

## RANCANG BANGUN MESIN PENGAMBIL SAMPEL (*CORE SAMPLER*) TEBU SIAP GILING (*Design of Sugar Cane Core Sampler*)

Rosmeika<sup>1)</sup>, Athoillah Azadi<sup>1)</sup>, dan Teguh Wikan Widodo<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian  
Jl. Sinarmas Boulevard, Pagedangan, Tangerang, Banten 15338  
Telp. 0811-9936-787  
Email : rmayca@yahoo.com

Diterima: 3 Oktober 2019; Disetujui: 9 Oktober 2019

### ABSTRAK

Metode penetapan rendemen yang lebih transparan dan adil di pabrik gula sangat diperlukan untuk mendorong petani memproduksi tebu dengan rendemen yang tinggi. Suatu metode *core sampler* telah direkayasa untuk sistem penentuan rendemen nira individu. Metode ini mampu membedakan nilai nira dari masing-masing lori/truk. Tujuan dari kegiatan ini adalah melakukan rancang bangun mesin pengambil sampel (*core sampler*) tebu siap giling. Kegiatan rancang bangun dilaksanakan di laboratorium perekayasa Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian (BBP Mektan), Serpong. Rancangan mesin *core sampler* tebu siap giling diawali dengan penetapan parameter desain dan pembuatan gambar desain. Tahap berikutnya adalah pembuatan prototipe *core sampler* dan dilanjutkan dengan pengujian dan modifikasi prototipe serta analisis hasil uji. Uji kinerja dan uji fungsional *core sampler* tebu menghasilkan waktu tercepat per proses pengambilan sampel tebu rata-rata selama 9.99 detik diperoleh pada tekanan *fluida* hidrolik 8.96 MPa, akan tetapi kebutuhan daya terendah rata-rata (1.40 kW) diperoleh pada tekanan 6.90 MPa dan berat sampel tertinggi (1.62 kg) juga diperoleh pada tekanan 6.90 MPa. Keterampilan operator serta kerapatan dan kestabilan tumpukan tebu sangat berpengaruh pada hasil uji yang didapatkan. Dalam prakteknya, direkomendasikan untuk beroperasi pada tekanan 7,58 MPa yang menghasilkan konsistensi terbaik dari sampel tebu, baik dalam hal berat (1.30 kg) maupun persentase sampel utuh (72.36%).

**Kata kunci:** Tebu, Rendemen, Pabrik Gula, *Core Sampler*

### ABSTRACT

*A fairer and transparent method of sugar content determination in sugar cane factory is needed to encourage farmers producing high yield of sugar content in canes. A core sampler method was developed to determine an individual yield of farmers' sugar cane. This method is able to distinguish the value of sugar content of sugarcane sap from each truck. The aim of this research was to design a sugar cane core sampler machine. The design activities were carried out in the engineering laboratory of Indonesian Center for Agricultural Engineering Research and Development (ICAERD), Serpong. Next stages were fabrication of a core sampler prototype, prototype testing, modification of the prototype, and performance test analyses. Performance and functional testing of cane core sampler resulted in that the fastest time of the operating process of sugar cane sampling (9.99 second) was at the hydraulic fluid pressure of 8.96 MPa. However, the lowest power requirement (1.40 kW) was obtained at a pressure of 6.90 MPa and the highest sample weight (1.62 kg) was also obtained at a pressure of 6.90 MPa. Operator skills as well as the density and stability of sugarcane stack influenced on the test results obtained. At the best practice, this study recommends the operation pressure at 7.58 MPa to result in the best consistency of sugarcane sample, both regarding weight (1.30 kg), and percentage of unbroken sample (72.36%).*

**Keywords:** Sugar Cane, Yield, Sugar Mill, Core Sampler

## PENDAHULUAN

Perkembangan produksi tebu di Indonesia dalam kurun waktu 2002 – 2011 cenderung meningkat, yakni dari 25,41 juta ton (2002) menjadi 30,32 juta ton (2011), tetapi tidak disertai peningkatan produktivitas dan rendemen. Produksi tebu tertinggi pernah dicapai pada tahun 2010, yakni 34,22 juta ton, namun tingkat rendemen hanya 6,47 persen, sehingga produksi gula kristal (*hablur*) hanya sebesar 5,29 ton/ha. Tingkat rendemen tinggi pernah dicapai pada tahun 2008, yakni 8,20 persen dengan tingkat produksi *hablur* 6,19 ton/ha (Ardana et al., 2015). Rendemen tebu dipengaruhi oleh kualitas tebu dan efisiensi pabrik. Kontribusi kualitas tebu terhadap rendemen adalah sebesar 87,7%, sedangkan kontribusi efisiensi pabrik terhadap rendemen hanya 12,3% (Bahri dan Santoso, 2008).

Berdasarkan pelaksanaan proses penggilingan tebu di pabrik, permasalahan sampling nilai nira perahan pertama (NNPP) menjadi kendala khususnya untuk pabrik gula yang besar dengan kapasitas giling > 4000 TCD (*ton cane per day*) menjadi tidak akurat karena nira dari tebu petani yang satu tercampur dengan petani lain.

Dengan demikian nira yang berasal dari tebu dengan kualitas baik akan bercampur dengan nira tebu lain yang kualitasnya berbeda. Hasil penetapan rendemen tersebut tidak mencerminkan tebu individu petani karena tidak menghargai prestasi individu. Akibatnya, para petani yang awalnya bekerja keras untuk berprestasi akan kecewa karena tidak menemukan perbedaan nyata dengan petani

yang berprestasi lebih rendah. Input usahatani berupa bibit, pupuk dan tenaga kerja yang berbeda tidak membedakan pendapatan petani (Mulyadi, 2006).

Kelemahan lain dari penentuan rendemen tebu secara konvensional adalah kadar nira tebu (KNT) sebagai salah satu kriteria kualitas tebu, ditetapkan sama untuk semua tebu petani dalam 1 periode giling (15 hari giling), dan tidak dapat membedakan antara tebu bersih dengan tebu kotor, tebu berdiameter besar dengan tebu berdiameter kecil.

Penghargaan terhadap prestasi kerja petani tebu secara individual merupakan faktor penentu dominan dalam pencapaian rendemen tebu di pabrik gula. Penerapan penghargaan prestasi kerja individual yang mencerminkan tebu individu petani dan prestasi kerja individu petani, akan mendorong petani tebu untuk selalu meningkatkan kualitas tebunya (Dianpratiwi et al., 2016). Oleh karena itu, perbaikan industri gula saat ini harus menyentuh aspek pengukuran kualitas tebu yang mampu mengukur prestasi petani secara individual serta menjamin akurasi pengukuran tersebut. Teknik dan sistem penetapan rendemen yang lebih transparan dan adil sangat diperlukan untuk mendorong petani memproduksi tebu dengan rendemen yang tinggi.

Salah satu upaya untuk memperbaiki sistem penentuan rendemen individu adalah menggunakan sistem *core sampler*. Sistem ini terdiri dari satu set peralatan *core sampler* (tipe *horizontal* atau vertikal) dan dilengkapi dengan *shredder* untuk mencacah tebu hasil sampling serta *hydraulic press* untuk memerah nira dari tebu cacah. Teknik *core sampler* pertama kali

digunakan sebagai evaluasi kualitas tebu dan penghitungan bagi hasil petani di pabrik St. Martin di Louisiana, USA, pada tahun 1976 (Partowinoto, 1996; Birkett, 1998). Sistem ini terbukti berhasil dalam mengatasi permasalahan pabrik gula dengan petani, sehingga pabrik-pabrik gula di negara-negara lain mulai menggunakan sistem ini untuk menggantikan sistem pengambilan sampel secara konvensional.

Di Indonesia sendiri *core sampler* pernah digunakan di Pabrik Gula (PG) Pelaihari, Kalimantan Selatan. *Core Sampler* tipe vertikal telah diaplikasikan sebagai alat *sampling* tebu dalam penentuan rendemen per petak kebun, karena tebu yang diumpangkan ke gilingan pertama menggunakan *grab loader* yang menyebabkan tebu per kepemilikan tidak terdeteksi dengan jelas. Rendemen ditetapkan dengan  $NNPP \times \text{faktor rendemen}$ , kualitas tebu didekati dengan kualitas nira (NNPP) (Trisnobudi *et al.*, 2001; Wahyuni, 2014). Di industri gula dunia seperti Mauritius, Filipina, Afrika Selatan, Louisiana dan Brazil, *core sampler* telah digunakan untuk sistem pembayaran tebu. Beberapa tahun ini sejak tahun 2009, empat PG BUMN dan swasta telah memasang *core sampler* untuk analisis rendemen individu, tiga PG di Lampung dan satu PG di Jawa Timur (Saputro, 2015). *Core sampler* yang dipasang di ke empat PG tersebut produksi dari Amerika, Brazil dan China sehingga harganya relatif mahal (Wahyuning, 2013). Dengan adanya *core sampler* produksi dalam negeri diharapkan dapat menekan harga jual, selanjutnya PG lebih tertarik untuk

berinvestasi membeli *core sampler* yang akan digunakan dalam analisis rendemen individu.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan rekayasa dan rancang bangun mesin pengambil sampel (*core sampler*) tebu siap giling, serta melaksanakan uji kinerja *core sampler* untuk memastikan konsistensi berat sampel yang diambil, waktu yang dibutuhkan per satu kali pengambilan sampel, dan kebutuhan daya.

## BAHAN DAN METODE

Kegiatan perekayasa dan uji kinerja dilaksanakan di laboratorium perekayasa Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong. Kegiatan berlangsung selama 2 (dua) tahun, yaitu dimulai pada bulan Januari 2015 sampai dengan Desember 2016.

### Bahan

Bahan utama untuk kegiatan ini adalah sampel tebu siap giling sebagai bahan uji coba, sedangkan bahan rekayasa berupa bahan-bahan konstruksi seperti material besi, sistem hidrolik, sistem kontrol dan mesin, ditambah dengan bahan penunjang yang terdiri dari peralatan perbengkelan, dan peralatan lain yang digunakan untuk proses uji coba dan uji kinerja.

### Metode

Proses rancang bangun mesin *core sampler* tebu siap giling akan diawali penetapan parameter desain, kemudian pembuatan sketsa gambar kerja secara umum, dan dilanjutkan dengan desain gambar teknik.

Tahapan kegiatan selanjutnya adalah pembuatan desain konseptual dan pembuatan desain komponen *core sampler* menggunakan *software* aplikasi *Solid Work (SW)*. Tahap berikutnya adalah pembuatan prototipe yang dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan desain, dan dilanjutkan dengan pengujian dan modifikasi prototipe serta analisis hasil uji.

**Prosedur Pengujian**

Kegiatan pengujian dilakukan dengan memperhatikan beberapa parameter, antara lain: kecepatan putar *bore core sampler* (rpm), kecepatan maju *bore core sampler* (m/det), kapasitas kerja (menit/sample), konsistensi berat sampel, kedalaman pengeboran, kualitas hasil potong (sample tebu yang diambil), dan kebutuhan daya. Pengujian dilakukan dengan ulangan yang memadai untuk uji statistik terutama untuk mengetahui tingkat akurasi dan simpangannya.

**Analisis Data**

**Analisis Kebutuhan Daya**

Rumus perhitungan untuk menentukan besarnya *power* motor listrik atau menentukan kapasitas pompa oli hidrolik yang akan digunakan saat melakukan instalasi sistem hidrolik dapat dilihat pada persamaan (1).

$$P = (Q \times p)/600 \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- P* : *power motor (kW)*
- Q* : *flow pompa (liter/menit)*
- p* : *tekanan pompa (bar atau kg/cm<sup>2</sup>)*

Prinsip penting dari zat cair/hidrolik adalah cairan tidak dapat dimampatkan/dikompresikan/diperkecil volumenya. Rumus dasar perhitungan hidrolik menggunakan prinsip Hukum Pascal, yaitu tekanan yang diberikan pada zat cair/ hidrolik dalam ruang tertutup akan diteruskan sama besar ke segala arah. Berdasarkan prinsip Pascal, tekanan yang dipakaikan kepada suatu *fluida* tertutup diteruskan tanpa berkurang besarnya kepada setiap bagian fluida dan dinding-dinding yang berisi *fluida* tersebut. Hasil ini adalah suatu konsekuensi yang perlu dari hukum-hukum mekanika *fluida*, dan bukan merupakan sebuah prinsip bebas. Untuk menghitung gaya, tekanan atau penambahan gaya dapat menggunakan rumus (2 – 4) sebagai berikut:

$$F = p \times A \dots\dots\dots (2)$$

dimana,

- F* : gaya (N)
- p* : besar tekanan *fluida* hidrolik (N/m<sup>2</sup>)
- A* : luas penampang piston (m<sup>2</sup>)

$$\frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1} \dots\dots\dots (3)$$

keterangan:

- F<sub>1</sub>* : gaya tekan pada piston 1 (N)
- F<sub>2</sub>* : gaya tekan pada piston 2 (N)
- A<sub>1</sub>* : luas penampang pada piston 1 (cm<sup>2</sup>)
- A<sub>2</sub>* : luas penampang pada piston 2 (cm<sup>2</sup>)

Tekanan yang diberikan pada tabung kecil sama dengan tekanan yang ditimbulkan pada tabung besar.

$$F_2 = \frac{F_1 \times A_2}{A_1} \dots\dots\dots (4)$$

Untuk mengetahui daya yang dibutuhkan oleh setiap komponen sistem hidrolis dalam proses pengambilan sampel tebu, digunakan rumus pada persamaan (5).

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots (5)$$

$$W = F \times s \dots\dots\dots (6)$$

$$F = m \times g \dots\dots\dots (7)$$

Apabila ada perbedaan tinggi, maka rumus untuk menghitung gaya yang dibutuhkan menggunakan persamaan 8.

$$F = mgh \dots\dots\dots (8)$$

dimana:

- $F$  : gaya (N)
- $g$  : gravitasi ( $m/s^2$ )
- $h$  : beda tinggi (m)
- $m$  : massa (kg)
- $P$  : daya (watt)
- $s$  : jarak perpindahan (m)
- $t$  : waktu (det)
- $W$  : usaha (J)

### Analisis Uji Kinerja

Uji Kinerja mesin pengambil sampel tebu (*core sampler*) dilakukan pada beberapa tingkatan tekanan *fluida* hidrolis yang berbeda untuk mengetahui konsistensi berat sampel tebu

yang diambil, waktu yang dibutuhkan per satu kali pengambilan sampel, dan kebutuhan daya *core sampler*. Data yang telah terkumpul, kemudian diolah dan dianalisis menggunakan rumus *Standar Deviasi* atau simpangan baku (persamaan 9) untuk mengetahui keragaman suatu data-data dari hasil pengamatan. *Standar deviasi* biasanya digunakan dalam penelitian-penelitian dengan mengambil sampel-sampel. Jika nilai standar deviasi yang didapat besar maka data-data memiliki keberagaman atau berbeda-beda (*heterogen*). Semantara jika dari hasil perhitungan didapat nilai standar deviasi rendah maka data-data tersebut memiliki kesamaan atau nilainya tidak jauh berbeda (*homogen*).

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (xi - x)^2} \dots\dots\dots (9)$$

dimana,

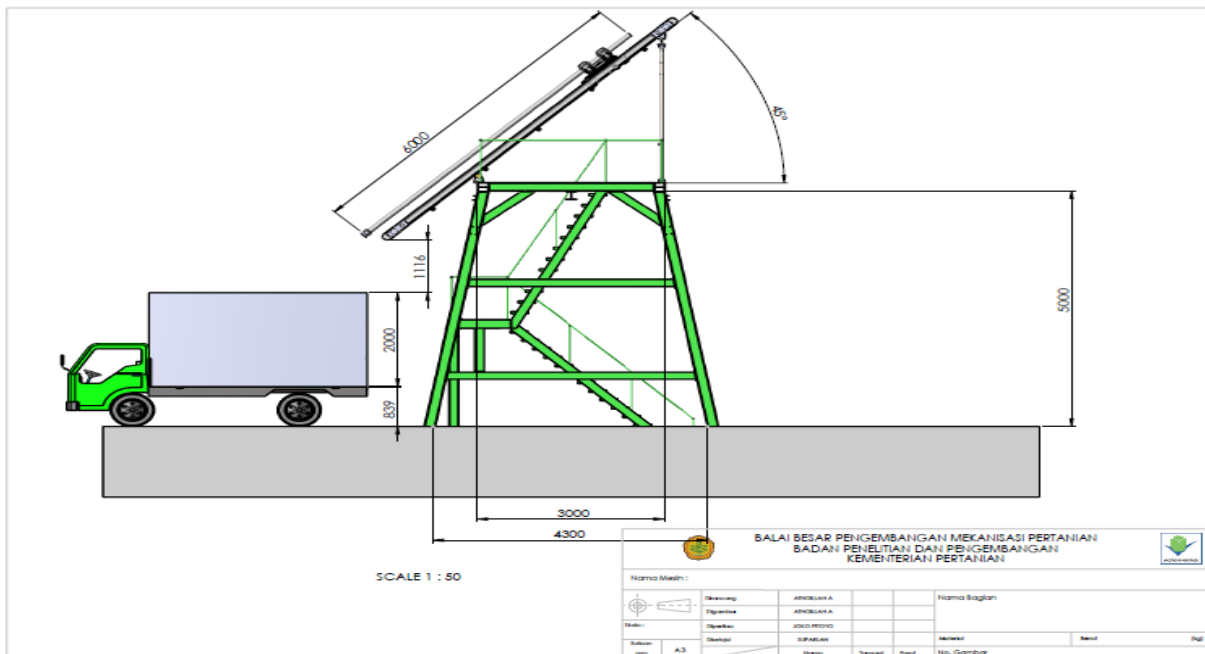
- $s$  : simpangan baku
- $xi$  : data yang ke  $i$
- $x$  : rata-rata
- $n$  : banyaknya data

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rancang Bangun Mesin pengambil Sampel (*Core Sampler*) Tebu

Unit *bore core sampler* yang dirancang dapat diatur sudut kemiringannya, sehingga dapat digunakan baik itu secara horizontal maupun vertikal ( $45^\circ - 60^\circ$ ). Mesin *core sampler* didesain *knock down* (dapat dibongkar pasang), sehingga memudahkan apabila ingin berpindah lokasi (*movable*). Panjang pipa *bore core*





Gambar 2. Desain mesin *core sampler* tebu (tampak samping)

### Analisis Kapasitas Daya Sistem Hidrolik *Core Sampler* Tebu

Sistem hidrolik dirancang secara teoritis berdasarkan desain awal dari mesin *core sampler*. Berdasarkan spesifikasi masing-masing komponen sistem hidrolik yang diperoleh pada saat penetapan parameter desain, maka dapat dihitung kapasitas daya masing-masing komponen sistem hidrolik tersebut. *Perhitungan daya masing-masing komponen sistem hidrolik dilakukan berdasarkan persamaan (1) – (8)*. Tabel 1 menunjukkan bahwa kapasitas daya motor hidrolik untuk memutar *bore core sampler* sebesar 3.03 kW (4.07 HP) dan untuk gerak maju-mundur *bore core sampler* sebesar 0.93 kW (1.24 kW), sedangkan kapasitas daya

silinder hidrolik untuk mengeluarkan sampel tebu (*ejector*), gerak ke samping (*swing*) dan merubah sudut kemiringan (*elevator bore core sampler*) setelah dikalikan dengan efisiensinya secara berturut-turut adalah sebesar 1.05 kW (1.41 HP), 1.89 kW (2.54), dan 2.60 kW (3.48).

### Uji fungsional dan Uji Kinerja Mesin *Core Sampler* Tebu

Uji fungsional dan uji kinerja mesin *core sampler* tebu dilakukan di Laboratorium Perekayasaan BBP Mektan (Gambar 3). Besarnya dimensi mesin *core sampler* tersebut (panjang total  $\pm 7$  meter, lebar total  $\pm 4$  meter dan tinggi total  $\pm 8$  meter) tidak memungkinkan untuk diinstal di Laboratorium BBP Mektan. Oleh karena itu, beberapa modifikasi dilakukan

agar mesin tersebut dapat diuji di BBP Mektan, diantaranya adalah membuat kaki dudukan *core sampler* setinggi 1 meter untuk menggantikan sementara rangka utama setinggi 5 meter. Pipa *bore core sampler* sepanjang 6 meter dibagi 2 bagian, masing-masing sepanjang 2 meter dan 4 meter. Pipa *bore core sampler* dengan panjang 2 meter ditempatkan didudukan *bore core sampler*, kemudian disambungkan dengan pipa *bore core sampler* sepanjang 4 meter.

Untuk keperluan pengujian, dibuatkan sambungan pipa *bore core sampler* sepanjang 1.5 meter untuk menggantikan sementara pipa sepanjang 4 meter. Untuk menggantikan tumpukan tebu di atas truk, maka dibuatkan dudukan tebu yang dirancang agar *displacement bore core sampler* dan posisi tumpukan tebu sesuai dengan aslinya pada saat di lapangan (Gambar 3).

Tabel 1. Kapasitas daya masing-masing komponen hidrolik *core sampler* tebu

| Komponen                                | Daya (kW) | Daya (HP) |
|---|-----------|-----------|
| Motor Hidrolik 1 (putar)                | 3.03      | 4.07      |
| Motor Hidrolik 2 ( <i>sliding</i> )     | 0.93      | 1.24      |
| Silinder Hidrolik 1 ( <i>ejector</i> )  | 1.05      | 1.41      |
| Silinder Hidrolik 2 ( <i>swing</i> )    | 1.89      | 2.54      |
| Silinder Hidrolik 3 ( <i>elevator</i> ) | 2.60      | 3.48      |



Gambar 3. *Core sampler* dan dudukan tebu siap giling untuk keperluan uji di BBP Mektan

Uji *core sampler* dilakukan dengan 4 tingkatan tekanan fluida hidrolik yang berbeda, yaitu 1000 psi (6.90 MPa), 1100 psi (7.58 MPa), 1200 psi (8.27 MPa), dan 1300 psi (8.96 MPa). Sebelum melakukan uji pengambilan sampel tebu, terlebih dahulu dilakukan uji fungsional mesin *core sampler* tebu untuk mengetahui

bahwa seluruh sistem mesin tersebut dapat bekerja dengan baik dan lancar. Hasil uji fungsional menunjukkan bahwa semua sistem hidrolik dapat berfungsi dengan baik. Uji fungsional tanpa beban untuk *sliding bore core sampler* dilakukan dengan 5 kali ulangan. Hasil uji tersebut dilihat dapat pada Tabel 2 – 5.



Dari Tabel 2 – 5 dapat dilihat bahwa rata-rata kebutuhan daya untuk *sliding bore core sampler* untuk tekanan 6.90 MPa, 7.58 MPa, 8.27 MPa, dan 8.96 MPa berturut-turut adalah sebesar 0.06 kW, 0.09 kW, 0.13 kW, dan 0.17 kW. Hasil uji fungsional menunjukkan bahwa gerakan *sliding bore core sampler* cukup baik dan lancar. Uji kinerja *core sampler* dilakukan

untuk mengetahui daya yang dibutuhkan untuk mengambil sampel tebu dari tumpukan tebu (Tabel 6 – 9) , konsistensi berat sampel tebu yang diambil, waktu yang dibutuhkan per satu kali pengambilan sampel, dan kapasitas kerja pada setiap tingkatan tekanan fluida hidrolik yang diuji.

Tabel 2. Hasil uji fungsional kebutuhan daya untuk *sliding bore core sampler* tanpa beban pada tekanan 1000 psi (6.90 MPa)

| No     | Massa (kg) | Waktu (detik) | Jarak (meter) | Gaya (newton) | Usaha (Nm) atau joule | Daya (kW) | Daya (HP) |
|--------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------|-----------|
| 1      | 150        | 34.84         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.06      | 0.08      |
| 2      | 150        | 38.87         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.05      | 0.07      |
| 3      | 150        | 34.22         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.06      | 0.08      |
| 4      | 150        | 37.34         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.05      | 0.07      |
| 5      | 150        | 37.42         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.05      | 0.07      |
| rata2  | 150        | 36.54         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.06      | 0.07      |
| STD    | 0.00       | 1.94          | 0.00          | 0.00          | 0.00                  | 0.00      | 0.00      |
| CV (%) | 0.00       | 5.32          | 0.00          | 0.00          | 0.00                  | 5.36      | 5.36      |

Tabel 3. Hasil uji fungsional kebutuhan daya untuk *sliding bore core sampler* tanpa beban pada tekanan 1100 psi (7.58 MPa)

| No     | Massa (kg) | Waktu (detik) | Jarak (meter) | Gaya (newton) | Usaha (Nm) atau joule | Daya (kW) | Daya (HP) |
|--------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------|-----------|
| 1      | 150        | 23.45         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.09      | 0.12      |
| 2      | 150        | 25.07         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.08      | 0.11      |
| 3      | 150        | 22.82         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.09      | 0.12      |
| 4      | 150        | 22.72         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.09      | 0.12      |
| 5      | 150        | 22.53         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.09      | 0.12      |
| rata2  | 150        | 23.32         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.09      | 0.12      |
| STD    | 0.00       | 1.04          | 0.00          | 0.00          | 0.00                  | 0.00      | 0.01      |
| CV (%) | 0.00       | 4.45          | 0.00          | 0.00          | 0.00                  | 4.26      | 4.26      |

Tabel 4. Hasil uji fungsional kebutuhan daya untuk untuk *sliding bore core sampler* tanpa beban pada tekanan 1200 psi (8.27 MPa)

| No     | Massa (kg) | Waktu (detik) | Jarak (meter) | Gaya (newton) | Usaha (Nm) atau joule | Daya (kW) | Daya (HP) |
|--------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------|-----------|
| 1      | 150        | 16.37         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.12      | 0.17      |
| 2      | 150        | 16.23         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.13      | 0.17      |
| 3      | 150        | 16.13         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.13      | 0.17      |
| 4      | 150        | 15.09         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.14      | 0.18      |
| 5      | 150        | 16.23         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.13      | 0.17      |
| rata2  | 150        | 16.01         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.13      | 0.17      |
| STD    | 0.00       | 0.52          | 0.00          | 0.00          | 0.00                  | 0.00      | 0.01      |
| CV (%) | 0.00       | 3.26          | 0.00          | 0.00          | 0.00                  | 3.40      | 3.40      |

Tabel 5. Hasil uji fungsional kebutuhan daya untuk *sliding bore core sampler* tanpa beban pada tekanan 1300 psi (8.96 MPa)

| No     | Massa (kg) | Waktu (detik) | Jarak (meter) | Gaya (newton) | Usaha (Nm) atau joule | Daya (kW) | Daya (HP) |
|--------|------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------|-----------|
| 1      | 150        | 12.79         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.16      | 0.21      |
| 2      | 150        | 12.16         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.17      | 0.22      |
| 3      | 150        | 11.84         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.17      | 0.23      |
| 4      | 150        | 11.56         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.18      | 0.24      |
| 5      | 150        | 11.5          | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.18      | 0.24      |
| rata2  | 150        | 11.97         | 1.98          | 1470.00       | 2910.60               | 0.17      | 0.23      |
| STD    | 0.00       | 0.53          | 0.00          | 0.00          | 0.00                  | 0.01      | 0.01      |
| CV (%) | 0.00       | 4.41          | 0.00          | 0.00          | 0.00                  | 4.29      | 4.29      |

Tabel 6. Kebutuhan daya untuk mengambil sampel tebu pada tekanan 1000 psi (6.90 MPa)

| No     | Tekanan (N/mm <sup>2</sup> ) | Jari-jari bore (mm) | Waktu (detik) | Jarak (meter) | Gaya (newton) | Usaha (Nm) atau joule | Daya (kW) | Daya (HP) |
|--------|------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------|-----------|
| 1      | 6.89                         | 52.00               | 23.33         | 0.70          | 58540.37      | 40978.26              | 1.23      | 1.65      |
| 2      | 6.89                         | 52.00               | 17.56         | 0.80          | 58540.37      | 46832.30              | 1.87      | 2.50      |
| 3      | 6.89                         | 52.00               | 22.12         | 0.80          | 58540.37      | 46832.30              | 1.48      | 1.99      |
| 4      | 6.89                         | 52.00               | 23.16         | 0.60          | 58540.37      | 35124.22              | 1.06      | 1.42      |
| 5      | 6.89                         | 52.00               | 17.98         | 0.60          | 58540.37      | 35124.22              | 1.37      | 1.83      |
| rata2  | 6.89                         | 52.00               | 20.83         | 0.70          | 58540.37      | 40978.26              | 1.40      | 1.88      |
| STD    | 0.00                         | 0.00                | 2.84          | 0.10          | 0.00          | 5854.04               | 0.30      | 0.41      |
| CV (%) | 0.00                         | 0.00                | 13.61         | 14.29         | 0.00          | 14.29                 | 21.68     | 21.68     |

Tabel 7. Kebutuhan daya untuk mengambil sampel tebu pada tekanan 1100 psi (7.58 MPa)

| No     | Tekanan (N/mm <sup>2</sup> ) | Jari-jari bore (mm) | Waktu (detik) | Jarak (meter) | Gaya (newton) | Usaha (Nm) atau joule | Daya (kW) | Daya (HP) |
|--------|------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------|-----------|
| 1      | 7.58                         | 52.00               | 18.72         | 0.8           | 64394.41      | 51515.53              | 1.93      | 2.58      |
| 2      | 7.58                         | 52.00               | 17.68         | 0.8           | 64394.41      | 51515.53              | 2.04      | 2.74      |
| 3      | 7.58                         | 52.00               | 15.15         | 0.8           | 64394.41      | 51515.53              | 2.38      | 3.19      |
| 4      | 7.58                         | 52.00               | 15.97         | 0.8           | 64394.41      | 51515.53              | 2.26      | 3.03      |
| 5      | 7.58                         | 52.00               | 17.44         | 0.8           | 64394.41      | 51515.53              | 2.07      | 2.77      |
| rata2  | 7.58                         | 52.00               | 16.99         | 0.80          | 64394.41      | 51515.53              | 2.13      | 2.86      |
| STD    | 0.00                         | 0.00                | 1.42          | 0.00          | 0.00          | 0.00                  | 0.18      | 0.24      |
| CV (%) | 0.00                         | 0.00                | 8.37          | 0.00          | 0.00          | 0.00                  | 8.53      | 8.53      |

Tabel 8. Kebutuhan daya untuk mengambil sampel tebu pada tekanan 1200 psi (8.27 MPa)

| No     | Tekanan (N/mm <sup>2</sup> ) | Jari-jari bore (mm) | Waktu (detik) | Jarak (meter) | Gaya (newton) | Usaha (Nm) atau joule | Daya (kW) | Daya (HP) |
|--------|------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------|-----------|
| 1      | 8.27                         | 52.00               | 18.09         | 0.70          | 70248.45      | 49173.91              | 1.90      | 2.55      |
| 2      | 8.27                         | 52.00               | 13.42         | 0.75          | 70248.45      | 52686.34              | 2.75      | 3.69      |
| 3      | 8.27                         | 52.00               | 17.45         | 0.80          | 70248.45      | 56198.76              | 2.25      | 3.02      |
| 4      | 8.27                         | 52.00               | 16.64         | 0.70          | 70248.45      | 49173.91              | 2.07      | 2.77      |
| 5      | 8.27                         | 52.00               | 12.77         | 0.70          | 70248.45      | 49173.91              | 2.70      | 3.61      |
| rata2  | 8.27                         | 52.00               | 15.67         | 0.73          | 70248.45      | 51281.37              | 2.33      | 3.13      |
| STD    | 0.00                         | 0.00                | 2.42          | 0.04          | 0.00          | 3141.61               | 0.38      | 0.50      |
| CV (%) | 0.00                         | 0.00                | 15.44         | 6.13          | 0.00          | 6.13                  | 16.10     | 16.10     |

Tabel 9. Kebutuhan daya untuk mengambil sampel tebu pada tekanan 1300 psi (8.96 MPa)

| No     | Tekanan (N/mm <sup>2</sup> ) | Jari-jari bore (mm) | Waktu (detik) | Jarak (meter) | Gaya (newton) | Usaha (Nm) atau Joule | Daya (kW) | Daya (HP) |
|--------|------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------|-----------|
| 1      | 8.96                         | 52.00               | 10.9          | 0.8           | 76102.49      | 60881.99              | 3.91      | 5.24      |
| 2      | 8.96                         | 52.00               | 10.98         | 0.8           | 76102.49      | 60881.99              | 3.88      | 5.20      |
| 3      | 8.96                         | 52.00               | 8.98          | 0.6           | 76102.49      | 45661.49              | 3.56      | 4.77      |
| 4      | 8.96                         | 52.00               | 10.52         | 0.6           | 76102.49      | 45661.49              | 3.04      | 4.07      |
| 5      | 8.96                         | 52.00               | 8.56          | 0.5           | 76102.49      | 38051.24              | 3.11      | 4.17      |
| rata2  | 8.96                         | 52.00               | 9.99          | 0.66          | 76102.49      | 50227.64              | 3.50      | 4.69      |
| STD    | 0.00                         | 0.00                | 1.14          | 0.13          | 0.00          | 10210.22              | 0.41      | 0.55      |
| CV (%) | 0.00                         | 0.00                | 11.36         | 20.33         | 0.00          | 20.33                 | 11.79     | 11.79     |

Dari Tabel 6 – 9 terlihat bahwa untuk tekanan 6.90, 7.58, 8.27, dan 8.96 MPa, rata-rata waktu yang dibutuhkan per sekali ulangan pengambilan sampel tebu, secara berturut – turut adalah 20.83, 16.99, 15.67, dan 9.9 detik, sedangkan kebutuhan daya untuk mengambil sampel tebu secara berturut – turut adalah 1.40, 2.13, 2.33, dan 3.50 kW. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan fluida hidrolik semakin cepat rata-rata waktu yang dibutuhkan per satu kali ulangan dan semakin tinggi kebutuhan daya untuk mengambil sampel tebu.

Tabel 10 menunjukkan bahwa rata-rata berat sampel tebu yang dapat diambil oleh *core sampler* pada tekanan 6.90, 7.58, 8.27, dan 8.96 MPa, secara berturut – turut adalah 1.62, 1.30, 1.40, dan 1.24 kg, total waktu per proses pengambilan sampel tebu secara berturut – turut adalah 118.81, 111.74, 102.02, dan 78.99 detik,

sedangkan hasil uji statistik untuk konsistensi berat sampel tebu menggunakan standar deviasi secara berturut-turut adalah 0.33, 0.10, 0.50, dan 0.35.

Tabel 11 menunjukkan bahwa rata-rata kondisi sampel tebu yang utuh sebesar 68.66 %, belah sebesar 17.28%, dan rusak sebesar 14.11%. Hasil uji fungsional dan uji kinerja *core sampler* per proses pengambilan sampel tebu menunjukkan bahwa waktu yang tercepat diperoleh pada tekanan fluida hidrolik 8.96 MPa, kebutuhan daya terendah diperoleh pada tekanan fluida hidrolik 6.90 MPa, berat sampel tertinggi diperoleh pada tekanan fluida hidrolik 6.90 MPa, konsistensi berat sampel tebu terbaik diperoleh pada tekanan fluida hidrolik 7.58 MPa, dan kondisi sampel tebu terbaik diperoleh pada tekanan fluida hidrolik 7.58 MPa. Hasil uji *core sampler* ini dipengaruhi beberapa faktor, yaitu keterampilan operator serta kerapatan dan kestabilan tumpukan tebu.

Tabel 10. Berat sampel dan total waktu yang dibutuhkan per proses pengambilan sampel tebu

| Ulangan | Tekanan Fluida Hidrolik (MPa) |                     |                   |                     |                   |                     |                   |                     |
|---------|-------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
|         | 6.90                          |                     | 7.58              |                     | 8.27              |                     | 8.96              |                     |
|         | Berat Sampel (kg)             | Waktu Total (detik) | Berat Sampel (kg) | Waktu Total (detik) | Berat Sampel (kg) | Waktu Total (detik) | Berat Sampel (kg) | Waktu Total (detik) |
| 1       | 2.10                          | 126.42              | 1.41              | 118.84              | 1.70              | 102.72              | 1.80              | 81.58               |
| 2       | 1.30                          | 125.54              | 1.15              | 112.31              | 0.80              | 105.45              | 1.30              | 80.34               |
| 3       | 1.70                          | 118.34              | 1.38              | 112.37              | 2.10              | 104.31              | 1.00              | 83.65               |
| 4       | 1.30                          | 116.11              | 1.31              | 110.07              | 1.20              | 100.58              | 1.20              | 76.51               |
| 5       | 1.70                          | 107.65              | 1.28              | 105.11              | 1.20              | 97.02               | 0.90              | 72.86               |
| rata2   | 1.62                          | 118.81              | 1.30              | 111.74              | 1.40              | 102.02              | 1.24              | 78.99               |
| STD     | 0.33                          | 7.67                | 0.10              | 4.95                | 0.50              | 3.34                | 0.35              | 4.30                |
| CV (%)  | 20.66                         | 6.45                | 7.94              | 4.43                | 36.07             | 3.27                | 28.28             | 5.44                |

Tabel 11. Rata-rata kondisi sampel tebu hasil pengeboran *core sampler*

| Tekanan (MPa) | Utuh (%) | Belah (%) | Rusak (%) |
|---------------|----------|-----------|-----------|
| 6.90          | 60.16    | 25.30     | 14.53     |
| 7.58          | 72.36    | 15.35     | 12.28     |
| 8.27          | 71.71    | 12.96     | 15.33     |
| 8.96          | 70.42    | 15.28     | 14.30     |
| rata-rata     | 68.66    | 17.23     | 14.11     |
| STD           | 5.72     | 5.50      | 1.30      |
| CV (%)        | 8.34     | 31.93     | 9.19      |

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Rancang bangun prototipe mesin *core sampler* tebu telah dilakukan di BBP Mektan. Hasil uji menunjukkan bahwa rata-rata waktu tercepat per proses pengambilan sampel tebu (9.99 detik) diperoleh pada tekanan fluida hidrolik 8.96 MPa, akan tetapi kebutuhan daya terendah (1.40 kW) diperoleh pada tekanan 6.90 MPa dan berat sampel tertinggi juga diperoleh pada tekanan 6.90 MPa.

Dalam prakteknya, direkomendasikan untuk beroperasi pada tekanan 7,58 MPa yang menghasilkan konsistensi terbaik dari sampel tebu, baik dalam hal berat (1.30 kg) maupun kondisi sampel utuh (72.36%). Keterampilan operator serta kerapatan dan kestabilan tumpukan tebu sangat berpengaruh pada hasil uji yang didapatkan. Tekanan optimum untuk proses pengambilan sampel tebu dapat diketahui dengan melakukan kalibrasi antara

pengukuran rendemen gula menggunakan *core sampler* dibandingkan dengan rendemen gula di PG.

### Saran

1. Perlu dilakukan kalibrasi antara pengukuran rendemen gula menggunakan *core sampler* dengan rendemen gula di PG untuk mengetahui tekanan optimum pada proses pengambilan sampel tebu.
2. Proses kalibrasi dapat dilakukan apabila satu paket sistem *core sampling* tersedia (mesin pengambil sampel/*core sampler* tebu, mesin pencacah sampel tebu, mesin pemerah sampel tebu, dan alat pengukur rendemen secara *real time*). Saat ini baru tersedia prototipe *core sampler* tebu saja, sehingga perlu dilakukan rancangbangun untuk mesin pencacah sampel tebu, mesin pemerah sampel tebu, dan alat pengukur rendemen secara *real time*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardana, I.K., Hendriadi, A., Wulandari, S., Nur Khoiriyah, A., Zulchi, T., Deden Indra, T. M., & Nurhidayati, S. 2015. *Analisis Kebijakan Sektor Pertanian Menuju Swasembada Gula. Aplikasi Sistem Modelling*. Badan Litbang Pertanian Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Bahri, S. & Santoso, B.E. 2008. *Rekayasa dan Rancangbangun Core Sampler Set Alat Sampling & Analisis untuk Menilai Rendemen Tebu Individual*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian 2008. Yogyakarta, 18-19 November 2008. Pasuruan (ID): Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI). hlm 1-9.
- Birkett, H.S. 1998. *Core Sampling Recommended Procedures*. Louisiana (US): Audubon Sugar Institute, Louisiana State University Agricultural Center.
- Dianpratiwi, T., Tiantarti, Syukur, H.K. 2016. *Proses Diseminasi Core Sampler Kepada Petani Tebu Rakyat di PG Bungamayang*. Caraka Tani – *Journal of Sustainable Agriculture*, 31(1):25-32.
- Mulyadi. 2006. *Kajian Teknik Penetapan Rendemen Tebu Individual Petani Di Pabrik Gula Mojopanggung Tulung Agung Jawa Timur*. Tesis. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Partowinoto S. 1996. Core sampler merupakan salah satu sistem alternatif yang mampu menghargai prestasi individu pembudidaya tebu. Berita P3GI. Pasuruan (ID): P3GI.
- Saputro, R.R. 2015. *Penerapan Sistem Core Sampling di Pabrik Gula*. <http://sugar.lpp.ac.id/penerapan-sistem-core-sampling-di-pabrik-gula/>. [14 Januari 2015]
- Trisnobudi A, Hoei TL, Nugraha ER. 2001. *Pengukuran rendemen tebu menggunakan gelombang ultrasonik*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, 12:77-82.
- Wahyuni H. 2014. *Hubungan antara Brix Kebun dan Pengukuran Rendemen Individu melalui Core Sampler di PTPN VII Unit Usaha Bungamayang*. Skripsi. Departemen Agronomi dan Hortikultura. Fakultas Pertanian. IPB, Bogor.
- Wahyuning SK. 2013. *Analisis Break Even Point Sebagai Alat Perencanaan Laba Pada Perusahaan Pabrik Gula Ngadiredjo Kediri*. Skripsi. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Brawijaya Malang. <http://jimfeb.ub.ac.id/index.php/jimfeb/article/viewFile/611/554>.