

PENINGKATAN MUTU GULA DENGAN METODE DRK (DEFEKASI-REMELT-KARBONATASI) PADA PROYEK REVITALISASI PABRIK GULA ASEMBAGUS DI SITUBONDO

Haris Syukra Pratama¹, Annisa Kesya Garside²

^{1,2} Program Profesi Insinyur, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas 246 Malang

Kontak Person:

Haris Syukra Pratama

Jl. Raya Tlogomas 246 Malang, Jawa Timur 65144

E-mail: haris.pratama32@gmail.com

Abstrak

Pada tahun 2017, Pabrik Gula Asembagus merupakan salah satu pabrik yang dimiliki oleh PTPN XI di Jawa Timur yang dipilih untuk dilakukan revitalisasi dengan menaikkan kapasitas pabrik dari 3000 TCD (Ton Cane per Day) menjadi 6000 TCD serta meningkatkan mutu produk gula menjadi kualitas premium dengan mengubah metode pengolahan gula dari sulfitasi menjadi DRK (Defekasi-Remelt-Karbonatasi) sehingga dapat memenuhi kebutuhan konsumsi gula masyarakat Indonesia kedepan. Artikel ini juga bertujuan untuk memahami proses pengolahan gula dari tebu secara keseluruhan, terutama dengan metode DRK, serta membahas mengenai parameter – parameter yang digunakan dalam standar pengolahan pabrik gula. Selain itu, artikel ini juga bermanfaat untuk dapat dijadikan sebagai acuan maupun referensi dalam proyek – proyek revitalisasi pabrik gula kedepan. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses pengolahan gula dengan metode DRK dapat meningkatkan kualitas dan mutu produk gula yang dihasilkan. Peningkatan mutu tersebut dapat dilihat pada 3 faktor utama yang mengalami perubahan secara signifikan yaitu warna larutan sebesar 99 IU menggunakan metode DRK sedangkan dengan sulfitasi warna larutan sebesar 242 IU, warna kristal 5,8 CT menggunakan metode DRK sehingga gula tampak putih bersih sedangkan warna kristal 7,2 CT menggunakan sulfitasi sehingga gula tampak kekuningan, serta kandungan belerang hanya sebesar 1,5 mg/kg menggunakan metode DRK sehingga lebih aman untuk dikonsumsi sedangkan kandungan belerang sebesar 10,8 mg/kg menggunakan sulfitasi. Selanjutnya, untuk parameter lainnya baik dengan metode sulfitasi maupun DRK tampak tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Kata kunci: Pabrik Gula Asembagus, Sulfitasi, DRK

1. Pendahuluan

Berdasarkan data BPS [1], dengan luas area sekitar 458.255 hektar dan total produksi tebu hingga 2.332.497 ton pada tahun 2016, tebu sebagai bahan baku industri gula merupakan salah satu komoditi perkebunan yang mempunyai peran strategis dalam perekonomian di Indonesia. Industri gula berbahan baku tebu merupakan salah satu sumber pendapatan bagi jutaan petani tebu dan pekerja di Indonesia. Gula juga merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi sebagian besar masyarakat dan sumber kalori yang relatif murah. Saat ini, sebaran Pabrik Gula (PG) di Indonesia hanya berpusat di Pulau Jawa dan Sumatera, dengan yang terbesar terdapat di Provinsi Jawa Timur. Pada tahun 2015, Jawa Timur rata-rata memproduksi 1.207.333 ton gula per tahun [1]. Produksi ini tersebar hampir di seluruh kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur, namun lima kabupaten dengan produksi tebu rakyat terbesar adalah Kab. Malang, Kediri, Jombang, Mojokerto, dan Lumajang. Pada periode 2011-2015, impor gula Indonesia meningkat dari sekitar 2.5 juta ton pada tahun 2011 menjadi sekitar 3.5 juta ton pada tahun 2015. Adapun volume impor tertinggi Indonesia terjadi di tahun 2007 dengan volume impor mencapai 2.972.788 ton gula [1]. Tahun 2008, pemerintah memberlakukan kebijakan pembatasan impor gula. Hal ini mampu menekan volume impor gula namun karena keterbatasan stok dalam negeri, pemerintah tidak dapat menghentikan secara total impor gula meskipun impor gula seringkali menekan harga gula dalam negeri.

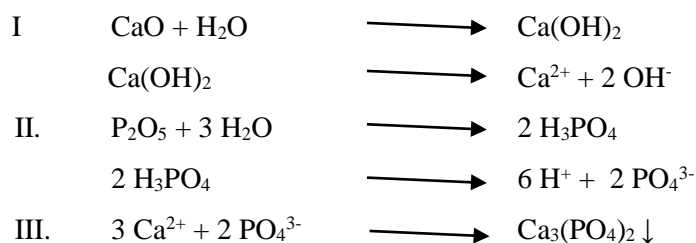
Peningkatan konsumsi gula di Indonesia dari tahun ke tahun memberikan peluang yang luas bagi peningkatan kapasitas produksi pabrik gula. Selain itu, dari jumlah produksi gula di dalam negeri saat ini dirasakan belum mampu memenuhi kebutuhan gula di Indonesia [2]. Di masa mendatang, pemerintah berupaya agar Indonesia dapat mencapai swasembada gula sebagai salah satu langkah menuju Ketahanan Pangan Nasional. Oleh sebab itu, pemerintah Indonesia melalui Kementerian Keuangan telah memberikan PMN (Penyertaan Modal Negara) kepada PT. Perkebunan Nusantara XI

(PTPN XI) sebanyak 650 Miliar untuk pembangunan dan revitalisasi pabrik gula. Pada tahun 2017, Pabrik Gula Asembagus merupakan salah satu pabrik yang dimiliki oleh PTPN XI di Jawa Timur yang dipilih untuk dilakukan revitalisasi dengan menaikkan kapasitas pabrik dari 3000 TCD (Ton Cane per Day) menjadi 6000 TCD serta meningkatkan kualitas produk gula menjadi kualitas premium sehingga dapat memenuhi kebutuhan konsumsi gula masyarakat Indonesia kedepan.

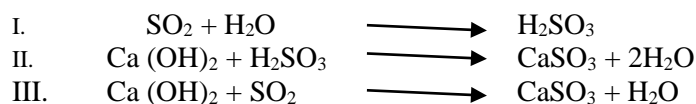
Pabrik Gula Asembagus sebelum dilakukan revitalisasi menggunakan metode sulfitasi pada proses pengolahan gula. Menurut Effendi [3], metode ini memiliki beberapa kekurangan seperti menghasilkan warna gula yang kurang putih dan memiliki kandungan SO_2 yang tinggi. Warna gula dinyatakan dalam satuan IU, pada metode sulfitasi hanya dapat menghasilkan warna gula >150 IU, sedangkan gula kualitas premium biasanya memiliki warna gula <100 IU sehingga metode sulfitasi yang saat ini diterapkan tidak mampu untuk menghasilkan gula dengan kualitas premium. Hal – hal tersebut menyebabkan Pabrik Gula Asembagus kesulitan untuk memasuki pasar gula premium yang memiliki profit lebih tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan revitalisasi pada Pabrik Gula Asembagus dengan mengubah metode pengolahan gula dari sulfitasi menjadi DRK (Defekasi-Remelt-Karbonatasi) yang mampu menghasilkan produk gula kelas premium yaitu warna gula gula yang lebih putih (<100 IU) dan terjamin kualitasnya.

Dalam rangkaian kegiatan produksi gula kristal putih, proses pemurnian nira mentah merupakan salah satu penentu mutu produk gula yang dihasilkan. Pemurnian bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran (bukan gula) yang terbawa dalam nira. Hal yang perlu diperhatikan dalam tahap pemurnian adalah menjaga agar gula tidak rusak yang dapat diakibatkan oleh suasana asam dan temperatur yang tinggi. Inversi sukrosa akan bertambah besar dengan semakin rendahnya pH dan makin tinggi suhunya. Semakin banyak kotoran dari nira yang dihilangkan akan semakin tinggi kemurnian dan semakin putih kristal gula yang didapatkan. Secara umum ada 3 jenis pemurnian nira tebu, yaitu proses defekasi, proses sulfitasi dan proses karbonatasi.

Menurut Hugot [4], pemurnian secara defekasi adalah cara pemurnian yang paling sederhana di pabrik gula, bahan pembantu hanya berupa kapur tohor. Kapur /tohor hanya digunakan untuk menetralkan asam-asam yang terdapat dalam nira. Nira yang telah diperoleh dari mesin penggiling diberi kapur sampai diperoleh harga pH sedikit alkalis (pH 7,2). Pada proses ini pemurnian nira dengan cara pemberian kapur (air kapur) dan pemanasan pendahuluan. Proses defekasi dilakukan pada defekator dan di dalamnya terdapat pengaduk sehingga larutan yang bereaksi dalam defekator menjadi homogen. Reaksi yang terjadi di dalam defekator, yaitu:



Menurut Chen [5], proses sulfitasi dilakukan terhadap nira tebu ditambah kapur yang berlebih dan selanjutnya kapur dinetralkan dengan gas belerang dioksida (SO_2), maka akan diperoleh garam kapur yang mudah mengendap. Pada proses ini nira mentah diberi susu kapur yang berlebihan dan kemudian kelebihannya dinetralkan oleh sulfur dioksida (SO_2). Reaksi pemurnian nira cara sulfitasi adalah sebagai berikut:



Endapan CaSO_3 yang terbentuk dapat mengabsorpsi partikel-partikel koloid yang berada di sekitarnya, sehingga kotoran yang terbawa oleh endapan semakin banyak. Gas SO_2 juga mempunyai sifat dapat memucat warna, sehingga diharapkan dapat dihasilkan kristal dengan warna yang lebih terang, khususnya pada nira kental penguapan [6].

Sedangkan menurut Blanco [7], untuk proses karbonatasi dilakukan dengan menggunakan susu kapur dan karbondioksida (CO₂) sebagai bahan pembersih (*clarifying agent*). Susu kapur yang ditambahkan pada cara ini lebih banyak dibandingkan cara sulfitasi, sehingga menghasilkan endapan yang lebih banyak. Gas CO₂ berguna untuk mengendapkan kelebihan kapur menjadi CaCO₃ dan bahan bukan gula akan terabsorpsi oleh CaCO₃, sehingga campuran endapan tersebut mudah disaring. Reaksi yang terjadi adalah [3]:



Proses sulfitasi sudah mulai ditinggalkan oleh pabrik – pabrik gula di Indonesia dikarenakan gula yang dihasilkan dari proses ini masih berwarna kecoklatan dan tidak memenuhi standar gula premium (<100 IU). Menurut Subiyanto [8], metode DRK pada dasarnya merupakan upaya penyempurnaan metode sulfitasi dengan hasil mutu produk gula yang lebih baik. Selain itu, proses sulfitasi juga sering menimbulkan korosi pada peralatan – peralatan yang diakibatkan oleh kandungan sulfur yang tinggi. Saat ini, telah banyak pabrik – pabrik gula di Indonesia yang telah atau sedang alih teknologi pemurnian dari sulfitasi menjadi karbonatasi, salah satu contohnya adalah Pabrik Gula Asembagus.

Berdasarkan uraian diatas maka topik peningkatan mutu gula dengan metode DRK (defekasi-remelt-karbonatasi) menjadi sangat menarik untuk dikaji, baik dari segi perencanaan maupun pelaksanaan terutama pada proyek revitalisasi Pabrik Gula Asembagus di Situbondo. Artikel ini juga bertujuan untuk memahami proses pengolahan gula dari tebu secara keseluruhan, terutama dengan metode DRK, dan dalam artikel ilmiah ini juga akan membahas mengenai parameter – parameter yang digunakan dalam standar pengolahan pabrik gula. Selain itu, artikel ini juga bermanfaat untuk dapat dijadikan sebagai acuan maupun referensi dalam proyek – proyek revitalisasi pabrik gula kedepan.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah kajian pustaka/penelitian terdahulu, wawancara dan observasi langsung di Pabrik Gula Asembagus, Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur. Selain itu, juga dilakukan analisis laboratorium yang dilakukan untuk mengetahui mutu gula yang diproses sebelum dan sesudah menggunakan metode DRK (Defekasi-Remelt-Karbonatasi) dengan membandingkan nilai kualitas gula dari hasil laboratorium dengan standar nilai SNI untuk gula kristal putih. Selanjutnya, hasil perbandingan akan diuraikan secara narasi untuk memaparkan mengenai kualitas gula. Kualitas gula yang dijelaskan meliputi perubahan yang terjadi pada kualitas gula sebelum dan sesudah menggunakan metode DRK (Defekasi-Remelt-Karbonatasi). Menurut SNI [9], parameter yang dapat dibandingkan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter SNI untuk Gula Kristal Putih

No	Parameter	Satuan	Standar SNI (GKP 1)
1	Polarisasi (Z, 20 °C)	Z	min 99,6
2	Susut pengeringan (b/b)	%	maks 0,1
3	Abu konduktif	%	maks 0,1
4	Warna larutan (ICUMSA)	IU	81 – 200
5	Besaran butiran	CT	4,0 – 7,5
6	Warna Kristal	mm	0,8 – 1,2
7	Belerang (SO ₂)	mg/kg	maks 30

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perbedaan Teknis Antara Metode Sulfitasi dan Metode DRK

Metode DRK merupakan teknologi baru dalam pemurnian gula dengan melakukan dua kali pemurnian yaitu dengan penggabungan proses defekasi dan karbonatasi, sehingga dihasilkan kualitas gula premium dengan tingkat kecerahan warna gula hingga < 100 IU. Pada sistem DRK, gula kristal mentah yang dihasilkan dari rangkaian proses seperti pada sistem kristalisasi pertama (tahap awal) dilebur kembali (*remelt*) dan selanjutnya dimurnikan lagi. Karena pemurnian dilakukan dua tahap, maka produk gula yang dihasilkan dalam sistem karbonatasi berkualitas jauh lebih baik dari sistem sulfitasi. Namun demikian ada tambahan satu rangkaian proses (pemurnian) lagi dalam sistem produksinya. Perbedaan teknis secara umum antara metode sulfitasi dan metode DRK dapat digambarkan pada bagan dibawah sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Alir Proses Pengolahan Gula dengan Metode Sulfitasi dan DRK

Dampak migrasi teknologi dari metode sulfitasi ke DRK adalah adanya tambahan peralatan seperti yang terlihat pada **Gambar 1**. Selain itu, migrasi ke metode DRK akan berdampak kepada tidak difungsikannya beberapa alat yang biasa digunakan pada sistem sulfitasi, yaitu *tower sulfitir*, *blower*, *sublimator*, *rotary sulfur burner*. Untuk operasional pabrik, penyesuaian terjadi pada kebutuhan bahan pembantu dan tenaga kerja. Pada metode DRK, belerang tidak digunakan lagi.

Pada proses pengolahan gula dengan metode sulfitasi, tebu yang sudah digiling pada stasiun gilingan akan menjadi nira yang berbentuk cair, selanjutnya dilakukan pemurnian pada stasiun pemurnian dengan bahan pembantu berupa kapur tohor dan belerang. Belerang yang digunakan pada proses pemurnian merupakan gas belerang dioksida (SO_2) yang diperoleh dari hasil pembakaran. Proses pembakaran dilakukan dengan cara pembakaran kering dengan bantuan oksigen (O_2). Pada belerang juga terdapat zat arsen (As) yang akan berdampak menjadi gas racun pada proses pembakaran belerang membentuk arsen dioksida yang bersifat *volatile* yang dapat masuk ke dalam nira dan gula [6]. Proses berlanjut hingga stasiun puteran dan pengemasan.

Perbedaan teknis mendasar dengan metode sulfitasi, pada metode DRK di stasiun pemurnian PG Asempagus menggunakan defekasi dengan bahan pembantu berupa susu kapur dengan tujuan untuk menghilangkan sifat asam pada nira dan mempermudah proses pemurnian dan pemisahan antara nira dengan kotoran. Selanjutnya, pada stasiun penguapan dan masakan tidak ada perbedaan teknis yang mendasar antara sulfitasi dan DRK. Setelah stasiun masakan, dalam metode sulfitasi maka proses akan langsung menuju ke stasiun puteran dan pengemasan, akan tetapi pada metode DRK, gula hasil stasiun masakan dilebur kembali sehingga mencair (*remelt*) dan diberi penambahan susu kapur hingga tercapai pH 10,5 – 11 dan kemudian dilakukan reaksi dengan gas CO_2 hingga tercapai pH 8,3 – 8,5. Reaksi antara

leburan gula dengan CO₂ tersebut disebut dengan reaksi karbonatasi, sedangkan bejana tempat terjadi reaksi disebut karbonator. Pada PG Asembagus terdapat 2-unit karbonator dengan tujuan agar reaksi karbonatasi dapat berlangsung secara bertahap dimana pada karbonator pertama terjadi sekitar 85% reaksi sedangkan pada karbonator kedua sisanya. Selain itu, jika gas SO₂ dalam metode sulfitasi diperoleh dari tobong belerang, maka gas CO₂ pada sistem karbonatasi diperoleh dari gas buang boiler yang diambil dari *chimney* dan dimurnikan melalui “scrubber” atau CO₂ *treatment plant*. Penghilangan belerang inilah yang menyebabkan produk gula hasil DRK dinilai lebih sehat untuk dikonsumsi.

Nira jernih yang dihasilkan dari proses karbonatasi disebut dengan *fine liquor* dan dipompa masuk ke dalam *double effect evaporator* dan terjadi perubahan nilai Brix dari 58 °Brix ke 72 °Brix. Keluaran dari evaporator ini akan diumpungkan ke dalam *vacuum pan* untuk dilakukan kristalisasi kembali. Kristalisasi dilakukan dalam 3 tahap, disebut sebagai R1, R2, dan R3 yang dilakukan di dalam *vacuum pan* dimana setiap pan akan dilengkapi dengan pengaduk untuk meningkatkan sirkulasi dan mempercepat reaksi kristalisasi.

Hasil dari stasiun karbonatasi adalah diperoleh gula dengan kualitas *raw sugar*. Setelah dari stasiun karbonatasi maka proses berlanjut ke stasiun puteran dan pengemasan. Stasiun puteran adalah suatu proses pemisahan antara kristal gula dengan larutan induknya (*molasses*) secara *sentrifugal*. Kristal gula yang diperoleh selanjutnya dilakukan pengeringan dan penyaringan agar ukuran seragam yang selanjutnya dilakukan pengemasan dalam kemasan 50 kg.

3.2 Perbandingan Hasil Pengujian Mutu Gula Metode Sulfitasi dan DRK

Pada proyek revitalisasi PG Asembagus dilakukan perubahan metode pengolahan gula dari metode sulfitasi menjadi metode DRK dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas dan mutu produksi gula. Penelitian dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian laboratorium produksi gula yang menggunakan metode sulfitasi dan metode DRK dengan standar sesuai SNI [2]. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2**, dapat terlihat bahwa dengan menggunakan metode pengolahan gula yang berbeda akan memberikan nilai hasil uji yang cenderung berbeda.

Tabel 2 Hasil Pengujian Mutu Gula Metode Sulfitasi dan DRK

Parameter	Satuan	Standar SNI (GKP 1)	Hasil Uji Sulfitasi	Hasil Uji DRK
Polarisasi (Z, 20 °C)	Z	min 99,6	99,8	99,8
Susut pengeringan (b/b)	%	maks 0,1	0,09	0,03
Abu konduktif	%	maks 0,1	0,04	0,01
Warna larutan (ICUMSA)	IU	81 – 200	242	99
Warna Kristal	CT	4,0 – 7,5	7,2	5,8
Besaran Butiran	mm	0,8 – 1,2	1,08	1,07
Belerang (SO ₂)	mg/kg	maks 30	10,8	1,5

Berdasarkan tabel diatas, terdapat 7 parameter yang digunakan dalam mengukur kualitas gula pada proyek revitalisasi PG Asembagus antara saat menggunakan metode sulfitasi (sebelum DRK) dan setelah menggunakan metode DRK antara lain polarisasi, susut pengeringan, abu konduktif, warna larutan (ICUMSA), besaran butiran, warna kristal dan kandungan belerang (SO₂). Parameter yang mengalami perbedaan signifikan adalah warna larutan (ICUMSA), warna kristal dan kandungan belerang (SO₂).

Warna larutan merupakan salah satu parameter kualitas mutu gula yang ditinjau dari warna ICUMSA, satuan yang digunakan adalah IU. ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis) merupakan lembaga internasional yang didirikan untuk menyusun metode analisis kualitas gula secara baku [10]. Warna gula berkisar dari kuning muda sampai kuning kecoklatan (warna gelap) yang dinyatakan dalam indeks warna. Mengenai warna gula, ICUMSA telah membuat suatu pedoman mengenai grade kualitas warna gula. Pedoman ini berdasarkan warna gula yang dapat

menunjukkan kemurnian dan jumlah kotoran yang terdapat di dalam larutan gula tersebut. Warna larutan gula dengan metode sulfitasi cenderung lebih tinggi dengan nilai mencapai 242 IU dimana nilai ini tidak termasuk ke dalam kualitas GKP 1 yang telah distandarisi oleh SNI. Sedangkan, pada metode DRK menunjukkan nilai warna larutan sebesar 99 IU, sehingga dengan nilai tersebut maka gula yang diproses dengan metode DRK cenderung memiliki kualitas premium.

Sedangkan, warna kristal juga merupakan parameter yang cukup penting dikarenakan langsung terlihat secara visual, semakin tinggi nilai warna kristal maka gula tersebut akan cenderung berwarna agak kekuningan dan umumnya kurang disukai oleh konsumen, demikian pula sebaliknya semakin rendah nilai warna kristal maka gula tersebut semakin terlihat putih bersih dan relatif disukai oleh konsumen.



Gambar 2. Warna kecerahan kristal gula untuk (a) Metode Sulfitasi, dan (b) Metode DRK

Terdapatnya residu belerang (SO_2) menjadi kendala pada industri makanan dan minuman, yang biasanya menuntut bebas kandungan belerang (SO_2). Semakin rendah kandungan belerang (SO_2) maka semakin baik kualitas dan mutu gula tersebut. Kandungan belerang pada tubuh manusia dapat mengakibatkan luka pada lambung, mempercepat gejala asma, mutasi genetik, kanker dan alergi sehingga kandungan belerang pada makanan harus dibatasi. Pada SNI 3140.3-2010 kandungan belerang dibatasi sebesar 30 mg/kg. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa kandungan belerang pada metode sulfitasi sebesar 10,8 mg/kg, cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan belerang pada metode DRK yang hanya sebesar 1,5 mg/kg. Hal tersebut dikarenakan pada metode DRK tidak menggunakan belerang sebagai bahan pembantu pemurnian gula. Masih terdapatnya kandungan belerang pada metode DRK disebabkan berasal dari bahan baku tebu. Tebu yang diolah umumnya menggunakan pupuk NPK dan ZA yang memiliki kandungan belerang. Oleh sebab itu, pada produk gula masih memiliki kandungan belerang meskipun tidak sebesar saat menggunakan metode sulfitasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan data dan informasi yang telah diuraikan diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa proses pengolahan gula dengan metode DRK dapat meningkatkan kualitas dan mutu produk gula yang dihasilkan. Peningkatan mutu tersebut dapat dilihat pada 3 faktor utama yang mengalami perubahan secara signifikan yaitu warna larutan sebesar 99 IU menggunakan metode DRK sedangkan dengan sulfitasi warna larutan sebesar 242 IU, warna kristal 5,8 CT menggunakan metode DRK sehingga gula tampak putih bersih sedangkan warna kristal 7,2 CT menggunakan sulfitasi sehingga gula tampak kekuningan, serta kandungan belerang hanya sebesar 1,5 mg/kg menggunakan metode DRK sehingga lebih aman untuk dikonsumsi sedangkan kandungan belerang sebesar 10,8 mg/kg menggunakan sulfitasi. Selanjutnya, untuk parameter lainnya baik dengan metode sulfitasi maupun DRK tampak tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik. Statistik Tebu Indonesia. Jakarta: BPS. 2017: 13 – 15.
- [2] Departemen Perindustrian. Roadmap Industri Gula. Jakarta: Direktorat Jenderal Industri Agro dan Kimia. 2009.

- [3] Effendi, A. Teknologi Gula. Jakarta: Bee Marketer Institute. 2009.
- [4] Hugot, E. Handbook of Cane Sugar Engineering 3rd Edition. Amsterdam: Elsevier. 1986.
- [5] Chen, J.C.P, C.C. Chou. Cane Sugar Handbook 12th Edition. New York: John Willey & Sons. 1977.
- [6] Zain A, Wibowo R, Ridjal J.A. Dampak Sistem Giling Remelt Karbonatasi Terhadap Kinerja PG Semboro Kabupaten Jember. Berkala Ilmiah Pertanian. 2014;1(1):1-13.
- [7] Blanco, N. Functional Control Description for Carbonatation. Texas: Sugar Technology Institute. 2018.
- [8] Subiyanto. Kelayakan Tekno-Ekonomi Migrasi Teknologi Proses Produksi Gula Kristal Putih dari Sulfitasi ke Defekasi Remelt Karbonatasi. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia. 2012;14(1):56-61.
- [9] Badan Standarisasi Nasional. SNI 3140.3-2010. Gula Kristal Putih. Jakarta: BSN. 2010:2 – 3.
- [10] Hartanto E. Peningkatan Mutu Produk Gula Kristal Putih. Bogor: Balai Besar Industri Agro. 2014