

PAIR/P.292/1988

STUDI PENCAMPURAN AL PADA PROSES PELEBURAN
ULANG DENGAN METODE PERUNUT RADIOAKTIF

Agung Santoso, Indrojonó, Trijono,
dan Tommy H.

STUDI PENCAMPURAN Al, PADA PROSES PELEBURAN ULANG DENGAN METODE PERUNUT RADIOAKTIF

Agung Santoso*, Indrojono*, Trijono*, dan Tommy H.*

ABSTRAK

STUDI PENCAMPURAN Al PADA PROSES PELEBURAN ULANG DENGAN METODE PERUNUT RADIOAKTIF. Telah dilakukan suatu penelitian untuk menentukan derajat homogenitas paduan Al, hasil dari proses peleburan ulang dengan menggunakan isotop ^{51}Cr metal. Proses Peleburan Ulang Aluminium yang dilakukan ini secara garis besar terdiri atas beberapa tahapan proses, yaitu proses charging, proses melting, proses stirring, proses casting, dan proses homogenizing. Derajat homogenitas ditentukan berdasarkan tingkat pemerataan penyebaran isotop Cr-51 metal yang dilepaskan ketika proses peleburan sedang berlangsung. Percobaan dilakukan sebanyak enam kali, tiga percobaan pertama dilakukan dengan waktu pengadukan 25 menit, sedangkan tiga percobaan terakhir dilakukan dengan waktu pengadukan 15 menit. Aktivitas isotop yang digunakan untuk percobaan ini, adalah 8 mCi/2,5 gram. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa derajat homogenitas paduan Al yang dihasilkan untuk keenam percobaan tersebut berkisar sekitar 96%. Di samping itu, diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa ada pengaruh variasi waktu pengadukan terhadap nilai derajat homogenitas, walaupun tidak terjadi pada tahapan proses casting dan proses homogenizing.

ABSTRACT

STUDY ON THE Al MIXING OF REMELTING PROCESS USING RADIOTRACER METHOD. An investigation to determine homogeneity index of Al alloy produced after remelting process using ^{51}Cr metal has been carried out. The remelting process consisted of charging, melting, stirring, casting, and homogenizing. The index of homogenizing, was determined based on the homogeneity degree distribution of ^{51}Cr metal dispersion which was released when remelting Process was in Progress. The experiment was carried out in 2 different blending time, i.e. : 25 nd and 15 minutes with an activity of 8 mCi/2.5 gr. The results showed that the homogeneity index of Al alloy was about 96%. It was found that in the stiring Process the blending time was in proportion to the homogeneity index, but not in casting, and homogenizing Process.

PENDAHULUAN

Pada setiap kegiatan industri, efisiensi dan efektivitas suatu sistem proses merupakan dua parameter yang cukup penting, atau dapat juga dikatakan bahwa kerja sistem peralatan yang efektif dan efisien sangat diperlukan dalam setiap kegiatan industri. Jika ditelusuri, hampir setiap problema teknis yang muncul dalam kegiatan industri bersumber pada problema efektivitas

dan efisiensi kerja sistem peralatan pabrik. Kerja sistem peralatan yang efektif menghasilkan benda produk yang berkualitas, sedangkan kerja sistem peralatan yang efisien akan dapat menekan kebutuhan energi (ongkos produksi) ke tingkat yang rendah.

Salah satu industri proses peleburan ulang aluminium yang terletak di kawasan industri Pulogadung saat ini sedang menghadapi problema teknis yang serupa dengan problema yang telah disebutkan di atas. Adapun problema teknis yang dihadapi industri tersebut, antara

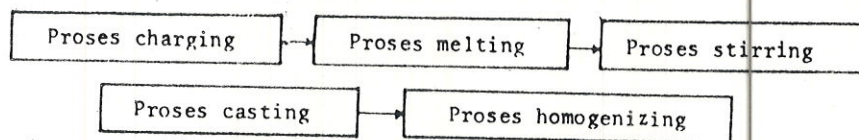
* Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN

lain sebagai berikut.

1. Kesulitan dalam penentuan waktu campur optimal (mixing time) proses stirring.
2. Kesulitan dalam penentuan derajat homogenitas produk Al yang dihasilkan pada tahapan proses tertentu.

Proses Peleburan Ulang Aluminium.

Secara garis besar, proses peleburan ulang aluminium terbagi menjadi beberapa tahapan proses, yaitu proses charging, proses melting, proses stirring, proses casting, dan proses homogenizing. Pada proses peleburan ulang ini, aluminium scrab (fraksi, di atas 90%) dicampur dengan beberapa jenis logam lain, kemudian dilebur bersama-sama pada temperatur 760°C. Logam-logam yang dicampurkan/dipadukan, antara lain : Mg, Si, Fe, Bi, sesuai dengan jenis paduan yang diinginkan (1). Secara skematis kelima, tahapan proses tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. Tahapan proses peleburan ulang aluminium.

Proses charging, melting, dan stirring dilaksanakan pada suatu tungku peleburan, sedangkan proses casting (pencetakan/penuangan) dilakukan pada fasilitas tersendiri. Proses casting

cairan aluminium + logam lain yang sudah tercampur secara merata dituangkan ke dalam bejana pencetakan. Pada saat yang sama, pendinginan dilakukan secara tiba-tiba terhadap cairan Al dengan cara menyemprotkan air ke dalam bejana tersebut. Hasil proses pencetakan ini berupa paduan Al yang berbentuk silinder. Paduan ini kaya akan bangun molekul β dan miskin bangun molekul α . Paduan Al ini kemudian dipotong-potong sehingga diperoleh ukuran yang lebih pendek. Selanjutnya paduan Al ini dimasukkan ke dalam tungku pemanasan untuk menjalani proses homogenizing. Setelah proses ini selesai diharapkan paduan Al yang kaya akan bangun molekul α dan sedikit mengandung bangun β dapat diperoleh. Jadi, pada proses ini tidak terjadi proses peleburan maupun proses pencampuran (homogenizing).

TEORI

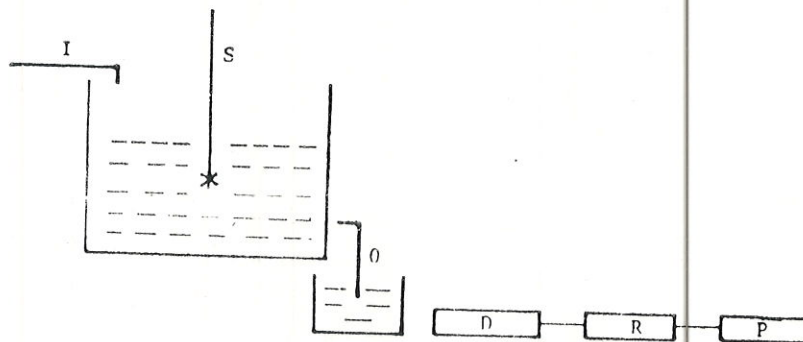
Aplikasi perunut radioaktif telah

banyak dilakukan pada berbagai bidang industri, dengan tujuan untuk mempelajari dinamika suatu sistem, misalnya tentang distribusi waktu tinggal (resident time distribution/RTD), efek ke-

lainan proses terhadap waktu tinggal dan distribusi waktu tinggal, karakteristik model aliran, waktu campur (mixing time) (2). Perunut dapat didefinisikan sebagai suatu bahan yang ditambahkan kepada "bahan induk" dan akan mengambil bagian dalam setiap proses yang dialami oleh bahan induk tersebut. Keidentikan sifat perunut dengan sifat bahan induk, karena unsur kimia zat perunut merupakan salah satu unsur kimia yang terdapat pada bahan induk. Sifat lain yang tidak kalah penting ialah sifat radioaktivitasnya. Radiasi yang dipancarkan oleh perunut dapat menembus wadah sistem sehingga memungkinkan pemantauan kelakuan sistem dari luar lingkungan sistem tersebut. Dengan dua sifat utama ini, hampir seluruh proses kimia-fisika dalam industri dapat dipantau karakteristiknya (2,3).

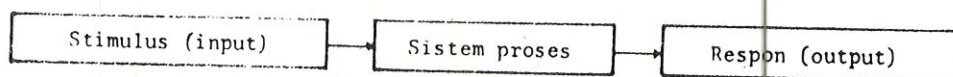
Dalam mempelajari suatu sistem proses, teknik stimulus-respons sering digunakan. Analisis terhadap respons dapat memberikan informasi tentang sistem yang sedang diamati. Stimulus adalah pemasukan radioperunut pada input sistem dan mencatat kejadian-kejadian yang merupakan respons, pada output sistem (3). Dalam hal ini, respons yang diberikan sistem berupa konsentrasi perunut yang merupakan fungsi waktu. Pada perunut radioaktif, konsentrasi dapat disertakan dengan laju cacahan. Kurva laju cacahan $C(t)$ terhadap waktu (t) dari sistem tersebut disebut kurva RTD (Residence Time Distribution) (3). Secara sederhana, prinsip metode perunut radioaktif dapat digambarkan sebagai berikut : (Gambar 3).

Prinsip pelaksanaan perunut radioaktif dapat dijabarkan sebagai berikut :



Gambar 2. Prinsip teknik perunut radioaktif.

I = Pintu masuk sistem	D = Detektor
O = Pintu keluar sistem	R = Ratemeter
S = Tangkai pengaduk	P = Perekam kurva



Gambar 3. Prinsip metode perunut radioaktif.

kut. Isotop (bertindak sebagai perunut radioaktif) dalam jumlah tertentu dimasukkan ke dalam pintu masuk sistem. Selama selang waktu tertentu, isotop ini akan bercampur dengan sistem untuk mengikuti dinamika proses yang terjadi pada sistem tersebut. Pemantauan terhadap distribusi waktu keluar material (exit time distribution) dilakukan pada pintu keluar sistem tersebut (2,3,4,). Data yang diperoleh kemudian di "plot" kan pada kertas grafik. Variabel waktu diletakkan pada sumbu absis, sedangkan data cacahan ditempatkan pada sumbu ordinat. Kurva respons yang diperoleh sudah tentu menggambarkan karakteristik sistem tersebut (lihat Gambar 2,3). Suatu proses dikatakan telah mencapai derajat homogenitas optimal jika standar deviasi data sampel yang diperoleh

$$DH = (1 - (SD/C)) \times 100\% \dots (*)$$

Keterangan: DH = Derajat Homogenitas

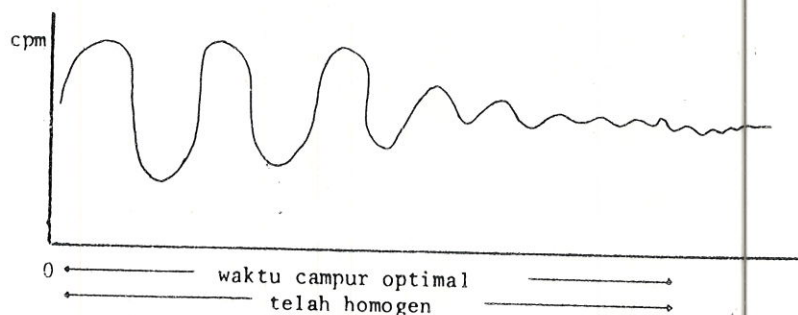
SD = Standard Deviasi Sampel

C = Cacahan rata-rata sampel

Harga waktu campur optimal dapat langsung ditentukan melalui pengamatan kurva respons yang diperoleh.

TATA KERJA

Seperti sudah dikemukakan di muka, tujuan penelitian ini adalah mencoba memperkirakan waktu campur optimal yang diperlukan untuk proses stirring (proses Pencampuran) dan menentukan derajat homogenitas paduan almunium yang dihasilkan pada suatu tahapan proses



Gambar 4. Kurva respon sistem proses.

telah mencapai harga yang relatif konstan (4,5,7).

Untuk mendapatkan harga eksak derajat homogenitas dapat dipergunakan formulá berikut (4) :

tertentu. Tujuan pertama penelitian ini dapat dikatakan kurang memberikan hasil yang memuaskan. Hal ini dikarenakan proses stirring yang hendak diteliti tidak dilakukan oleh suatu mesin peng-

aduk tertentu, tetapi dilakukan oleh tenaga manusia. Akibatnya, kecepatan pengadukan yang dihasilkan tidak konstan. Dengan demikian, sifat sistem tersebut pun tidak menentu, sehingga akhirnya data yang diperoleh tidak dapat dianalisis.

Dalam percobaan ini, perunut yang digunakan adalah (^{51}Cr) metal yang merupakan isotop pemancar sinar dengan energi sekitar 0,323 Mev. Percobaan dilakukan sebanyak enam kali dengan menggunakan aktivitas sekitar 8 mCi/2,5 gram, untuk setiap percobaan. Injeksi isotop dilakukan pada saat akan dilakukan proses stirring melalui "jendela" tanur peleburan. Pengambilan sampel dilakukan pada akhir proses stirring (Al masih berupa cairan panas), pada tahap akhir proses casting dan pada tahap proses homogenizing. Gambaran di bawah ini akan menunjukkan secara sederhana beberapa bentuk sampel. Sampel-sampel ini kemudian dicacah perolehan radioaktifnya untuk memperoleh gambaran distribusi penyebarannya. Distribusi penyebaran ini akan memberikan gambaran juga tentang distribusi penyebaran unsur-unsur (logam) lain yang tercampur dalam proses tersebut. Data ini kemudian diolah dengan menggunakan persamaan (*) yang berlaku untuk semua tahapan proses.

Secara singkat, tata kerja percobaan adalah sebagai berikut.

1. Isotop ^{51}Cr diinjeksikan ke dalam

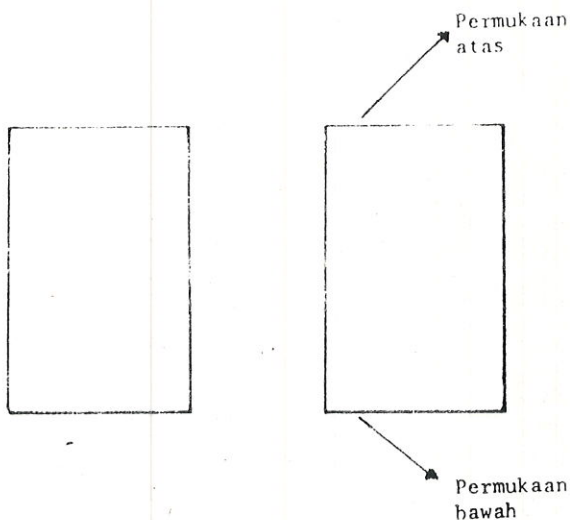
tungku peleburan pada saat proses stirring akan dimulai dengan aktivitas 8 mCi/2,5 gram

2. Pengadukan pada proses stirring dilakukan selama 25 menit.
3. Pengambilan sampel dilaksanakan pada akhir proses stirring sebanyak 8 buah, diambil pada 8 lokasi yang berbeda. Sampel ini disebut sampel stirring (lihat Gambar 5a.).
4. Sampel stirring kemudian diukur perolehan radioaktivitasnya dengan 5 kali pengukuran untuk setiap permukaannya.
5. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel casting secara acak yang dilaksanakan setelah proses casting atau sebelum proses homogenizing (lihat Gambar 1). Jumlah sampel untuk setiap pengambilan adalah 5 buah dan dilanjutkan dengan pengukuran perolehan radiasinya.
6. Pengukuran dilakukan 5 kali untuk setiap permukaannya (lihat Gambar 5b.).
7. Sampel casting yang telah diberi tanda kemudian dimasukkan ke dalam tungku pemanasan untuk di homogenizing. Setelah proses homogenizing selesai, sampel bertanda dipisahkan dan dianggap sebagai sampel homogenizing.
8. Pengukuran perolehan radiasi terhadap sampel homogenizing dilakukan seperti pengukuran terhadap sampel casting.

- 9.-Percobaan dengan waktu pengadukan 25 menit, dilakukan sebanyak 3 kali ulangan dan diberi kode T8, T9, T10, sesuai dengan kode yang digunakan pabrik
10. Tiga percobaan berikutnya menggunakan waktu pengadukan 15 menit dengan kode percobaan T11, T12, T14.



Gambar Sa. Bentuk sampel proses stirring.



Gambar Sb. Sampel proses casting dan homogenizing berbentuk silinder.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Stirring. Data yang telah diolah (lihat Tabel 1-7) harga DH keenam percobaan, keseluruhannya berada di atas harga 83%. DH tertinggi dicapai pada percobaan pertama (PCT8), yaitu 94,741%, sedangkan harga DH terendah

dicapai pada percobaan terakhir (PCT14), dengan harga DH = 83,733%. Untuk parameter SDR, harga terendah dicapai pada percobaan pertama (PCT8), sedangkan harga SDR tertinggi dicapai pada percobaan terakhir (PCT14), (lihat Tabel 1 dan 2). Secara keseluruhan, dari keenam percobaan tersebut, kesimpulan dapat ditarik bahwa proses pengadukan pada percobaan pertama memberikan hasil terbaik sebaliknya pengadukan yang dilakukan pada proses terakhir (PCT14) memberikan hasil yang kurang memadai. Kesimpulan ini tampaknya cukup berkorelasi dengan kondisi ketika percobaan-percobaan tersebut dilakukan.

Percobaan pertama hingga ke tiga sedikit banyak dilakukan kontrol terhadap waktu pengadukan sesuai dengan rencana percobaan yang telah disusun. Akibatnya, waktu pengadukan memang cenderung lebih lama daripada waktu pengadukan normal (yang sekitar 15 menit). Hal ini tentu mengakibatkan derajat homogenitas hasil proses pencampuran tersebut menjadi lebih tinggi, dibandingkan dengan derajat homogenitas proses pencampuran dengan waktu pengadukan yang relatif lebih singkat. Cukup logis jika harga DH ketiga percobaan terakhir relatif lebih rendah.

Proses Casting. Data teroleh proses casting (lihat Tabel 3 dan 4) memperlihatkan dengan jelas bahwa proses casting meningkatkan harga DH proses sebelumnya (proses stirring). Tiga per-

cobaan pertama (PST8, PST9, PST10) dengan DH di atas nilai 90% berubah menjadi sekitar 96%. Begitu pula ketiga percobaan terakhir (PST11, PST12, PST14) dengan DH di bawah 90% berubah menjadi sekitar 96% juga. Perubahan nilai DH yang tampaknya cukup signifikan ini sebenarnya mengejutkan mengingat pada proses casting tidak terjadi pergerakan-pergerakan (pergeseran-pergeseran) molekul yang berarti bila dibandingkan dengan pergerakan-pergerakan yang terjadi pada proses stirring. Uji statistik (uji t) yang dilakukan pada tingkat kepercayaan 90% tidak memberikan beda yang nyata. Artinya, pada tingkat kepercayaan 90%, proses stirring dan proses casting dianggap memiliki nilai DH yang sama.

Proses Homogenizing. Melalui uji statistik dapat dibuktikan, bahwa proses homogenizing tidak meningkatkan nilai DH proses casting pada tingkat kepercayaan 99%. Artinya, nilai DH kedua tahapan proses tersebut dianggap sama. Perbedaan nilai DH yang tampak dapat dianggap sebagai kesalahan pengambilan sampel.

KESIMPULAN

1. Harga derajat homogenitas paduan Al hasil proses peleburan ulang adalah 96%.
2. Terdapat perbedaan yang cukup berarti antara nilai DH proses stirr-

ing (waktu pengadukan 15 menit) dan nilai DH proses stirring (waktu pengadukan lebih dari 25 menit).

3. Proses homogenizing tidak meningkatkan nilai DH proses casting pada tingkat kepercayaan 99%.
4. Penentuan waktu pengadukan (blending time) secara teknis sulit dilakukan karena kecepatan pengadukan yang tidak tetap.

DAFTAR PUSTAKA

1. BENTO (1988), Komunikasi Pribadi.
2. CHARLTON, J.S., Radioisotop Techniques for Problem Solving In Industrial Process Plants, Leonard Hill, Glasgow and London (1986).
3. SANTOSO, A., Menentukan pola aliran proses pembakaran bahan baku semen dengan metode perunut radioaktif, Skripsi, Universitas Indonesia, Jakarta (1987).
4. IAEA, Laboratory Manual on The of Radiotracer Techniques in Industry and Environmental Pollution, (Technical Report Series No. 161), IAEA, Vienna (1975).
5. LEVENSPIEL, O., Chemical Reaction Engineering, John Wiley and Son Inc., New York (1962).
6. LJUNGGREN, K., Review of the use of radioactive tracers for evaluating parameters pertaining to the flow of material in plant and natural system, Radioisotopes Tracers in Industry and Geophysics, (Proc. Symp., Prague, 1966), IAEA, Vienna (1967) 303.
7. RAO, S.M., Radiotracer in Mixing Studies, UNDP/IAEA Regional Industrial Project, Jakarta (1988).

Tabel 1. Data proses stirring terolah.

No.	Parameter	PST8	PST9	PST10
1	MEAN	176 cpm/g	99 cpm/g	134 cpm/g
2	SDM	4,88 cpm/g	3,47 cpm/g	3,07 cpm/g
3	SDM	2,769%	3,497%	2,289%
4	SDR	5,259%	8,466%	5,540%
5	DH	94,741%	91,534%	94,460%

PST8 : PS = Proses stirring

T8 = Proses ke-8

PST9 : PS = Proses stirring

T9 = Proses ke-9

PST10 : PS = Proses stirring

T10 = Proses ke-10

MEAN : Cacahan rata-rata (cpm)

SDM : Standar deviasi mean (cpm atau %)

SDR : Standar deviasi relatif (%)

DH : Derajat homogenitas (%)

Tabel 2. Data proses stirring terolah.

No.	Parameter	PST11	PST12	PST14
1	MEAN	161 cpm/g	152 cpm/g	270 cpm/g
2	SDM	7,65 cpm	8,36 cpm	20,40 cpm
3	SDM	4,727%	5,491%	7,538%
4	SDR	11,441%	11,851%	16,267%
5	DH	88,559%	88,149%	83,733%

PST11 : PS = Proses stirring

T11 = Proses ke-11

PST12 : PS = Proses stirring

T12 = Proses ke-12

PST14 : PS = Proses stirring

T14 = Proses ke-14

Tabel 3. Data proses casting (prehomogenizing) terolah.

No.	Parameter	PCT8	PCT9	PCT10
1	MEAN	1940 cpm/g	816 cpm/g	1334 cpm/g
2	SDM	30,19 cpm	15,18 cpm	22,66 cpm
3	SDM	1,556%	1,866%	1,698%
4	SDR	3,567%	4,266%	3,894%
5	DH	96,433%	95,734%	96,106%

PCT8 : PC = Proses casting

T8 = Proses ke-8

PCT9 : PC = Proses casting

T9 = Proses ke-9

PCT10 : PC = Proses casting

T10 = Proses ke-10

Tabel 4. Data proses casting (prehomogenizing) terolah.

No.	Parameter	PCT11	PCT12	PCT14
1	MEAN	1485 cpm	1472 cpm	1448 cpm
2	SDM	43,47 cpm	27,49 cpm	15,77 cpm
3	SDM	2,944%	1,868%	1,089%
4	SDR	3,784%	2,401%	2,498%
5	DH	96,216%	97,599%	97,502%

PCT11 : PC = Proses casting
 T11 = Proses ke-11
 PCT12 : PC = Proses casting
 T12 = Proses ke-12
 PCT14 : PC = Proses casting
 T14 = Proses ke-14

Tabel 5. Data proses homogenizing terolah.

No.	Parameter	PHT8	PHT9	PHT10
1	MEAN	1781 cpm	806 cpm	1290 cpm
2	SDM	21,73 cpm	16,54 cpm	25,04 cpm
3	SDM	1,220%	4,052%	1,940%
4	SDR	2,798%	4,706%	4,448%
5	DH	97,202%	95,294%	95,552%

PHT8 : PH = Proses homogenizing
 T8 = Proses ke-8
 PHT9 : PH = Proses homogenizing
 T9 = Proses ke-9
 PHT10 : PH = Proses homogenizing
 T10 = Proses ke-10

Tabel 6. Data proses homogenizing terolah.

No.	Parameter	PHT11	PHT12	PHT14
1	MEAN	1391 cpm	1360 cpm	1345 cpm
2	SDM	18,94 cpm	18,78 cpm	21,99 cpm
3	SDM	1,361%	1,381%	1,634%
4	SDR	3,122%	3,166%	3,748%
5	DH	96,878%	96,834%	96,252%

PHT11 : PH = Proses homogenizing
 T11 = Proses ke-11
 PHT12 : PH = Proses homogenizing
 T12 = Proses ke-12
 PHT14 : PH = Proses homogenizing
 T14 = Proses ke-14

Tabel 7. Derajat homogenitas.

Nonor percobaan	Stirring	Casting	Homogenizing
I: (T8)	94,741%	96,433%	97,202%
II: (T9)	91,534%	95,734%	95,294%
III: (T10)	94,460%	95,106%	95,221%
IV: (T11)	88,533%	96,216%	96,878%
V: (T12)	88,149%	97,599%	96,834%
VI: (T14)	83,733%	97,502%	96,252%

Waktu pengadukan I, II, III : 25 menit

Waktu pengadukan IV, V, VI : 15 menit

- I: (T8) = Percobaan pertama (proses /batch/ ke-8)
- II: (T9) = Percobaan kedua (proses /batch/ ke-9)
- III: (T10) = Percobaan ketiga (proses /batch/ ke-10)
- IV: (T11) = Percobaan keempat (proses /batch/ ke-11)
- V: (T12) = Percobaan kelima (proses /batch/ ke-12)
- VI: (T14) = Percobaan keenam (proses /batch/ ke-14)