

ENGUKURAN MENGUNAKAN GELOMBANG ULTRASONIK

(The Measurement of Sucrose Content of Sugar Cane Using Ultrasonic Waves)

Amoranto Trisnobudi¹⁾, Tjia Liang Hoei²⁾, dan Enung Rosihan Nugraha³⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha

³⁾ Alumni Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha

ABSTRACT

The measurement of sucrose content of sugar cane is usually carried out by using polarimeter and Brix Wager scale. These two apparatus are operated manually so that the accuracy of the measurement results is depended on the operator skill. To overcome this problem we have developed an alternative method that can measure the sucrose content more quickly and accurately than the conventional methods. This new method was carried out by using ultrasonic waves whose velocity depends on the sucrose content. Firstly, the electronic apparatus used was calibrated with 37 samples of sugar cane with various sucrose content from 4.46 % to 7.29 %. The result of this calibration was an empirical equation between the ultrasonic wave velocity V and the sucrose content R , i.e. $R = 2.65 V^2 - 11.95 V + 17.65$ where R in % and V in km/s. Then this equation was stored as database in a computer program that will be used to calculate the sucrose content. Finally, this sucrose content measurement system was tested by using 30 samples of sugar cane. The maximum error of the measurement result was 6.4 %.

PENDAHULUAN

Rendemen tebu adalah kadar kandungan gula di dalam batang tebu yang dinyatakan dalam persen. Secara praktis dikatakan bahwa rendemen tebu adalah banyaknya gula dalam kilogram yang dihasilkan untuk setiap seratus kilo gram tebu yang digiling oleh pabrik gula. Rendemen merupakan faktor utama yang paling menentukan dalam perolehan bagi hasil antara petani tebu dan pabrik gula. Rendemen yang tinggi tentunya akan menjadi idaman para petani tebu, karena akan memperoleh hasil yang lebih besar. Ketentuan bagi hasil antara petani tebu dan pabrik gula diatur dalam Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 05/SK/Mentari/Bimas/IV/1990 (Supriyadi, 1992).

Rendemen ini harus diukur dengan teliti agar tidak merugikan baik pihak petani maupun pihak pabrik. Pengukuran rendemen tebu di pabrik gula di seluruh Indonesia kebanyakan menggunakan dua buah alat, yaitu polarimeter dan timbangan Brix-Wager (Sumarno, 1972). Kedua alat ini bekerja secara manual sehingga hasilnya sangat rentan terhadap kesalahan operator. Pada penggunaan polarimeter misalnya, besarnya nilai P_d ditentukan dengan mengamati perbedaan warna sehingga hasilnya masih dipengaruhi oleh panca indra manusia. Untuk menentukan rendemen tidak bisa hanya dengan nilai Pol saja, tetapi harus diketahui pula nilai Brix-nya dan tidak cukup dengan itu saja karena masih harus dikalikan dengan faktor rendemen FR seperti terlihat pada persamaan-persamaan di bawah ini.

dengan ketentuan :

$$NN = Pol - 0,4 (Brix - P_d) \quad (1)$$

$$R = FR \times NN \quad (2)$$

dengan ketentuan :

Pol = Nilai polarisasi [% Pol]

Brix = Nilai Brix [% Brix]

NN = Nilai Nira [%]

R = Rendemen [%]

FR = Faktor rendemen ditentukan sesuai SK Menteri Pertanian No. 126/Kpts/Um/3/1980 sebesar 0,7

Untuk menentukan nilai Pol dilakukan dengan cara mengambil sejumlah perahan pertama nira tebu kemudian dijemihkan dengan menambah zat kimia tertentu dan menapisnya. Nira yang sudah jernih ini diukur dengan polarimeter dalam ruangan yang gelap agar diperoleh tingkat ketelitian yang optimal. Nilai Brix ditentukan dengan cara memasukkan nira tebu secukupnya ke dalam suatu tabung kemudian alat Brix Wager dimasukkan ke dalam tabung yang telah berisi nira tersebut. Nilai Brix akan dapat dilihat secara langsung pada angka tertentu. Setelah diketahui nilai Pol dan Brixnya, maka nilai nira dapat dihitung dari persamaan 1 sedangkan nilai rendemennya dapat dihitung dengan persamaan 2. Jadi selain kemungkinan tidak teliti karena kesalahan operator, cara penentuan rendemen ini memerlukan waktu yang lama dan tidak praktis.

Nira tebu yang diukur biasanya adalah nira tebu perahan pertama, artinya nira tebu yang dihasilkan dari gilingan pertama. Di pabrik gula biasanya dilakukan penggilingan sampai 4 atau 5 kali agar pemerahan batang tebu bisa tuntas. Nira tebu ini tidak boleh diukur terlalu lama, mengingat daya tahan nira tebu maksimum 15 menit dihitung dari saat tebu

digiling sampai nira itu selesai dianalisis lebih dari itu nira tidak stabil lagi untuk dianalisis.

Untuk menanggulangi masalah-masalah tersebut di atas diperlukan suatu cara yang dapat mengukur rendemen tebu dengan teliti, cepat dan praktis. Untuk ini dapat digunakan *digital refractometer/polarimeter* yang menggunakan cahaya (gelombang elektromagnetik). Salah satu cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Pengukuran dengan menggunakan gelombang ultrasonik ini dilakukan dengan memanfaatkan ketergantungan kecepatan perambatan gelombang ultrasonik di dalam nira tebu terhadap kekentalan dan rapat massanya. Dalam penelitian ini telah dibuat suatu perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk mengukur kecepatan gelombang ultrasonik di dalam nira tebu. Perangkat elektronik ini yang telah dilengkapi dengan perangkat keras dan perangkat lunak suatu program komputer dapat langsung menunjukkan besarnya rendemen tebu yang sedang diukur. Di bawah ini akan dibahas metodologi yang dipakai dan hasil-hasil yang telah dicapai.

METODOLOGI

Menurut teori gelombang, kecepatan gelombang ultrasonik yang menjalar di dalam suatu cairan tergantung pada rapat massa dan modulus bulk atau kompresibilitas dari cairan tersebut (Szilard, 1982), seperti terlihat pada persamaan di bawah ini.

$$V = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{1}{\beta \rho}} \quad (3)$$

dengan ketentuan :

V	=	Kecepatan gelombang ultrasonik [m/s]
B	=	Modulus bulk [Pa]
ρ	=	Rapat massa [kg/m ³]
β	=	Kompresibilitas [m ² /N]

Pada pengukuran nilai Pol dengan polarimeter, yang diamati adalah tingkat kejernihan dari nira tebu yang kemudian dibandingkan dengan tingkat kejernihan larutan standar, yaitu dengan melihat warnanya. Pada pengukuran nilai Brix yang menjadi ukuran adalah rapat massanya. Rendemen yang berbeda tentunya menyebabkan tingkat kejernihan (yang ada hubungannya dengan kekentalan) dan rapat massa yang berbeda. Jadi memang dengan mengukur nilai Pol dan Brix kita dapat menentukan rendemennya. Dari persamaan 3 terlihat bahwa kecepatan tergantung pada rapat massa dan kompresibilitas (yang juga ada hubungannya dengan kekentalan). Jadi diharapkan kita dapat menentukan rendemen dengan hanya mengukur kecepatannya sehingga lebih praktis. Bagaimana pengukuran kecepatan dilakukan akan di bahas di bawah ini.

Dalam penelitian ini, terlebih dahulu dilakukan pengukuran kecepatan gelombang ultrasonik pada nira tebu

dari berbagai rendemen. Pada Gambar 1 diperlihatkan diagram blok pengukuran yang digunakan (Truell, 1969). Generator pulsa membangkitkan pulsa-pulsa listrik A sebesar 5 V dengan frekuensi perulangan 1 KHz. Pulsa-pulsa ini digunakan untuk memulai (*start*) membuka gerbang sehingga 'clock' C dari Osilator juga mulai memasuki pencacah. Osilator yang digunakan berfrekuensi 10 MHz sehingga ketelitian pencacah dalam mengukur waktu tempuh adalah 0,1 μ S. Transduser ultrasonik yang digunakan mempunyai frekuensi tengah sebesar 2 MHz sehingga harus diaktifkan dengan pulsa-pulsa yang mengandung frekuensi tersebut. Untuk itu pulsa-pulsa listrik dari generator pulsa diatur agar mempunyai durasi sebesar 0,2 μ S yang seperti kita ketahui akan mengandung frekuensi sampai 5 MHz. Selain itu pulsa-pulsa listrik ini harus diperkuat terlebih dahulu oleh penguat pulsa sampai menjadi sekitar 30 V agar mampu mengaktifkan transduser pemancar T. Oleh transduser T pulsa-pulsa listrik ini diubah menjadi gelombang ultrasonik yang akan merambat di dalam nira tebu yang akan diukur rendemennya. Nira tebu ini berada di dalam suatu tabung pralon yang panjangnya 495 cm. Oleh karena berfrekuensi tinggi, maka gelombang ultrasonik ini akan bergerak lurus sepanjang tabung tersebut. Transduser penerima R akan mengubah kembali gelombang ultrasonik yang sampai kepadanya menjadi pulsa-pulsa listrik. Akibat atenuasi yang dialami gelombang ultrasonik selama menjalar di dalam nira tebu, maka sinyal yang keluar dari transduser R kecil sekali sehingga perlu diperkuat oleh penguat sinyal. Pulsa-pulsa listrik yang telah diperkuat ini dideteksi oleh detektor yang akan mengeluarkan pulsa-pulsa untuk menutup (*stop*) gerbang sehingga *clock* berhenti memasuki pencacah. Jadi pencacah hanya akan menghitung sejumlah pulsa *clock* D yang memasukinya selama gelombang ultrasonik menjalar di dalam nira tebu. Bila jumlah pulsa *clock* ini dikalikan dengan 0,1 μ S maka akan diperoleh waktu tempuh gelombang ultrasonik di dalam nira tebu sehingga dengan mengetahui panjang tabung kecepatannya dapat ditentukan. Penentuan kecepatan ini dilakukan oleh komputer setelah menerima hasil perhitungan pencacah melalui suatu antarmuka. Diagram waktu dari pulsa-pulsa A, B, C dan D dapat dilihat pada Gambar 2.

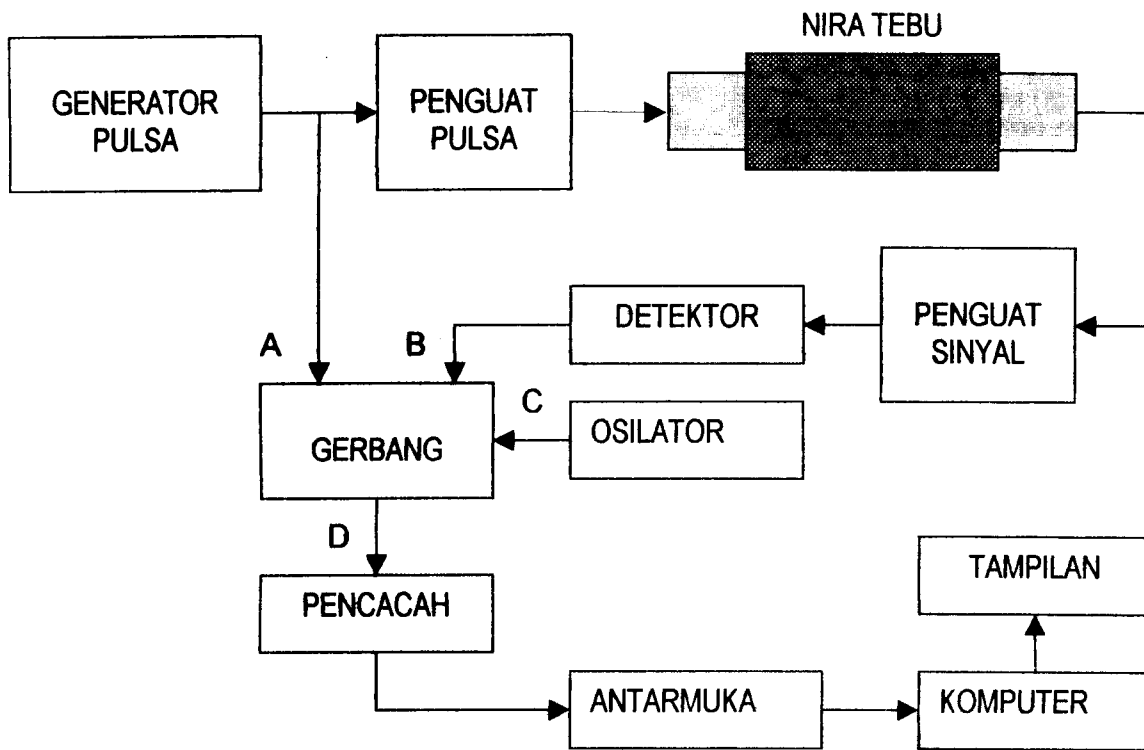
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk keperluan kalibrasi dilakukan pengukuran pada 37 sampel nira tebu dengan rendemen 4,46 % - 7,29 %. Hasil pengukuran waktu tempuh dan hasil perhitungan kecepatan ini ditunjukkan pada tabel 1. Dengan menggunakan metoda *Least-Squares curve fitting* akan diperoleh kurva empiris yang ditunjukkan pada Gambar 3 yang persamaannya empirisnya adalah :

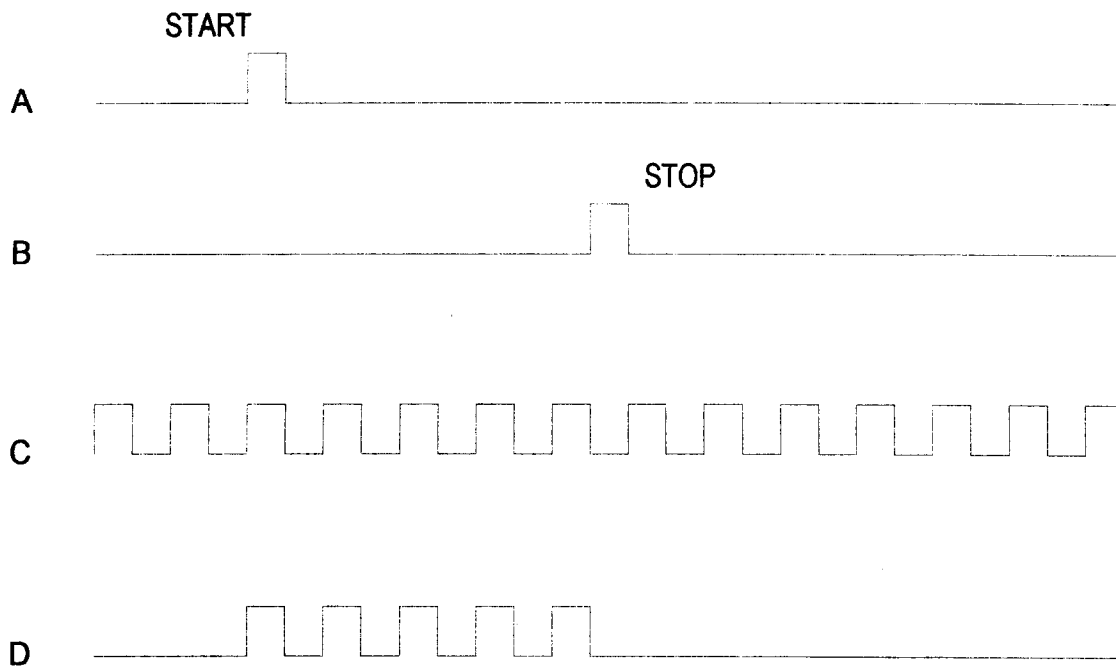
$$R = 2,65 V^2 - 11,95 V + 17,65 \quad (3)$$

dengan ketentuan :

R	=	Rendemen tebu [%]
V	=	Kecepatan gelombang ultrasonik [km/s]



Gambar 1. Diagram blok pengukuran rendemen tebu dengan ultrasonik



Gambar 2. Diagram waktu pengukuran rendemen tebu dengan ultrasonik

Penentuan persamaan empiris ini dilakukan dengan menggunakan fasilitas yang tersedia di dalam perangkat lunak Matlab. Persamaan empiris ini kemudian disimpan sebagai basis data di dalam suatu program komputer dan akan dipergunakan untuk menentukan rendemen tebu pada pengukuran-pengukuran selanjutnya.

Uji coba dilakukan pada sampel-sampel nira tebu yang langsung diambil dari pemerasan tebu untuk setiap lori yang datang ke pabrik. Pada tabel 2 ditunjukkan hasil uji coba pada 30 buah sampel nira tebu. Bila pengukuran rendemen menggunakan gelombang ultrasonik ini dibandingkan dengan pengukuran menggunakan polarimeter dan Brix Wager akan

diperoleh kurva seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. Terlihat disini bahwa hasil ujicoba ini cukup baik dengan kesalahan maksimum sebesar 6,4 %. Yang dimaksud dengan kesalahan disini adalah perbedaannya dengan nilai Pol-Brix, dimana nilai yang terakhir ini dianggap sebagai nilai sebenarnya.

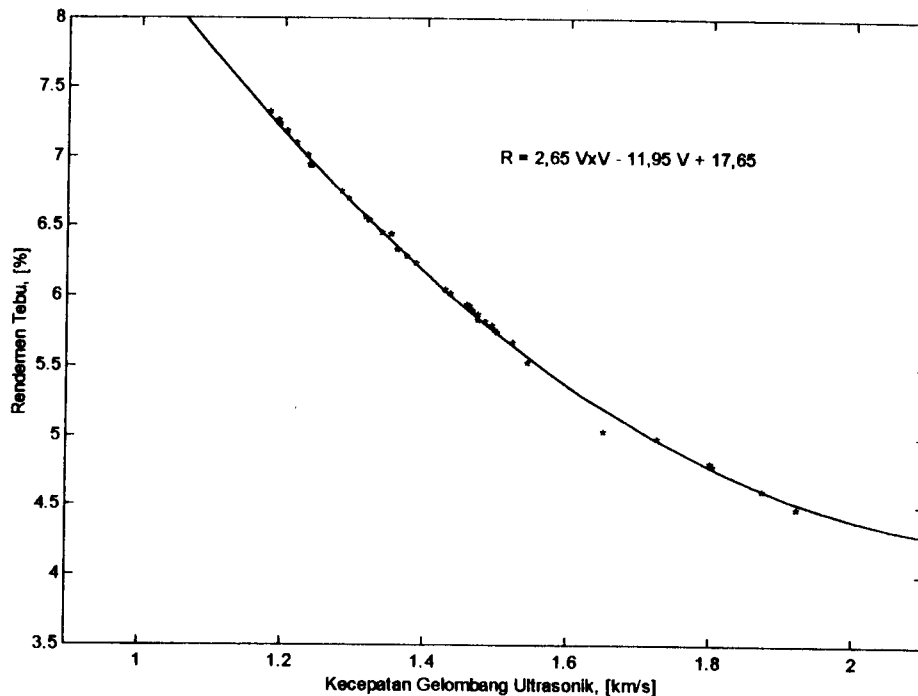
Dengan menggunakan bahasa pemrograman Pascal, nilai rendemen tebu ini dapat langsung ditampilkan pada layar monitor sehingga lebih praktis dan lebih cepat dibandingkan dengan metoda pengukuran menggunakan polarimeter dan Brix Wager.

Tabel 1. Hasil kalibrasi kecepatan gelombang ultrasonik terhadap rendemen

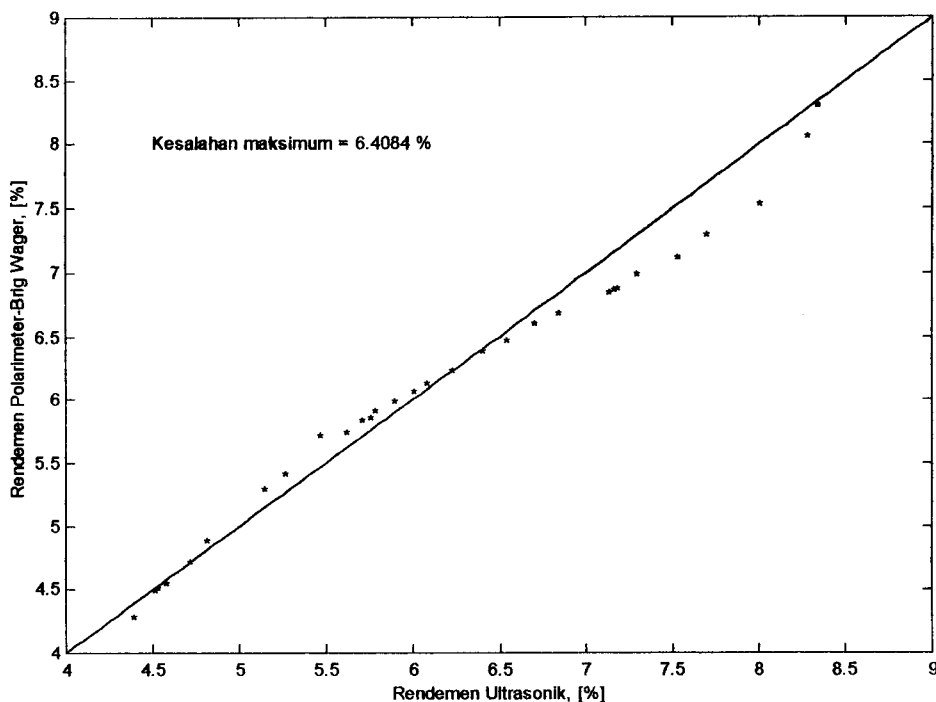
No.	Waktu Tempuh [μ S]	Kecepatan [km/s]	Rendemen [%]	No.	Waktu Tempuh [μ S]	Kecepatan [km/s]	Rendemen [%]
1	258.3	1.916	4.46	21	362.2	1.367	6.26
2	265.1	1.867	4.58	22	365.7	1.354	6.31
3	275.3	1.798	4.76	23	367.8	1.346	6.41
4	276.0	1.793	4.78	24	371.3	1.333	6.42
5	287.9	1.719	4.96	25	376.2	1.316	6.51
6	301.2	1.644	5.01	26	377.2	1.312	6.52
7	321.9	1.537	5.50	27	378.1	1.309	6.53
8	326.3	1.517	5.65	28	385.2	1.285	6.67
9	331.2	1.495	5.72	29	388.1	1.276	6.72
10	331.8	1.492	5.74	30	401.4	1.233	6.90
11	332.6	1.488	5.76	31	402.1	1.231	6.91
12	335.0	1.478	5.79	32	403.5	1.227	6.98
13	337.0	1.469	5.80	33	408.7	1.211	7.06
14	337.1	1.468	5.84	34	413.2	1.198	7.15
15	339.0	1.460	5.87	35	416.2	1.189	7.20
16	340.0	1.456	5.90	36	417.2	1.187	7.23
17	341.0	1.452	5.91	37	421.2	1.175	7.29
18	346.1	1.430	5.99				
19	348.3	1.421	6.02				
20	358.4	1.381	6.21				

Tabel 2. Prediksi rendemen tebu dengan ultrasonik dibandingkan dengan Pol-Brix

No. Lori	Kecepatan Gelombang [km/s]	Rendemen Tebu (%)		No. Lori	Kecepatan Gelombang [km/	Rendemen Tebu (%)	
		Ultrasonik	Pol-Brix			Ultrasonik	Pol-Brix
120	1.2829	6.6825	6.5700	459	1.5629	5.4469	5.6800
157	1.9086	4.4939	4.4600	491	1.5229	5.5980	5.7100
159	1.4543	5.8767	5.9600	502	1.8771	4.5544	4.5100
181	1.3429	6.3828	6.3500	502	1.4114	6.0636	6.1000
183	1.0057	8.3141	8.2700	552	1.9829	4.3717	4.2500
201	1.1343	7.5066	7.0800	572	1.4286	5.9877	6.0400
231	1.0143	8.2576	8.0300	599	1.6571	5.1242	5.2600
248	1.9000	4.5099	4.4800	603	1.1943	7.1597	6.8500
262	1.8143	4.6911	4.6900	606	1.2571	6.8168	6.6500
377	1.1971	7.1437	6.8300	640	1.6200	5.2457	5.3800
377	1.0571	7.9806	7.5000	648	1.7743	4.7889	4.8500
384	1.5000	5.6881	5.8000	746	1.4886	5.7343	5.8300
441	1.1057	7.6785	7.2600	758	1.2029	7.1117	6.8100
444	1.3800	6.2068	6.2000	780	1.3143	6.5231	6.4400
453	1.4829	5.7576	5.8800	788	1.1743	7.2732	6.9500



Gambar 3. Kurva empiris antara rendemen tebu dan kecepatan gelombang ultrasonik



KESIMPULAN

Dari hasil-hasil penelitian mengenai alat pengukur rendemen tebu menggunakan gelombang ultrasonik ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

Perangkat yang dibuat dapat dipakai untuk mengukur rendemen tebu dengan lebih cepat dan lebih mudah sehingga lebih praktis dibandingkan dengan pengukuran menggunakan polarimeter dan timbangan Brix Wager.

Persamaan empiris antara rendemen tebu dan kecepatan gelombang ultrasonik yang diperoleh dalam penelitian ini adalah $R = 2,65 V^2 - 11,95 V + 17,65$.

Pengukuran rendemen tebu dapat dilakukan dengan cukup teliti dimana kesalahan maksimumnya adalah sebesar 6,4 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Ir. Ghani Maskani, BSc. Sebagai pimpinan PTP XIV Pabrik Gula Kadhipaten, Kabupaten Majalengka, Jawa Barat yang telah mengijinkan kami untuk melakukan penelitian mengenai pengukuran rendemen tebu yang sangat bermanfaat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Supriyadi, A. 1992.** Rendemen Tebu : Liku-liku Permasalahannya. Kanisius.
- Sumarno, 1972.** Cara-cara Analisa di Pabrik Gula. Lembaga Pendidikan Perkebunan Jogyakarta.
- Szilard, J. 1982.** Ultrasonic Testing : Non-conventional testing techniques. John Wiley & Sons. New York.
- Truell, R., Elbaum C. and Chick B.B. 1969.** Ultrasonic Methods in Solid State Physics. Academic Press. New York.