

PENGARUH WAKTU KRISTALISASI DENGAN PROSES PENDINGINAN TERHADAP PERTUMBUHAN KRISTAL AMONIUM SULFAT DARI LARUTANNYA

A. Rasyidi Fachry, Juliyadi Tumanggor, Ni Putu Endah Yuni L.

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl.Raya Palembang – Prabumulih Km.32, Inderalaya 30662

ABSTRAK

Kristalisasi adalah suatu pembentukan partikel padatan didalam sebuah fasa homogen pembentukan dapat terjadi dari fasa uap, seperti pada proses pembentukan kristal salju atau sebagai pepadatan suatu cairan pada titik lelehnya atau sebagai kristalisasi dalam suatu larutan (cair). Istilah kristalisasi pada penelitian ini adalah pengertian yang ketiga, yaitu pembentukan partikel partikel padat pada suatu larutan cair. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan proses pendinginan dengan tujuan agar didapatkan kristal ammonium sulfat dengan ukuran (massa) yang lebih besar dari inti kristal yang digunakan pada proses pertumbuhan kristal. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa pada penurunan suhu dari 50°C ke suhu 30°C, selama 72 jam, terjadi penambahan massa kristal ammonium sulfat secara terus-menerus secara teratur, dari ukuran kristal 0.5 mm hingga 2 mm, sehingga kecepatan pertumbuhannya pun dapat ditentukan. Selama waktu 120 jam, massa kristal mengalami penurunan dari ukuran kristal 0,5 mm hingga 1 mm, sehingga kecepatan pertumbuhan kristal pun mengalami penurunan. Begitupun dengan waktu 168 jam, massa kristal mengalami penurunan dari ukuran kristal 0,5 mm hingga 1 mm, kecepatan pertumbuhannya pun mengalami penurunan. Dari kenyataan ini dapat disimpulkan bahwa waktu yang efektif proses pertumbuhan kristal untuk kristalisasi ammonium sulfat adalah 72 jam.

Kata kunci : kristalisasi, ammonium sulfat

I. PENDAHULUAN

Kristalisasi merupakan salah satu proses pemurnian dan pengambilan hasil dalam bentuk padat. Dewasa ini kristalisasi menjadi suatu proses industri yang sangat penting, karena semakin banyak hasil industri kimia yang dipasarkan dalam bentuk kristal. Bentuk kristal semakin banyak diminati karena kemurniannya yang tinggi, dengan bentuk yang menarik serta mudah dalam pengepakan dan transportasi. Dari segi kebutuhan energi, kristalisasi memerlukan energi lebih sedikit dibandingkan distilasi atau metode pemisahan yang lain.

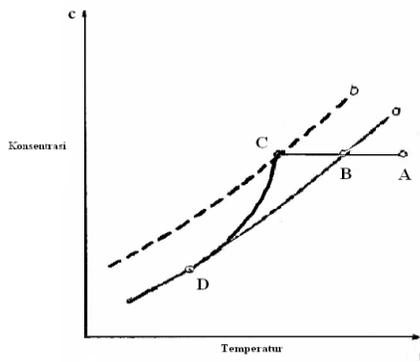
Kristalisasi adalah suatu pembentukan partikel padatan didalam sebuah fasa homogen. Pembentukan partikel padatan dapat terjadi dari fasa uap, seperti pada proses pembentukan kristal salju atau sebagai pepadatan suatu cairan pada titik lelehnya atau sebagai kristalisasi dalam suatu larutan (cair).

Kristalisasi dari suatu larutan merupakan proses yang sangat penting karena ada berbagai macam bahan yang dipasarkan dalam bentuk kristalin, secara umum tujuan kristalisasi adalah untuk memperoleh produk dengan kemurnian tinggi dan dengan tingkat pemungutan (yield) yang tinggi pula.

Salah satu sifat penting kristal yang perlu diperhatikan adalah ukuran kristal individual dan keseragaman ukurannya (Sebagai kristal bulk) Untuk alasan inilah distribusi ukuran kristal (Crystal Size Distribution, CSD) harus selalu dikontrol (Mc Cabe et al, 1985).

Supersaturasi merupakan suatu kondisi dimana konsentrasi padatan (solute) dalam suatu larutan melebihi konsentrasi jenuh larutan tersebut, maka pada kondisi inilah kristal pertama kali terbentuk ada 4 metode untuk membangkitkan supersaturasi, yaitu : Perubahan suhu, penguapan solven, reaksi kimia, dan perubahan komposisi solven.

Pembangkitan supersaturasi dengan cara perubahan suhu lebih dikenal dengan istilah *Cooling*, yaitu penurunan suhu Apabila suatu larutan jenuh diturunkan suhunya maka konsentrasi jenuh larutan tersebut akan turun, sehingga kondisi supersaturasi tercapai dan kristal mulai terbentuk. Proses itu digambarkan pada grafik dibawah ini.



Gambar 1. Grafik konsentrasi larutan pembentukan kristalisasi dengan proses pendinginan

II. LANDASAN TEORI

Penelitian penelitian tentang kondisi operasi yang optimum untuk suatu proses kristalisasi senyawa tertentu. banyak dikembangkan, mengingat semakin optimum suatu kondisi operasi maka proses yang dijalankan semakin ekonomis. Faktor faktor lain yang dapat menghambat kondisi - kondisi operasi yang optimum itu sebisa mungkin dihilangkan.

Parameter parameter penting yang menjadi objek penelitian dewasa ini adalah ukuran kristal. Meskipun jumlah hasil dan tingkat kemurnian merupakan parameter penting yang harus diperhatikan, tetapi kenampakan dan range ukuran kristal juga memiliki arti penting dalam menentukan

kualitas produk. Jika produk kristal akan diolah lebih lanjut maka keseragaman ukuran sangat dibutuhkan untuk proses filtrasi, pencucian, pereaksian dengan zat kimia lain, transportasi dan penyimpanan kristal itu sendiri. Jika kristal langsung dipasarkan sebagai produk akhir maka konsumen akan lebih menyukai kristal yang ukurannya seragam, kuat, tidak terjadi agregasi dan tidak mengerak dalam kemasan untuk alasan inilah Crystal size istribution (CSD) harus dikontrol salah satu caranya adalah dengan mengontrol Growth rate nya.

Faktor yang sangat berpengaruh terhadap ukuran kristal yang dihasilkan adalah kecepatan nukleasi dan growth rate. Sedangkan nukleasi dan growth rate sendiri sangat dipengaruhi oleh kondisi supersaturasi, selain juga oleh keasaman, suhu adanya bibit dan atau impurities dan atau surfaktan dalam kristalisator.

Kristalisasi adalah suatu pembentukan partikel padatan didalam sebuah fasa homogen, pembentukan partikel padatan dapat terjadi dari fasa uap, seperti pada proses pembentukan kristal salju atau sebagai pemadatan suatu cairan pada titik lelehnya atau sebagai kristalisasi dalam suatu larutan (cair). Istilah kristalisasi yang dipakai dalam laporan ini adalah pengertian yang ketiga, yaitu pembentukan partikel partikel padat pada suatu larutan cair.

Salah satu sifat penting kristal yang perlu diperhatikan adalah ukuran kristal individual dan keseragaman ukurannya (Sebagai kristal bulk). Untuk alasan inilah distribusi ukuran kristal (Crystal Size Distribution, CSD) harus selalu dikontrol. (Mc Cabe et al, 1985)

Supersaturasi merupakan suatu kondisi dimana konsentrasi padatan (solute), dalam suatu larutan melebihi konsentrasi jenuh larutan tersebut ,maka pada kondisi inilah kristal pertama kali terbentuk. ada 4 metode untuk membangkitkan supersaturasi, yaitu : Perubahan suhu, penguapan solven, reaksi kimia, dan perubahan komposisi solven.

Pembangkitan supersaturasi dengan cara perubahan suhu lebih dikenal dengan istilah *Cooling*, yaitu penurunan suhu Apabila suatu larutan jenuh diturunkan suhunya maka konsentrasi jenuh larutan tersebut akan turun, sehingga kondisi supersaturasi tercapai dan kristal mulai terbentuk.

Pembangkitan supersaturasi dengan cara penguapan solven dilakukan dengan proses eveporasi. Apabila pelarut (Solvent) pada suatu

larutan jenuh dikurangi, maka konsentrasi jenuh larutan tersebut akan turun, sehingga kondisi supersaturasi tercapai dan kristal terbentuk.

Kristal adalah suatu padatan dimana molekul atom, atau ion penyusunnya tersusun dalam suatu pola tertentu. Suatu kristal mempunyai jumlah muka (*crystal faces*) tertentu dengan sudut antar muka (*interfacial angle*) yang tertentu pula. Kristal dapat tumbuh menjadi berbagai macam bentuk dengan tetap mempertahankan jumlah muka, dan sudut antar muka yang sama. Hal ini sering diistilahkan sebagai *crystal habit*. Penelitian-penelitian terbaru banyak difokuskan pada *crystal habit modification*, dimana beragam variabel kristalisasi diubah, diteliti, dan dilihat pengaruhnya terhadap bentuk, karakteristik maupun sifat kristal.

Crystal habit modification melalui perubahan laju pertumbuhan muka kristal dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya dengan perubahan kecepatan kristalisasi, perubahan derajat supersaturasi dan atau temperatur, pengontrolan pH, penambahan zat lain (*impurities*), penggunaan solven yang berbeda, maupun perubahan kondisi pengadukan dalam sistem. Kombinasi beberapa cara di atas mungkin dilakukan.

Impurities atau ketidakmurnian dalam kristalisasi tidak melulu pengotor. *Impurities* bisa jadi zat (ketiga) yang sengaja ditambahkan dalam suatu larutan induk. Pengaruh *impurities* pada ukuran dan distribusi kristal sangat tergantung pada pengaruhnya dalam nukleasi dan pertumbuhan kristal.

1. Nukleasi

Nukleasi adalah pembentukan inti-inti kristal baru. Nukleasi dapat dibagi menjadi dua jenis berdasarkan pembentukannya, yaitu nukleasi primer dan nukleasi sekunder. Nukleasi primer terjadi dalam sistem yang belum terdapat kandungan kristal sama sekali. Nukleasi primer yang terjadi secara spontan disebabkan tercapainya supersaturasi disebut nukleasi homogen, sedang nukleasi primer yang terjadi karena induksi partikel lain disebut nukleasi heterogen. Jenis nukleasi yang lain adalah nukleasi sekunder, merupakan nukleasi yang terjadi karena induksi dari kristal yang sudah terkandung dalam larutan induk. Selain dikarenakan kontak dengan sesama partikel kristal, nukleasi sekunder dapat terjadi disebabkan oleh tumbukan kristal dengan dinding *crystallizer* dan *agitator*, maupun *shear stress fluida*.

Kondisi supersaturasi yang cukup tinggi akan mendorong adanya nukleasi. Pengadukan, *mechanical shock*, friksi dan tekanan ekstrem dapat menginduksi nukleasi. Nukleasi juga dipengaruhi oleh temperatur, bibit, dan *impurities*.

1.1 Pengaruh *impurities* dalam nukleasi

Impurities dapat menghambat nukleasi. Beberapa koloid seperti gelatin dapat menghambat nukleasi pada larutan berpelarut air (Mullin, 2001). Kation-kation juga ditemukan dapat menghambat nukleasi. Beberapa bukti menunjukkan, semakin tinggi muatannya, semakin besar hambatannya. Kation-kation ini dapat menjadi pemecah struktur kristal.

Bahan-bahan dengan berat molekul tinggi dapat teradsorpsi pada permukaan kristal. Bahan-bahan ini akan mengurangi keaktifan heteronukleus. Selain itu beberapa *impurities* juga dapat mengawali terjadinya pemecahan kristal.

Impurities seperti Cr^{3+} dan Fe^{3+} ditemukan dapat memperlama waktu induksi (waktu antara pencapaian supersaturasi dan munculnya kristal pertama kali) pada kristalisasi garam anorganik. *Impurities* yang sama ditemukan dapat mempengaruhi morfologi kristal amonium sulfat (Larson dan Mullin, 1973). Cr^{3+} sebesar 20 ppm akan mengubah amonium sulfat yang ortorhombik menjadi bentuk *non-faceted*. *Impurities* dapat juga mempengaruhi ukuran rata-rata kristal.

2. Pertumbuhan Kristal

Pertumbuhan kristal adalah bertambah besarnya ukuran kristal. Pada kondisi supersaturasi yang tidak terlalu tinggi, lebih cenderung terjadi pembesaran kristal daripada terjadi nukleasi.

2.1. Teori Pertumbuhan Kristal

Ada banyak sekali teori tentang pertumbuhan kristal. Mulai didasari dari teori energi permukaan (*surface energy*), *adsorption layer*, kinematik, hingga teori difusi-reaksi. Kesemuanya menurunkan banyak sekali teori pertumbuhan. *Adsorption layer theory* misalnya, memunculkan teori-teori seperti Volmer's *theory* yang mengemukakan tentang pertumbuhan diskontinyu lapisan demi lapisan, Kossel *theory* yang mengemukakan pertumbuhan berdasar *kink*, *step*, dan muka (*face*) kristal. Teori yang cukup baru mengemukakan tentang pengaruh *boundary layer* pada pertumbuhan kristal (Mullin, 2001). Masing-masing teori mempunyai kelemahan dan belum

dapat berdiri sendiri menjelaskan fenomena pertumbuhan kristal. Seringkali satu teori harus didukung dengan teori yang lainnya. Akan tetapi, dikarenakan pertumbuhan kristal adalah fenomena mikroskopis, fenomena aktual dari pertumbuhan kristal masih sangat sulit diketahui.

2.2. Faktor-faktor yang berpengaruh pada pertumbuhan

Pada dasarnya pertumbuhan adalah fenomena transfer massa dari fasa cair (larutan) ke fasa padat (kristal). Oleh karena itu, secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi transfer massa juga mempengaruhi pertumbuhan kristal. Berikut ini beberapa faktor:

1. Temperatur

Pertumbuhan kristal pada temperatur tinggi dikontrol oleh difusi (*diffusion controlled*), sedang pada temperatur rendah dikontrol oleh *surface integration* (Mullin, 2001).

2. Ukuran kristal

Umumnya kecepatan pertumbuhan pada kristal yang berukuran kecil lebih tinggi daripada kecepatan pertumbuhan pada kristal berukuran besar. Pada partikel berukuran 200 μm – 2 mm, *solution velocity* sangat berperan. Partikel berukuran lebih besar mempunyai kecepatan terminal lebih besar pula. Oleh karena itu, pada pertumbuhan yang dipengaruhi difusi, semakin besar partikel, semakin rendah kecepatan pertumbuhannya.

3. Impurities

Impurities memberikan pengaruh yang cukup luas bagi pertumbuhan kristal. Beberapa *impurities* dapat meningkatkan laju pertumbuhan, beberapa yang lainnya menghambat pertumbuhan. Beberapa *impurities* dapat mempengaruhi pertumbuhan dalam jumlah yang sangat kecil, beberapa yang lain berpengaruh jika jumlahnya cukup banyak.

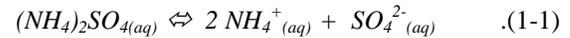
Impurities mempengaruhi pertumbuhan kristal dengan berbagai macam cara. *Impurities* dapat merubah sifat larutan, merubah konsentrasi kesetimbangan dan derajat supersaturasi, seras dapat pula merubah karakteristik lapisan adsorpsi pada permukaan kristal. *Impurities* dapat teradsorpsi pada permukaan tertentu dari kristal kemudian menghambat pertumbuhan dari permukaan itu.

Impurities seperti inilah yang menyebabkan morfologi kristal dapat berubah menjadi seperti jarum maupun pipih seperti piringan.

3. Kelarutan dan Supersaturasi

Kelarutan adalah kuantitas maksimal padatan yang dapat terkandung dalam suatu larutan. Larutan yang tidak mampu melarutkan padatan lagi disebut sebagai larutan jenuh.

Dalam larutannya, amonium sulfat membentuk kesetimbangan sebagai berikut:



Amonium sulfat dalam fasa larutan juga akan membentuk kesetimbangan dengan fasa padatnya :



Supersaturasi adalah keadaan dimana larutan mengandung konsentrasi padatan terlarut yang lebih tinggi daripada konsentrasi kesetimbangan (jenuh). Kristalisasi dapat terjadi hanya jika kondisi supersaturasi dapat dicapai. Kondisi supersaturasi dapat dicapai dengan beberapa cara :

1. penurunan suhu (dilakukan jika harga kelarutan berubah cukup signifikan ketika suhu larutan diubah).
2. penguapan (dilakukan jika ketergantungan kelarutan terhadap suhu kecil, biasanya larutan sangat larut (*very soluble*)).
3. penambahan komponen ketiga (*salting*).

Bila c adalah konsentrasi lewat jenuh (supersaturasi) dan c^* adalah konsentrasi kesetimbangan (jenuh), *driving force* supersaturasi (Δc), dan derajat supersaturasi (S) didefinisikan sebagai berikut

$$\Delta c = c - c^* \quad \dots(1-3)$$

$$S = \frac{\Delta c}{c^*} \quad \dots(1-4)$$

4. Aglomerasi

Perbesaran partikel tidak selalu disebabkan oleh pertumbuhan kristal. Perbesaran partikel dapat juga disebabkan oleh aglomerasi. Aglomerasi adalah penggabungan partikel-partikel kristal. Aglomerasi merupakan proses yang bisa jadi diharapkan dan bisa jadi juga tidak diharapkan dalam kristalisasi. Terkadang aglomerasi dihindari

dalam kristalisasi disebabkan struktur aglomerat lebih rapuh daripada struktur kristal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

III. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan

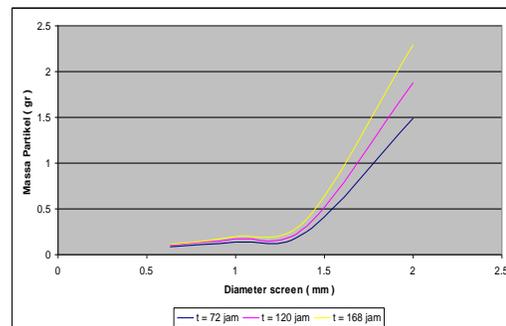
1. Amonium Sulfat
2. Aquadest

Prosedur Penelitian

1. Larutkan 77,8 gr amonium sulfat dalam 100 ml aquadest, kemudian larutan tersebut dipanaskan hingga suhu mencapai 80°C dan mencapai keadaan supersaturasi.
2. Setelah suhu 80°C tercapai, hentikan pemanasan dan turunkan suhu larutan hingga kembali ke suhu kamar dengan metode pendinginan secara alami.
3. Setelah suhu larutan turun, akan terbentuk inti kristal berbentuk padatan dari larutan induknya.
4. Kemudian pisahkan inti kristal dari larutan induknya dengan cara disaring cepat dengan menggunakan kertas saring dan kemudian keringkan lalu ditimbang massanya.
5. Setelah massanya ditimbang, inti kristal tersebut dibedakan ukuran meshnya dengan metode pengayakan.
6. Kemudian buat larutan induk yang konsentrasinya sama dengan larutan awal dan panaskan hingga suhu mencapai 50°C.
7. Setelah suhu 50°C tercapai, masukan 0,5 gr inti kristal yang didapat dari larutan awal kemudian hentikan pemanasan dan turunkan suhu larutan hingga kembali ke suhu kamar dengan metode pendinginan alami.
8. Kemudian larutan tersebut terus diaduk dengan motor pengaduk hingga interval tertentu (72 jam, 120 jam, 168 jam).
9. Setelah interval waktu tersebut kristal dipindahkan dari larutan induknya dengan cara disaring cepat dengan menggunakan kertas saring lalu keringkan.
10. Kemudian kristal yang telah kering ditimbang massanya dan dibedakan ukuran meshnya dengan metode pengayakan dan catat hasilnya.
11. Percobaan diulangi dengan prosedur yang sama untuk interval waktu yang lain.

Tabel 1. Massa Partikel Amonium sulfat pada Setiap Tyler Screen Pada Variabel Waktu

Ukuran Kristal (mm)	Massa Partikel Amonium Sulfat (gr)		
	t = 72 jam	t = 120 jam	t = 168 jam
+2,00	1,49	1,88	2,297
-2,00+1,40	0,25	0,31	0,389
-1,40+1,00	0,14	0,17	0,2
-1,00+0,63	0,09	0,103	0,114



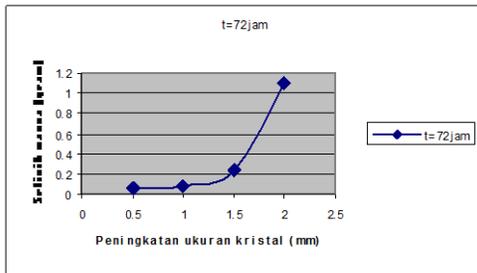
Gambar 1. Grafik Pertumbuhan Kristal Amonium Sulfat Proses kristalisasi

Pada tabel 1 yang telah digambarkan menjadi sebuah grafik (gambar 1), terlihat bahwa untuk kurun waktu pengoperasian yang lebih lama (168 jam) didapatkan massa kristal yang mempunyai ukuran +2,00 lebih banyak dibandingkan dengan yang waktu pengoperasiannya pendek (72 jam).

Dari grafik diatas dapat dibuat tabel dan grafik yang menunjukkan selisih pertambahan massa pada setiap peningkatan mesh pada interval waktu pengadukan.

Tabel 2. Selisih pertambahan massa pada setiap peningkatan mesh pada interval waktu pengadukan 72 jam

Δ ukuran Kristal(mm)	ΔM (gram)
0.5	0.102
1	0.098
1.5	0.24
2	1.857

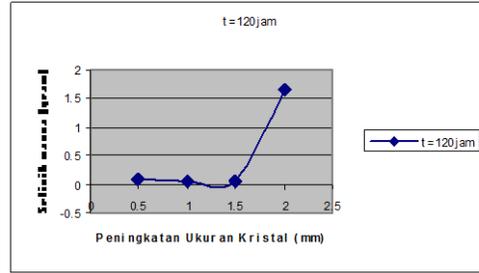


Gambar 2. Grafik selisih pertambahan massa pada setiap peningkatan mesh pada interval waktu pengadukan 72 jam

Dari data pada tabel 2 dapat diketahui bahwa tingkat pertambahan massa kristal terjadi sangat linier. Terlihat bahwa untuk peningkatan mesh dari 0.5 mm-1.0mm terjadi pertambahan massa sebanyak 0.08 gr. Dan ini terjadi secara teratur hingga peningkatan dari mesh 1.5 mm – 2.00 mm pertambahan massa sebanyak 1.11 gr. Sehingga kecepatan pertumbuhan meningkat dari 1.85×10^{-05} gr/menit sampai 2.55×10^{-04} gr/menit.

Tabel 3. Selisih pertambahan massa pada setiap peningkatan mesh pada interval waktu pengadukan 120 jam

Δ ukuran kristal (mm)	ΔM (gram)
0.5	0.06
1	0.08
1.5	0.24
2	1.11

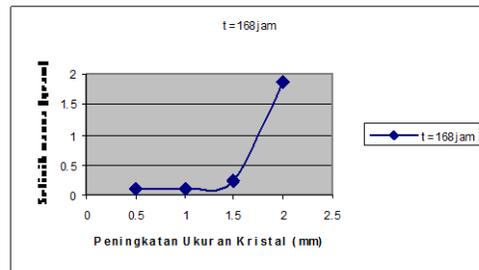


Gambar 3. Grafik selisih pertambahan massa pada setiap peningkatan mesh pada interval waktu pengadukan 120 jam.

Dari tabel 3 dan gambar 3 terlihat bahwa terjadi penurunan massa pada peningkatan mesh 0.5 mm-1.0mm turun sebanyak 0.03 mm, begitupun pada peningkatan mesh 1.0 mm-1.5 mm sebanyak 0.02 gr. Barulah pada peningkatan mesh 1.5 mm-2.00 mm terjadi penambahan massa sebanyak 1.61 gr. Sehingga kecepatan pertumbuhan kristal tidak konstan, baru mengalami peningkatan pada mesh 1.5 mm-2.00 mm yaitu dari 6.94×10^{-06} gr/menit menjadi 2.3×10^{-4} gr/menit.

Tabel 4. Selisih pertambahan massa pada setiap peningkatan mesh pada interval waktu pengadukan 168 jam

Δ ukuran Kristal (mm)	ΔM (gram)
0.5	0.1
1	0.07
1.5	0.05
2	1.66



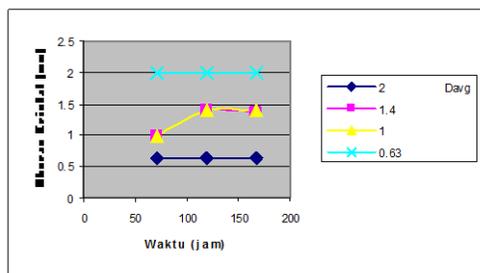
Gambar 4. Grafik selisih pertambahan massa pada setiap peningkatan mesh pada interval waktu pengadukan 168 jam

Dan pada tabel 4 juga dapat disimpulkan bahwa kecepatan pertumbuhan semakin tidak konstan, ini terlihat pada peningkatan mesh 0.5 mm-1.00mm terjadi penurunan dan kemudian meningkat lagi pada peningkatan mesh 1.00mm 1.5 mm. Kemudian terjadi peningkatan kembali pada mesh 1.5 mm-2.00 mm yaitu dari 2.3×10^{-05} gr/menit hingga mencapai 1.84×10^{-04} gr/menit.

Hasil dari proses pertumbuhan kristal amonium sulfat menurut ukuran meshnya disajikan dalam bentuk tabel 5 untuk pengaruh waktu terhadap D_{Avg} .

Tabel 5. Data hasil perhitungan D_{Avg} pada berbagai waktu dan kondisi supersaturasi

Waktu (t) Jam	Penambahan inti kristal (gram)			
	0.26	0.13	0.08	0.03
	Ukuran Kristal (mm)			
	2	1.4	1	0.63
D_{Avg}				
72	0.6296	0.9889	0.9743	2.001
120	0.6305	1.3789	1.4004	2.0005
168	0.6297	1.3699	1.4002	2



Besarnya derajat nukleasi sebanding dengan besarnya supersaturasi. Derajat supersaturasi yang besar akan mendorong terjadinya nukleasi, sedang derajat supersaturasi yang tidak terlalu besar lebih mendorong terjadinya pertumbuhan (*growth*). Dalam proses kristalisasi larutan jenuh yang normal, nukleasi dominan terjadi pada menit-menit awal dikarenakan konsentrasi

supersaturasi yang masih tinggi. Hal ini menyebabkan ukuran kristal relatif kecil. Pertumbuhan kristal terjadi pada periode waktu berikutnya saat derajat supersaturasi menurun. Oleh karena itu, ukuran kristal pada periode awal kristalisasi cenderung lebih kecil dibanding periode waktu berikutnya. Inti-inti kristal yang terbentuk banyak yang melarut kembali. Inti-inti kristal yang tidak melarut tumbuh sehingga meskipun jumlah kristal yang didapat sedikit, ukurannya cukup besar.

Dari data pada tabel 5 dapat dibuat grafik dan ditrendleinkan sehingga didapat 3 garis yang mewakili growth rate pada tiap-tiap kondisi supersaturasi. Pada gambar 5 secara umum diperoleh kondisi supersaturasinya ditambah dengan ammonium sulfat lebih banyak, jumlah kristal lebih banyak dari pada yang kondisi supersaturasinya ditambah lebih sedikit. Terlihat pada grafik terjadi pertumbuhan secara signifikan pada penambahan inti kristal yang berukuran mesh 1.40 mm dan 1.0 mm. Hal ini menyatakan bahwa semakin tinggi supersaturasi relative, maka pertumbuhan kristal semakin besar. Fenomena ini disebabkan karena jika supersaturasi relative naik, kecepatan nukleasi naik, sehingga jumlah partikel semakin banyak dan pada penelitian ini besarnya kristal lebih disebabkan karena terjadinya aglomerasi. Aglomerasi merupakan fenomena menggabungkannya dua atau lebih partikel kristal menjadi partikel kristal yang lebih besar. Tumbukan antar partikel inilah yang menyebabkan terjadinya aglomerasi. Terjadinya aglomerasi menyebabkan ukuran kristal menjadi besar, sehingga D_{Avg} / dt juga menjadi semakin besar. Sehingga dalam grafik, slope untuk supersaturasi relative yang tinggi menjadi lebih besar.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Semakin tinggi supersaturasi relatif (ΔC^0) suatu larutan maka kecepatan nukleasi juga semakin besar dan menyebabkan jumlah partikelnya pun semakin banyak.
2. Pertumbuhan kristal yang efektif terjadi pada lamanya waktu pengadukan 72 jam.
3. Jumlah partikel yang terlalu banyak dalam suatu larutan mendorong terjadinya aglomerasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Kirk, R.E, and Othmer, D.E, 1993, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3 rd, vol 13, John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Lydersen, Askel L, 1983, *Mans Transfer in Engineering Practice*, pp. 287-293, John Wiley and Sons, Ltd, New Delhi.
- Mc. Cabe, Warren L, 1985, *Unit Operations of Chemical Engineering*, 4 ed, pp. 797-833, Mc Graw-Hill Book Co, Singapore.
- Muilin, J.W., 2001, *Crystallization*, 4 ed., pp, 216-251, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Nyvlt , Jaroslav, Translated by Paul Feltham. 1971, " Idustrial Crystallisation From Solutions ", Buterworth & Co Ltd. London.
- Peny, R.H. and Green, D.W., 1984, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 6 ed, pp. 18-39, 18-40, McGraw-Hill Kogaskusha, Ltd, Tokyo.