersebut. Rekomendasi untuk pengecoran aluminium adalah diameter riser tiga setengah kali dari tebal benda cor.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Rancangan Gating System

Tabel 2. Rancangan Gating System

Gating System	Gating system	Dimensi/Keterangan
Round Straight Sprue		Diameter : 9,75 mm Tinggi : 100 mm
		Diameter : 25 mm Tinggi : 30 mm
Well		Tinggi : 26 mm Lebar : 15 mm
Ingate		
Riser		Tinggi : 57, 12 mm Diameter : a. 50 mm b. 60 mm c. 70 mm d. 80 mm e. 90 mm
Core		Cast iron Pasir silica

B. Rancangan Simulasi

Simulasi dilakukan pada kondisi temperatur ruangan 25 °C, dengan material pengisi adalah Aluminium (ADC 12) dan material cetakan adalah *Gray Cast Iron*.

Tabel 3. Rancangan Simulasi

Gating System	Visual	Riser (mm)	Temperatur Tuang	Temperatur Cetakan	Waktu Penuangan
1		-	700 °C	250 °C	2 detik
2		50 60 70 80 90	700 °C	250 °C	2 detik
3		-	700 °C	250 °C	2 detik

4		50	700 °C	350 °C	2 detik
		60			
		70			
		80			
		90			

IV. DATA DAN ANALISA

A. Hasil Simulasi Keempat Tipe Gating System

Tabel 4. Perbandingan Shrinkage Empat Gating System

Tipe	Gating system	Hasil Simulasi	Shrinkage
1			8,69
2			4,86
3			5,00
4			1,05

Dari tabel 4 didapatkan data hasil simulasi visual *void volume* yang mengindikasikan adanya penyusutan dalam benda cor. *Gating system yang digunakan* dalam simulasi ke-1 dan ke-3 memiliki bentuk dan dimensi yang sama, perbedaannya adalah posisi benda kerja untuk mengetahui pengaruh perbedaan posisi benda kerja terhadap hasil coran. Dari pengamatan keduanya memiliki visual *void volume* dengan bentuk dan letak yang mirip, namun simulasi tipe 3 lebih kecil daripada simulasi tipe 1. Hasil perhitungan menunjukkan prosentase penyusutan simulasi tipe1 sebesar 8,691747 % dan simulasi ke-3 sebesar 5,002547 %. Berdasarkan kedua hasil simulasi cacat *shrinkage* yang timbul akibat adanya *hot spot* yaitu bagian yang membeku terlalu lambat sehingga terjadi penyusutan. Penambahan riser pada gating system mengurangi penyusutan cukup signifikan, hasil simulasi tipe persentase dari 5,02% berkurang menjadi 1,05%. Dan pada simulasi tipe1 dengan 8,69% turun menjadi 4,86% saat ditambahkan riser dengan diameter 60 mm.

B. Optimasi Gating System dengan Memvariasikan Riser

Redesign dilakukan untuk meningkatkan kualitas coran adalah dengan menambahkan riser \varnothing 60 mm pada gating system yang ditunjukkan pada simulasi ke-3. Hasil simulasi menunjukkan adanya pengurangan *void volume* dan prosentase *shrinkage* yang signifikan. Penambahan riser dengan diameter 60 mm berdasarkan referensi dinilai dapat meningkatkan kualitas coran dengan mengurangi *shrinkage* yang terjadi sebesar 1,05 % menjadi acuan dalam meningkatkan kualitas coran.

Tabel 6. Optimalisi Mengurangi Cacat Shrinkage dengan Memvariasikan Diameter pada Gating System Tipe 2

Riser (mm)	Void Volume	Distribusi Temperatur saat solidifikasi berakhir	Shrinkage
50			2,50
60			1,05
70			0,54
80			0,43
90			0,45

50			1,15
60			4,86
70			3,71
80			3,82
90			0,84

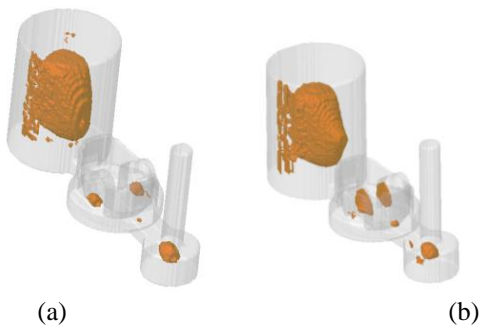
Tabel 7. Optimalisasi Mengurangi Cacat Shrinkage dengan Memvariasikan Diameter pada Gating System Tipe 4

Riser (mm)	Void Volume	Distribusi Temperatur saat solidifikasi berakhir	Shrinkage
50			2,50
60			1,05
70			0,54
80			0,43
90			0,45

Dari tabel didapatkan penggunaan riser dengan variasi diameter 50 mm, 70 mm, 80 mm, dan 90 mm. Penyusutan paling besar yaitu 2,5% terjadi pada saluran dengan riser berdiameter 50 mm, hal ini mengindikasikan bahwa dimensi riser belum dapat mengimbangi penyusutan selama pembekuan. Dari tabel dapat diamati bawasanya semakin besar diameter riser maka semakin kecil penyusutannya. *Gating system* dengan riser berdiameter 70 mm, 80 mm, dan 90 mm dinilai cukup baik sebagai saluran yang mampu memperbaiki kualitas coran dengan mengurangi cacat shrinkage.

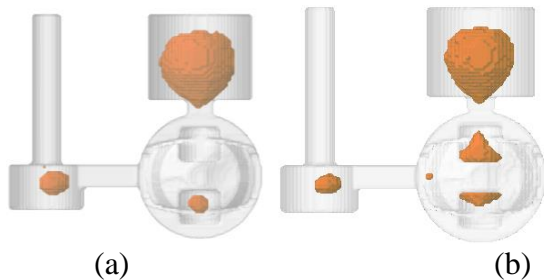
C. Optimasi Kualitas Coran dengan memvariasikan Inti

Persentase penyusutan yang cukup kecil sehingga layak untuk digunakan pada kedua jenis *gating system* ditunjukkan pada simulasi dengan riser berdiameter 90 mm pada *gating system* tipe 2 dan riser berdiameter 70 mm pada *gating system* tipe 4. Untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal maka penggantian material inti *cast iron* yang selama ini digunakan selama simulasi diganti menjadi pasir silica.



Gambar 1. Hasil simulasi *gating system* tipe 2 dengan riser 90 mm (a) Inti cast iron (b) inti pasir silica

Penyusutan yang terjadi pada gambar (a) terletak pada bagian dalam, karena pembekuan logam berlangsung dengan kecepatan hampir sama pada benda coran, sehingga bagian *hot spot* yang jauh dari cetakan membeku paling akhir sehingga menyusut. Pada gambar cacat berada pada bagian yang bersentuhan dengan inti. Inti yang terbuat dari pasir menyebabkan pembekuan berlangsung lebih lambat daripada yang bersentuhan dengan cetakan sehingga menimbulkan cacat. *Shrinkage* dengan inti *cast iron* sebesar 0,84% lebih kecil daripada saat menggunakan pasir silicayang sebesar 1,83%.



Gambar 2. Gambar Hasil simulasi *gating system* tipe 4 dengan riser 70 mm (a) Inti cast iron (b) inti pasir silica

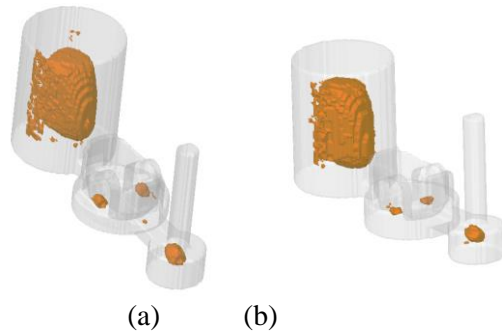
Penyusutan yang terjadi pada gambar (a) terletak pada bagian dalam, karena pembekuan logam berlangsung dengan kecepatan hampir sama pada benda coran, sehingga bagian *hot spot* yang jauh dari cetakan membeku paling akhir sehingga

menyusut. Pada gambar cacat berada pada bagian yang bersentuhan dengan inti. Inti yang terbuat dari pasir menyebabkan pembekuan berlangsung lebih lambat daripada yang bersentuhan dengan cetakan sehingga menimbulkan cacat. *Shrinkage* dengan inti *cast iron* sebesar 0,54% lebih kecil daripada saat menggunakan pasir silicayang sebesar 2,43%.

Hasil simulasi yang menunjukkan bahwasanya *shrinkage* yang terjadi pada benda coran lebih kecil ketika menggunakan inti cast iron daripada inti pasir silica. Keunggulan menggunakan inti metal yaitu kualitas permukaan dan *mechanical properties* benda coran akan lebih baik daripada menggunakan inti pasir, namun inti metal tidak dapat digunakan pada bentuk yang rumit dan aspek kemudahan dalam mengeluarkan inti harus diperhitungkan

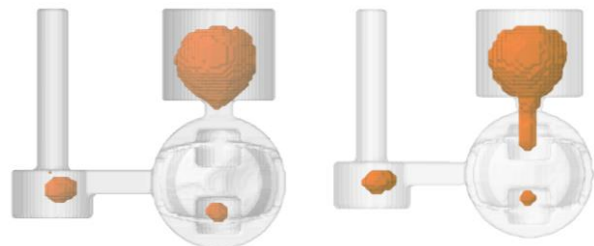
D. Pengaruh Pola Cetakan Pada Kepala Piston

Untuk mengetahui pengaruh pola pada kepala piston pada pengecoran maka dilakukan simulasi dengan mengubah permukaan kepala piston yang semula memiliki *valve cutout* menjadi datar, dengan menambah ketebalan kepala piston sebesar 8 mm dan menghilangkan *valve cutout*.



Gambar 3. Hasil simulasi *gating system* tipe 2 dengan riser 90 mm (a) piston memiliki *valve cutout* (b) piston dengan permukaan rata

Penyusutan yang terjadi pada antara kedua hasil simulasi memiliki lokasi dan bentuk yang mirip, namun persentase *shrinkage* pada piston dengan permukaan rata sebesar 0,62% lebih kecil dari pada piston dengan *valve cutout* dengan persentase *shrinkage* 0,84%. Piston dengan permukaan rata pada akhirnya akan dilakukan *machining* untuk memperoleh *valve cutout* pada permukaannya. Daerah *chill zone* yaitu bagian permukaan yang bersentuhan dengan cetakan memiliki butiran kecil memiliki *mechanical properties* yang baik, apabila bagian ini dilakukan *machining* maka potensi timbulnya *high thermal stress* akan lebih besar karena perbedaan *properties* sehingga menyebabkan adanya konsentrasi tegangan.



Gambar 4. Gambar Hasil simulasi *gating system* tipe 4 dengan riser 70 mm (a) piston memiliki *valve cutout* (b) piston dengan permukaan rata

E. Analisa Defect dan Porositas

Dengan merancang ulang *gating system* didapatkan *gating system* dengan riser berdiameter 70 mm, 80 mm, dan 90 mm. Selain penyusutan benda cor diharuskan bebas dari cacat porositas. Untuk mengetahui kualitas coran paling baik diantara ketiga *gating system* ini maka analisa untuk cacat porositas diperlukan. Analisa secara *LCC Criterion* dan *Niyama Defect Criterion* telah digunakan secara global untuk mengetahui daerah dengan potensi cacat porositas.

Tabel..5. Porositas pada hasil simulasi *gating system*

Tip e	Niyama Defect Criterion	LCC Criterion
2		
4		

Berdasarkan analisa LCC porosity criterion tampak dari *gating system* tipe 4 memiliki daerah potensi porositas pada permukaan luar bagian lubang pin dengan bentuk yang hampir sama dan tidak nampak adanya porositas pada bagian lain sedangkan pada *gating system* tipe tidak nampak adanya potensi tersebut. Analisa dengan menggunakan *Niyama defect criterion* juga menunjukkan hasil yang mirip, yaitu potensi cacat pada daerah yang sama dengan *LCC porosity criterion*. Dari analisa visual didapatkan hasil yang mirip pada ketiga variasi dan dari hasil analisa baik secara *LCC porosity criterion* dan *Niyama defect criterion* ketiga variasi *gating system* dapat digunakan secara aktual untuk memperbaiki kualitas pengecoran.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. *Shrinkage* pada piston yang di cor dengan posisi kepala piston paralel dengan penampang sprue lebih banyak daripada piston yang posisinya tegak lurus dengan penampang sprue.
2. *Open riser* dapat mengurangi *shrinkage* secara signifikan ketika ditambahkan pada sistem saluran
3. Analisa *LCC porosity criterion* dan *Niyama defect criterion* pada *gating system* tipe 2 dengan riser 90 mm tidak terlihat adanya indikasi cacat porositas. Sedangkan *gating system* tipe 4 dengan riser 70 mm menunjukkan bahwa terdapat

- porositas pada permukaan pin piston, namun dilihat dari kuantitasnya, cacat tersebut tidak terlalu mempengaruhi sifat mekanik benda kerja.
4. Didapatkan desain *gating system* tipe 2 dengan inti logam, dengan riser 90 mm, dan bentuk cetakan yang memiliki profil *valve cutout* piston pada cetakan dengan pertimbangan tidak ada indikasi porositas, cetakan lebih mudah dalam pembuatan, dan pengambilan benda coran dapat dilakukan tanpa bantuan *ejector*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Indra Sidharta ST,MT selaku dosen pembimbing, Dr. Bambang Sudarmanta ST,MT selaku dosen *reviewer*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surdia, Tata. 2006. **Teknik Pengecoran Logam**. 9th edition. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [2] Flemings, Merton C. 1974. **Solidification Processing**. USA : McGrawhill
- [3] Krar, Steve F. 1999. **Illustrated Dictionary of Metal Working and Manufacturing Technology**. USA : Mc Graw-Hill.
- [4] Hussainy, S. Ferhathullah. 2015. A Practical Approach to Eliminate Defects in Gravity Die Cast Al-Alloy Casting Using Simulation Software. MJCET, Telangana, India.
- [5] Resources, Tools and Basic Information for Engineering and Design of Technical Applications. (http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html) 7 Mei 2015.
- [6] Alumunium Die Casting Manufacturer From China. (<http://www.aludiecasting.com/support-data.php>) 29 April 2015.
- [8] H.H Doehler. 1951. **Die Casting**. USA : McGraw-Hill
- [9] P.R. Beeley. 1972. **Foundry Technology**. USA : Butterworth (Publisher) Inc
- [10] Chidasama, Bhupendra J. 2013. Solidification Analysis and Optimization Using Pro Cast. S.P.B Patel Engineering College, Mehsana, India.
- [11] Prayoga, Bayu. 2015. Rancang Bangun dan Analisa Simulasi Sistem Saluran terhadap cacat penyusutan (*shrinkage*) pada Pembuatan Kepala Silinder (Cylinder Head) Sinjai (Mesin jawa timur) 650 cc material Alumunium ADC 12 dengan Pengecoran Pasir Sand Casting).Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [12] Stefanescu, D.M. 1988. **ASM Handbook Volume 15 Casting**. USA: ASM International
- [13] Kurniawan, Moch. Wahyu. 2014. Analisis Kekuatan dan Deformasi Piston Mesin Bensin-Bio Etanol dan Gas

Dengan Injeksi Langsung Untuk Kendaraan Nasional
Dengan Simulasi Numerik).Institut Teknologi Sepuluh
November: Surabayaa.

.