

Pengaruh Suhu Pertumbuhan terhadap Laju Penumbuhan Kristal Tunggal Garam Rochelle ($\text{KNaC}_6\text{H}_6\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

Thoifah* dan Frida U. Ermawati†
Jurusan Fisika, Universitas Negeri Surabaya 60231 Indonesia

Intisari

Laju penumbuhan kristal dipengaruhi beberapa hal antara lain sifat zat itu sendiri, suhu (larutan dan lingkungan), dan gangguan mekanik. Salah satu suhu larutan yaitu suhu pertumbuhan (*Growth Temperature*) dan makalah ini berisi tentang pengaruh suhu pertumbuhan terhadap laju penumbuhan kristal tunggal garam Rochelle. Suhu pertumbuhan yaitu suhu larutan pada saat kristal tunggal tumbuh. Dalam penelitian ini, digunakan variasi suhu pertumbuhan 25°C , 30°C , dan 35°C dan konsentrasi $0,0046\text{ M}$. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Slow Cooling*. Hasil dari penelitian ini yaitu pada suhu 30°C mempunyai laju pertumbuhan yang paling optimum artinya pada suhu tersebut kristal tunggal garam Rochelle dapat tumbuh dengan ukuran yang besar, dan bentuk yang paling sempurna pada waktu yang telah ditentukan (60 jam). Hasil difraksi sinar-X menunjukkan bahwa bahan serbuk dan kristal tunggal garam Rochelle yang ditumbuhkan mempunyai parameter kisi monoklinik, hal ini diketahui setelah nilai d dan 2 dari database dicocokkan dengan data pengukuran dan data perhitungan yang menggunakan rumus parameter kisi monoklinik ($a=11,87\text{ \AA}$, $b=14,32\text{ \AA}$, dan $c=6,23$, $\beta=89,4333^\circ$).

KATA KUNCI: kristal, suhu pertumbuhan, laju pertumbuhan, slow cooling, difraksi sinar-X.

I. PENDAHULUAN

Seperti telah dipahami bahwa terdapat tiga faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kristal [1] yaitu (i). sifat zat itu sendiri, meliputi tingkat keterlarutan bahan, derajat keasaman, dan tingkat kejenuhan, (ii). suhu, meliputi suhu lingkungan dan suhu larutan yang salah satunya adalah suhu pertumbuhan (*Growth Temperature*), (iii). gangguan mekanik. Dalam penelitian ini peneliti memfokuskan pada faktor suhu pertumbuhan saja, sebab faktor sifat zat sedang dipelajari oleh anggota tim yang lain, sedangkan faktor yang ketiga diasumsikan bisa dijaga konstan dengan memanfaatkan pengalaman peneliti selama bekerja dengan bahan garam Rochelle.

Garam Rochelle (GR) dipilih sebagai bahan penelitian karena studi literatur [2] menunjukkan bahwa GR relatif aman dipakai dalam penelitian dan kristal tunggal GR dapat ditumbuhkan dengan baik dari larutannya, serta bahan GR banyak tersedia di toko bahan kimia.

II. DASAR TEORI

Potassium sodium tartrate $\text{KNa}(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dibuat pertama kali oleh seorang apoteker pada tahun 1675 bernama Pierre Seignette di La Rochelle Prancis, sehingga garam tersebut dikenal sebagai garam Seignette atau garam Rochelle. Ba-

han ini tidak berwarna, sedikit larut dalam alkohol, tetapi lebih banyak larut dalam air, kerapatan $1,79\text{ gr/ml}$, titik lebur 75°C , mempunyai rasa yang asin dan mempunyai sistem kristal orthorombik dengan harga $a\ b\ c$ yaitu $a = 11,899\text{ \AA}$, $b = 14,279\text{ \AA}$, $c = 6,229\text{ \AA}$, dengan sudut $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Dalam dunia kesehatan, garam Rochelle ini digunakan sebagai obat pencahar, serta digunakan dalam mikrofon karena efek piezoelektrik ketika diberi tegangan.

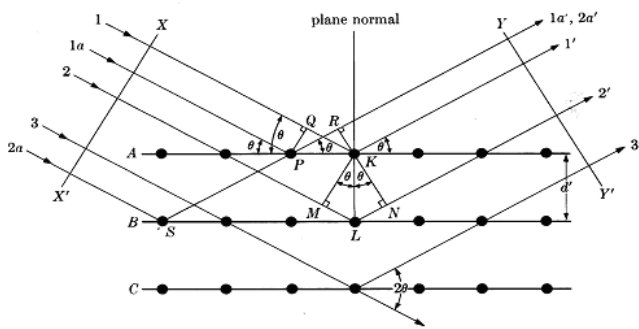
Seperti telah disebutkan di depan bahwa suhu dalam penumbuhan kristal dapat mempengaruhi laju penumbuhan kristal. Suhu larutan yang tinggi dapat mempercepat pertumbuhan kristal [3].

Beberapa suhu yang berkaitan dengan proses penumbuhan kristal antara lain[4]:

1. Suhu nukleasi (*nucleation temperature*), yaitu suhu ketika suatu larutan membentuk inti. Proses pengintian (*nucleation*) akan lebih cepat terjadi pada suhu tinggi bergantung pada jenis bahan. Untuk larutan garam Rochelle suhu nukleasi adalah $(31,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$.
2. Suhu saturasi (*saturation temperature*), yaitu suhu ketika larutan tepat akan jenuh. Kristal akan terbentuk ketika larutan tepat jenuh. Ketidakejenuhan mungkin terjadi ketika suhu saturasi meningkat walaupun sedikit, bergantung pada jenis larutan. Untuk larutan garam Rochelle suhu saturasi adalah $(32,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$.
3. Suhu Pertumbuhan (*growth temperature*) yaitu suhu pada saat kristal itu tumbuh. Setelah proses nukleasi maka kristal itu akan tumbuh, untuk larutan garam Rochelle suhu pertumbuhan adalah $(30,5 \pm 0,1)^\circ\text{C}$.

*E-MAIL: ifahamdi@yahoo.com

†E-MAIL: Frida.dua@yahoo.com



Gambar 1: Sinar-X 1 dan 2 menumbuk atom K, dan L pada bidang kristal A, dan B membentuk sudut (11)

4. Suhu Ketidaklarutan (*dissolution temperature*) yaitu suhu ketika bahan terlarut sudah tidak dapat larut dalam larutan lagi, untuk larutan garam Rochelle suhu ketidaklarutan adalah $(36,0 \pm 0,2) ^\circ\text{C}$.

Sinar X adalah gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang $0,5-2,5 \text{ \AA}$ [5]. Proses difraksi sinar-X terjadi ketika berkas monokromatis mengenai bidang kristal, maka oleh bidang kristal A, B, dan C akan dihamburkan ke segala arah (*scattering*). Hamburan pada sudut-sudut tertentu dan merupakan gabungan dari gelombang-gelombang yang sefase dan saling menguatkan akan menghasilkan difraksi sinar-X.

Pada Gambar 1, beberapa sinar-X yang menumbuk atom-atom atau molekul pada bidang kristal A, B, dan C dengan panjang gelombang tertentu (λ) akan mempunyai sudut datang θ terhadap permukaan bidang kristal (disebut *sudut Bragg*). Panjang gelombang sinar-X (λ) harus mempunyai nilai orde yang sama dengan jarak antar atom terdekat (d). Bidang - bidang kristal (A, B, C) disebut *bidang Bragg*. Jika sinar-1 menumbuk bidang A pada atom K, dan sinar-2 menumbuk atom L pada bidang B maka besar beda lintasan antara kedua sinar-X tersebut adalah

$$ML + LN = d \sin\theta + d \sin\theta = 2d \sin\theta \quad (1)$$

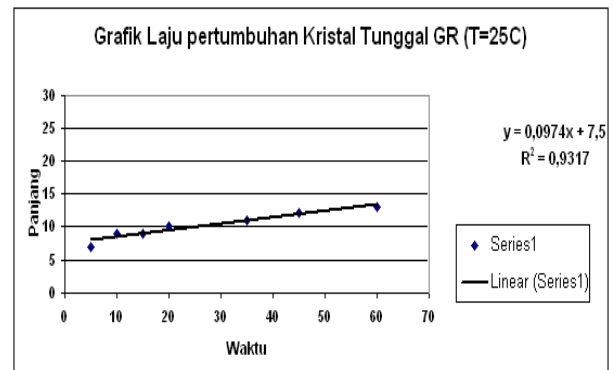
Difraksi sinar-X terjadi apabila sinar-1 dan sinar-2 berinterferensi dan saling menguatkan. Jika sinar-2 menempuh jarak lebih jauh dari sinar-1 sebesar $2d \sin \theta$, maka perbedaan panjang lintasan antara sinar-1 dan sinar-2 harus merupakan kelipatan bulat dari panjang gelombang berkas sinar-X yang menumbuk bidang atom, dan dikenal dengan hukum *Bragg*.

$$2d \sin\theta = n\lambda \quad (2)$$

dengan n menyatakan bilangan orde difraksi merupakan bilangan bulat.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Proses penumbuhan kristal tunggal garam Rochelle dilakukan di laboratorium Fisika Material UNESA selama lima



Gambar 2: Grafik laju pertumbuhan kristal garam Rochelle pada suhu pertumbuhan 25°C

minggu mulai bulan Desember 2006 sampai bulan Januari 2007. Suhu pertumbuhan dijaga konstan untuk masing-masing sampel. Karakteristik bahan menggunakan uji difraksi sinar-X yang dilakukan di laboratorium Uji Polimer LIPI Bandung.

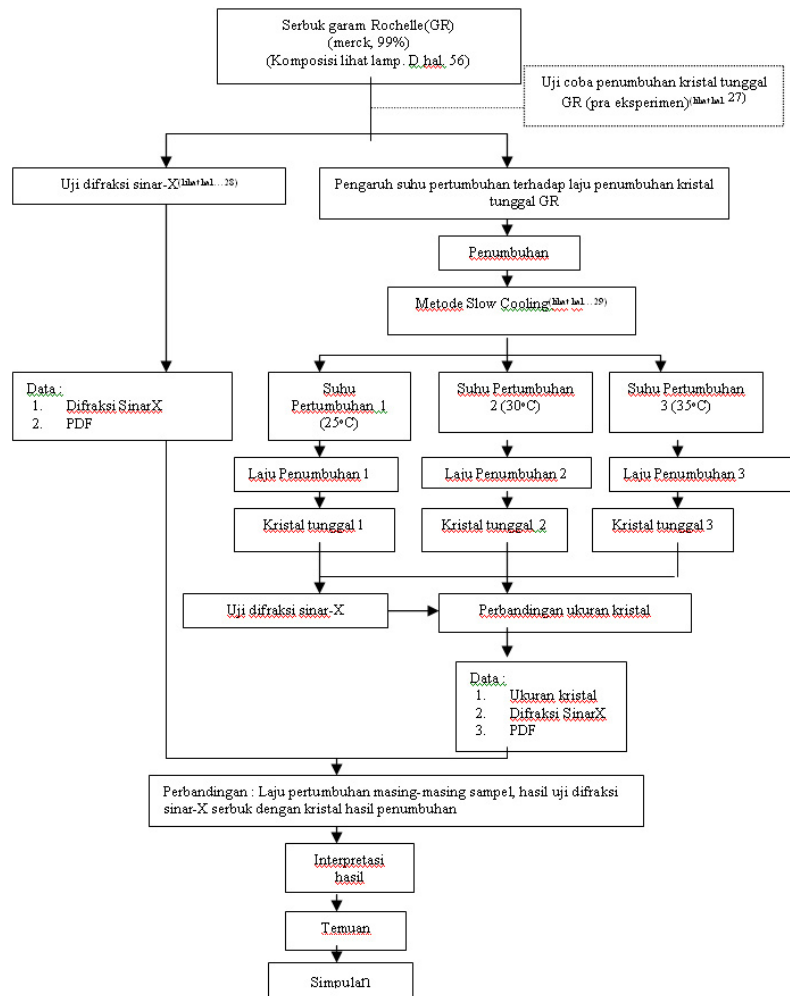
Variabel bebas pada penelitian ini adalah suhu pertumbuhan yaitu suhu pada saat kristal itu bertambah ukurannya. Suhu pertumbuhan yang digunakan pada penelitian ini adalah 25°C , 30°C , 35°C . Berdasarkan referensi, suhu pertumbuhan kristal garam Rochelle adalah $30,5^\circ\text{C}$ dan rentang digunakan berdasarkan hasil kegiatan pra eksperimen. Alat ukur yang digunakan yaitu termometer alkohol dan heater. Variabel terikat pada penelitian ini adalah ukuran kristal, waktu penumbuhan dan laju penumbuhan. Alat ukur panjang kristal yang digunakan yaitu penggaris dengan skala 1mm. Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu bahan serbuk garam Rochelle, molaritas, heater, mikroskop Stereo (merk *Cenco 62090-2*) dengan perbesaran 30X, web camera (merk *Logitech*), dan mesin difraksi (merk *Rigaku*) yang berada di Lab. Uji polimer LIPI Bandung, digunakan untuk menguji keteraturan internal bahan garam Rochelle.

Tahapan metode penelitian yang dilakukan terlihat pada diagram alir Gambar 3.

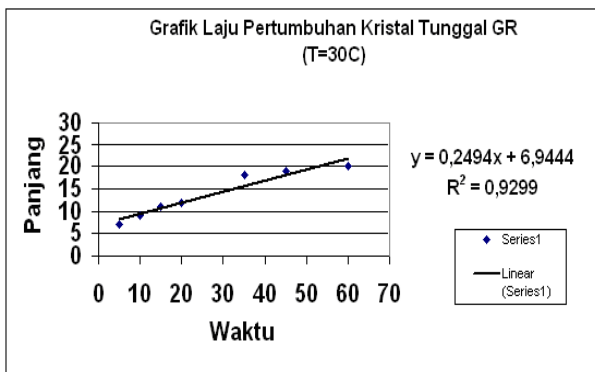
IV. HASIL DAN DISKUSI

Grafik pada Gambar 2 menunjukkan bahwa pada suhu pertumbuhan 25°C , laju pertumbuhannya $0,0974 \text{ mm/jam}$, sedangkan pada saat suhu pertumbuhannya 30°C laju pertumbuhannya sebesar $0,2494 \text{ mm/jam}$. Pada saat suhu pertumbuhannya 35°C , kristal lambat sekali pertumbuhannya (pada saat jam ke empat baru tumbuh kristal), tetapi setelah kristal tumbuh, hasilnya tidak dapat diukur karena antar kristal bertumpukan (*Twin*).

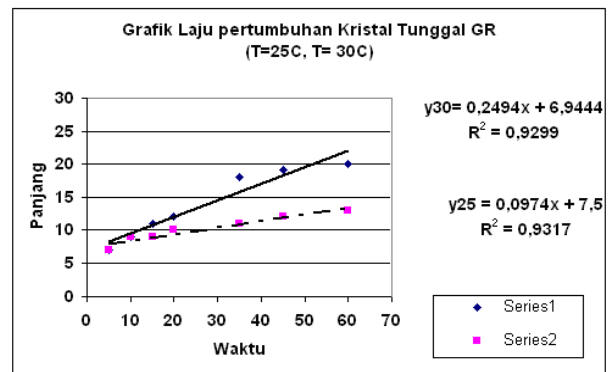
Dari grafik di atas menunjukkan bahwa laju paling optimum pada saat suhu pertumbuhannya 30°C . Hal ini dikarenakan tumbukan antar partikel seimbang (*equilibrium*), artinya dalam tumbukan antar partikel, penyatuan dan pemisahan ikatan partikel berlangsung seimbang [6]. Kristal pada suhu 30°C mempunyai ukuran yang paling besar dan bentuk



Gambar 3: Diagram alir metode penelitian



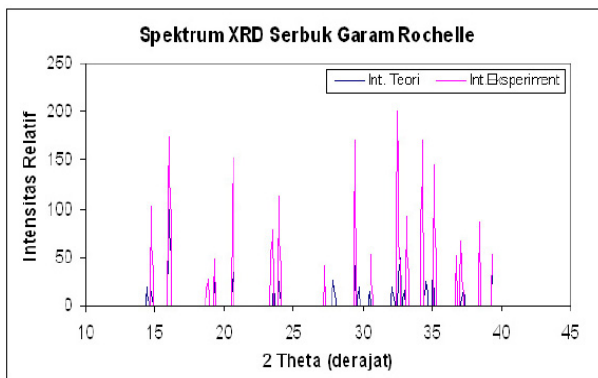
Gambar 4: Grafik laju pertumbuhan kristal garam Rochelle pada suhu pertumbuhan 30 °C



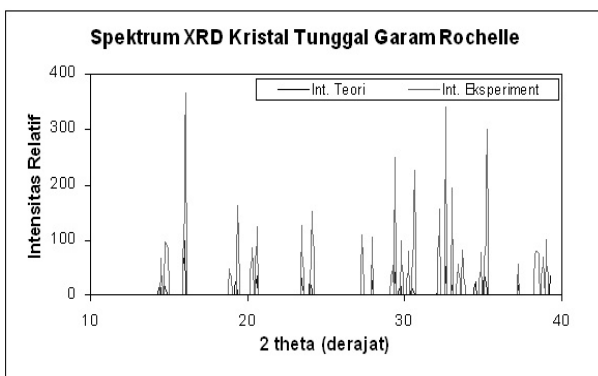
Gambar 5: Grafik laju pertumbuhan kristal garam Rochelle pada suhu pertumbuhan 25°C dan 30 °C

yang paling sempurna. Pada suhu pertumbuhan 25°C, laju pertumbuhannya lebih kecil dari suhu pertumbuhan 30°C, hal ini dikarenakan pada suhu pertumbuhan dibawah suhu optimum, tumbukan antar partikel berlangsung tidak seimbang.

Proses penyatuan partikel lebih besar dari proses pelepasan partikel sehingga menghambat pertumbuhan kristal, dan kristal menjadi kotor. Sedangkan pada suhu pertumbuhan di atas suhu optimum (35°C), proses pelepasan ikatan antar par-



Gambar 6: Hasil difraksi sinar-X Garam Rochelle berupa Serbuk



Gambar 7: Hasil Difraksi sinar-X garam Rochelle berupa Kristal.

tikel lebih besar dari proses penyatuan antar ikatan partikel, sehingga proses kesetimbangan tidak tercapai. Kristal yang terbentuk pada kondisi ini berpasir dan bertumbukan (*Twin Crystal*) sehingga kristal tidak dapat diukur selama penum-

buhan. Pada $T=35^{\circ}\text{C}$ mulai muncul biji kristal pada jam keempat dengan keadaan belum dapat diukur. Pada jam selanjutnya bertumpuk-tumpuk (*twin*).

Hasil uji difraksi sinar-X dari serbuk garam Rochelle dan kristal tunggal garam Rochelle seperti Gambar 6 dan 7.

Berdasarkan literatur [7] menyebutkan bahwa kristal yang ditumbuhkan pada suhu dibawah 255K (-18°C) dan pada suhu diatas 297K ($+24^{\circ}\text{C}$) mempunyai parameter kisi monoklinik. Hal ini dikarenakan kristal yang ditumbuhkan pada suhu tersebut mengalami inversi *symetri breaking* yaitu perubahan parameter kisi kristal. Pada penumbuhan kristal garam Rochelle pada suhu ruang (32°C) terjadi inversi *symetri breaking* dari parameter kisi orthorombik menjadi monoklinik. Dari hasil difraksi sinar-X dapat diketahui nilai d dan 2θ pada serbuk dan kristal tunggal garam Rochelle, kemudian dipilih nilai d dan 2θ yang sesuai dengan database. Di dapatkan hasil bahwa 18 nilai d dan 18 nilai 2θ pada database garam Rochelle sesuai dengan nilai d dan 2θ yang telah dipilih dari data pengukuran serbuk dan kristal tunggal garam Rochelle.

Dari hasil analisis database, data perhitungan, dan data pengukuran untuk serbuk dan kristal tunggal garam Rochelle kemudian dicocokkan nilai d dan 2θ dengan indeks Miller hkl sehingga didapatkan data indeks Miller untuk masing-masing nilai d dan 2θ .

V. SIMPULAN

Bidang hkl (struktur kristal) uji difraksi sinar-X pada kristal garam Rochelle sesuai dengan bidang hkl serbuk garam Rochelle dan laju pertumbuhan kristal garam Rochelle paling optimum pada saat suhu pertumbuhannya 30°C . Parameter kisi garam Rochelle pada suhu diatas 297K ($+24^{\circ}\text{C}$) adalah monoklinik.

- [1] <http://www.Xray.ncsu.edu.Boyle.P.D.>, *Growing Crystal That Will Make Your Crystallographer Happy*, (tanggal akses : 19 juni 2006)
- [2] <http://www.answer.com.>, *Potassium Sodium Tartrate*. (tanggal akses 5 oktober 2005)
- [3] Syukri, *Kimia Dasar*, ITS, (1999)
- [4] Mitrovic, *Improvement of Initial Condition of the Crystal Growth by Dissolution on Refaceting*, Departement of Physics, Yugoslavia (2000)
- [5] Cullity, B. D., *Element of X-rays Diffraction*, Second Edition. Addison-wesley (1978)
- [6] Sukardjo, Prof. Dr., *Kimia Anorganik*, Rineka Cipta, Jakarta (1990).
- [7] www.Rochellesalt.com/ chemical institute of

- Canada Crystal Growing Competition.(tanggal akses 5 oktober 2005)
- [8] Rajendran, V.; Mariakni, A., *Material Science*, Tata McGraw. Hill, New Delhi (2004)
- [9] Callister, William D., *Material Science and Engineering An Introduction*, John Willey&Sons, New York (2005)
- [10] Kittel,C., *Introduction to Solid State Physics*, 6th-ed, John Willey & Sons, New York (1990)
- [11] Katalog, merck *Potassium Sodium Tartrate*, PT. Dianum. Jl. Biliton no. 11 Surabaya.
- [12] Data hasil uji Difraksi sinar-X. Pengujian sample dilakukan tanggal 17 januari 2007 di lab. Ui polimer LIPI bandung, (JCPDS dengan nomor PD 11085)

TABEL I: Perbandingan nilai d dan 2θ hasil pengukuran difraksi sinar-X serbuk dan kristal tunggal GR

No	d			2θ			hkl
	Serbuk GR	Kristal tunggal GR	Δd	Serbuk GR	Kristal tunggal GR	$\Delta 2\theta$	
1	5.514	5.521	-0.007	16.060	16.040	0.02	1 0 1
2	2.749	2.774	-0.025	32.540	32.240	0.3	4 2 0
3	3.034	3.030	0.004	29.420	29.460	-0.04	3 2 1
4	2.546	2.545	0.001	35.220	35.240	-0.02	1 3 2
5	4.304	4.300	0.004	20.620	20.640	-0.02	2 0 1
6	2.286	2.285	0.001	39.380	39.400	-0.02	4 4 0
7	4.591	4.567	0.024	19.320	19.420	-0.1	2 2 0
8	3.792	3.770	0.022	23.440	23.580	-0.14	0 3 1
9	3.696	3.684	0.012	24.060	24.140	-0.081	2 2 1
10	3.195	3.191	0.004	27.900	27.940	-0.04	2 3 1
11	2.609	2.608	0.001	34.340	34.360	-0.02	0 5 1
12		6.087			14.540		1 2 0
13		2.996			29.800		1 4 1
14		2.774			32.240		1 2 2
15	2.690	2.711	-0.021	33.280	33.020	0.26	2 1 2
16	2.418	2.415	0.003	37.160	37.200	-0.04	3 2 1
17	5.973	5.949	0.024	14.820	14.880	-0.06	2 0 0
18	2.912	2.912	0	30.680	30.680	0	4 1 0